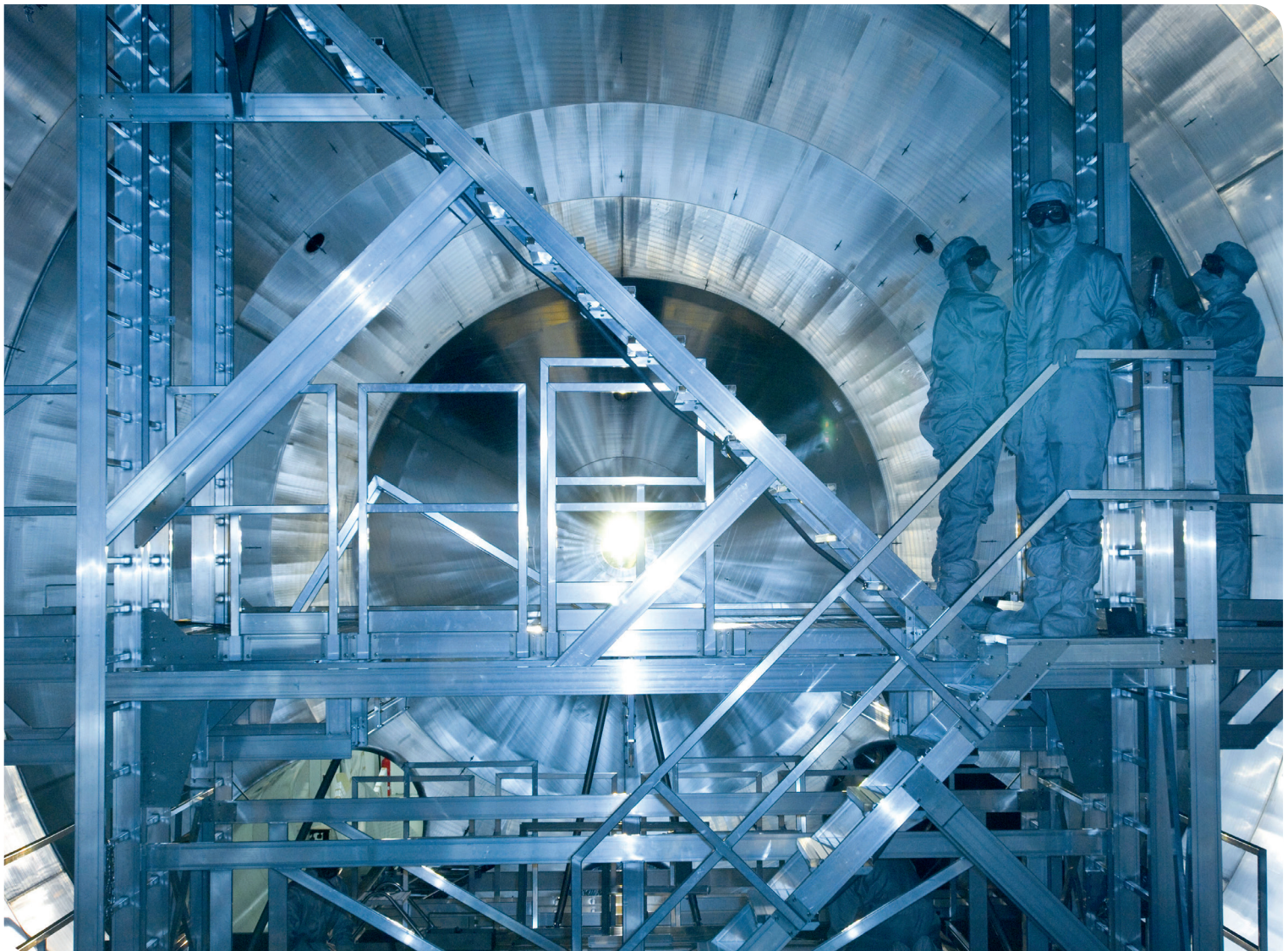


# Fortschrittsbericht 2023

Textteil



# Fortschrittsbericht des Karlsruher Instituts für Technologie

Textteil  
für das Jahr 2023



|                    |                                                                                                           |            |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>A</b>           | <b>Teil A: Programmatisch-inhaltliche Entwicklung des Zentrums .....</b>                                  | <b>8</b>   |
| <b>A.1</b>         | <b>Entwicklungen auf Zentrumsebene .....</b>                                                              | <b>8</b>   |
| <b>A.1.1</b>       | <b>Übersicht zum Zentrum.....</b>                                                                         | <b>8</b>   |
| <b>A.1.2</b>       | <b>Qualitative Beschreibung der Zentrumsentwicklung .....</b>                                             | <b>15</b>  |
| <b>A.1.2.1</b>     | <b>Ziele des letzten Jahres und Zielerreichung.....</b>                                                   | <b>15</b>  |
| <b>A.1.2.2</b>     | <b>Herausragende wissenschaftliche Ergebnisse des Jahres .....</b>                                        | <b>24</b>  |
| <b>A.1.2.3</b>     | <b>Besondere Vorkommnisse .....</b>                                                                       | <b>26</b>  |
| <b>A.1.2.4</b>     | <b>Planungen des laufenden und des kommenden Jahres .....</b>                                             | <b>45</b>  |
| <b>A.1.2.5</b>     | <b>Nachwuchsförderung .....</b>                                                                           | <b>50</b>  |
| <b>A.1.2.6</b>     | <b>Chancengleichheit .....</b>                                                                            | <b>55</b>  |
| <b>A.1.3</b>       | <b>Strategische Zentrumsplanung .....</b>                                                                 | <b>68</b>  |
| <b>A.1.3.1</b>     | <b>Mittel- und langfristige Strategie des Zentrums.....</b>                                               | <b>68</b>  |
| <b>A.1.3.2</b>     | <b>Risikoanalyse .....</b>                                                                                | <b>73</b>  |
| <b>A.1.4</b>       | <b>Entwicklung der Institute (Großforschungsaufgabe) .....</b>                                            | <b>74</b>  |
| <b>A.1.4.1</b>     | <b>Bereich I – Biologie, Chemie und Verfahrenstechnik .....</b>                                           | <b>74</b>  |
| <b>A.1.4.1.1</b>   | <b>Institut für Biologische Grenzflächen (IBG) .....</b>                                                  | <b>74</b>  |
| <b>A.1.4.1.1.1</b> | <b>Teilinstitut für Biologische Grenzflächen 1 – Biomolekulare Mikro- und Nanostrukturen (IBG 1).....</b> | <b>74</b>  |
| <b>A.1.4.1.1.2</b> | <b>Teilinstitut für Biologische Grenzflächen – Molekulare Biophysik (IBG 2) .....</b>                     | <b>77</b>  |
| <b>A.1.4.1.1.3</b> | <b>Teilinstitut für Biologische Grenzflächen – Makromolekulare Materialien (IBG 3).....</b>               | <b>79</b>  |
| <b>A.1.4.1.1.4</b> | <b>Teilinstitut für Biologische Grenzflächen – Magnetische Resonanz (IBG 4) .....</b>                     | <b>81</b>  |
| <b>A.1.4.1.1.5</b> | <b>Teilinstitut für Biologische Grenzflächen – Biotechnologie und Mikrobielle Genetik (IBG 5).....</b>    | <b>83</b>  |
| <b>A.1.4.1.2</b>   | <b>Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG) .....</b>                                                 | <b>85</b>  |
| <b>A.1.4.1.3</b>   | <b>Helmholtz-Institut Ulm (HIU).....</b>                                                                  | <b>87</b>  |
| <b>A.1.4.1.4</b>   | <b>Institut für Katalysatorforschung und -technologie (IKFT) .....</b>                                    | <b>89</b>  |
| <b>A.1.4.1.5</b>   | <b>Institut für Mikroverfahrenstechnik (IMVT) .....</b>                                                   | <b>91</b>  |
| <b>A.1.4.1.6</b>   | <b>Institut für Technische Chemie (ITC).....</b>                                                          | <b>94</b>  |
| <b>A.1.4.1.7</b>   | <b>Institut für Biologische und Chemische Systeme (IBCS) .....</b>                                        | <b>96</b>  |
| <b>A.1.4.1.7.1</b> | <b>Teilinstitut für Biologische Informationsprozessierung (IBCS-BIP) .....</b>                            | <b>96</b>  |
| <b>A.1.4.1.7.2</b> | <b>Teilinstitut für Funktionelle Molekulare Systeme (IBCS-FMS).....</b>                                   | <b>99</b>  |
| <b>A.1.4.2</b>     | <b>Bereich II – Informatik, Wirtschaft und Gesellschaft .....</b>                                         | <b>102</b> |
| <b>A.1.4.2.1</b>   | <b>Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) .....</b>                               | <b>102</b> |
| <b>A.1.4.2.2</b>   | <b>Steinbuch Centre für Computing (SCC) .....</b>                                                         | <b>104</b> |
| <b>A.1.4.2.3</b>   | <b>KASTEL (Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit) .....</b>                             | <b>108</b> |
| <b>A.1.4.2.3.1</b> | <b>Teilinstitut Entwicklung sicherer Systeme (KASTEL-ESS).....</b>                                        | <b>108</b> |
| <b>A.1.4.2.3.2</b> | <b>Teilinstitut Verlässlichkeit autonomer dynamischer Systeme (KASTEL-VADS).....</b>                      | <b>110</b> |





|                |                                                                                                  |            |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>A.2.1.5</b> | <b>Programmanteil Fusion .....</b>                                                               | <b>201</b> |
| A.2.1.5.1      | Das Programm im Überblick .....                                                                  | 201        |
| A.2.1.5.2      | Wissenschaftliche Highlights des Programms .....                                                 | 203        |
| A.2.1.5.3      | Stand der Umsetzung des Programms und seiner<br>Senatsempfehlungen .....                         | 204        |
| A.2.1.5.4      | Strategische Themen .....                                                                        | 206        |
| A.2.1.5.5      | Senatsempfehlungen .....                                                                         | 207        |
| <b>A.2.1.6</b> | <b>Programmanteil Nuclear Waste Management, Safety and<br/>Radiation Research (NUSAFE).....</b>  | <b>207</b> |
| A.2.1.6.1      | Das Programm im Überblick .....                                                                  | 207        |
| A.2.1.6.2      | Wissenschaftliche Highlights des Programms .....                                                 | 209        |
| A.2.1.6.3      | Stand der Umsetzung des Programms und seiner<br>Senatsempfehlungen .....                         | 211        |
| A.2.1.6.4      | Strategische Themen .....                                                                        | 213        |
| A.2.1.6.5      | Senatsempfehlungen .....                                                                         | 221        |
| <b>A.2.1.7</b> | <b>Strategische Initiativen .....</b>                                                            | <b>221</b> |
| A.2.1.7.1      | Energy Lab 2.0 .....                                                                             | 221        |
| A.2.1.7.2      | Querschnittsthema: Bioeconomy meets Energy .....                                                 | 222        |
| A.2.1.7.3      | GeoLaB .....                                                                                     | 223        |
| A.2.1.7.4      | Innovationspool .....                                                                            | 224        |
| A.2.1.7.5      | Initiativen aus weiteren Pakt-Mitteln bis 2025 .....                                             | 227        |
| A.2.1.7.5.1    | Zeitenwende Energieversorgungssicherheit.....                                                    | 227        |
| A.2.1.7.5.2    | Innovationsplattform SOLAR TAP .....                                                             | 231        |
| <b>A.2.2</b>   | <b>Überblick zum Forschungsbereich Information .....</b>                                         | <b>232</b> |
| <b>A.2.2.1</b> | <b>Bericht des Forschungskoordinators an den Senat.....</b>                                      | <b>232</b> |
| <b>A.2.2.2</b> | <b>Rolle des Zentrums im Forschungsbereich .....</b>                                             | <b>232</b> |
| <b>A.2.2.3</b> | <b>Programmanteil Engineering Digital Futures (EDF) .....</b>                                    | <b>235</b> |
| A.2.2.3.1      | Das Programm im Überblick .....                                                                  | 235        |
| A.2.2.3.2      | Wissenschaftliche Highlights des Programms .....                                                 | 237        |
| A.2.2.3.3      | Stand der Umsetzung des Programms und seiner<br>Senatsempfehlungen .....                         | 239        |
| A.2.2.3.4      | Strategische Themen .....                                                                        | 242        |
| A.2.2.3.5      | Senatsempfehlungen .....                                                                         | 248        |
| <b>A.2.2.4</b> | <b>Programmanteil Natural, Artificial and Cognitive Information<br/>Processing (NACIP) .....</b> | <b>248</b> |
| A.2.2.4.1      | Das Programm im Überblick .....                                                                  | 248        |
| A.2.2.4.2      | Wissenschaftliche Highlights des Programms .....                                                 | 251        |
| A.2.2.4.3      | Stand der Umsetzung des Programms und seiner<br>Senatsempfehlungen .....                         | 252        |
| A.2.2.4.4      | Strategische Themen .....                                                                        | 254        |
| A.2.2.4.5      | Senatsempfehlungen .....                                                                         | 256        |
| <b>A.2.2.5</b> | <b>Programmanteil Materials System Engineering (MSE).....</b>                                    | <b>256</b> |
| A.2.2.5.1      | Das Programm im Überblick .....                                                                  | 256        |
| A.2.2.5.2      | Wissenschaftliche Highlights des Programms .....                                                 | 259        |
| A.2.2.5.3      | Stand der Umsetzung des Programms und seiner<br>Senatsempfehlungen .....                         | 261        |
| A.2.2.5.4      | Strategische Themen .....                                                                        | 265        |
| A.2.2.5.5      | Senatsempfehlungen .....                                                                         | 269        |
| <b>A.2.2.6</b> | <b>Strategische Initiativen .....</b>                                                            | <b>269</b> |
| A.2.2.6.1      | Inkubator-Plattformen .....                                                                      | 269        |
| A.2.2.6.2      | Innovationspool .....                                                                            | 271        |

|                                                                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| A.2.2.6.3 Initiativen aus weiteren Pakt-Mitteln bis 2025 .....                                                                  | 275        |
| <b>A.2.3 Überblick zum Forschungsbereich Materie.....</b>                                                                       | <b>277</b> |
| <b>A.2.3.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Senat</b>                                                          | <b>277</b> |
| <b>A.2.3.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich .....</b>                                                                    | <b>277</b> |
| <b>A.2.3.3 Programmanteil Matter and the Universe (MU) .....</b>                                                                | <b>281</b> |
| A.2.3.3.1 Das Programm im Überblick .....                                                                                       | 281        |
| A.2.3.3.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms .....                                                                      | 283        |
| A.2.3.3.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner<br>Senatsempfehlungen .....                                              | 289        |
| A.2.3.3.4 Strategische Themen .....                                                                                             | 292        |
| A.2.3.3.5 Senatsempfehlungen .....                                                                                              | 296        |
| <b>A.2.3.4 Programmanteil From Matter to Materials and Life (MML) .....</b>                                                     | <b>296</b> |
| A.2.3.4.1 Das Programm im Überblick .....                                                                                       | 296        |
| A.2.3.4.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms .....                                                                      | 298        |
| A.2.3.4.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner<br>Senatsempfehlungen .....                                              | 299        |
| A.2.3.4.4 Strategische Themen .....                                                                                             | 300        |
| A.2.3.4.5 Senatsempfehlungen .....                                                                                              | 301        |
| <b>A.2.3.5 Programmanteil Matter and Technologies (MT) .....</b>                                                                | <b>301</b> |
| A.2.3.5.1 Das Programm im Überblick .....                                                                                       | 301        |
| A.2.3.5.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms .....                                                                      | 304        |
| A.2.3.5.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner<br>Senatsempfehlungen .....                                              | 306        |
| A.2.3.5.4 Strategische Themen .....                                                                                             | 308        |
| A.2.3.5.5 Senatsempfehlungen .....                                                                                              | 311        |
| <b>A.2.3.6 Nationale und Internationale Wissenschaftsinfrastruktur<br/>        (Großgeräte der Leistungskategorie II) .....</b> | <b>312</b> |
| <b>A.2.3.7 Strategische Initiativen .....</b>                                                                                   | <b>313</b> |
| A.2.3.7.1 Innovationspools .....                                                                                                | 313        |
| A.2.3.7.2 Initiativen aus weiteren Pakt-Mitteln bis 2025 .....                                                                  | 316        |
| <b>A.2.4 Überblick zum Forschungsbereich Erde und Umwelt .....</b>                                                              | <b>318</b> |
| <b>A.2.4.1 Bericht der Forschungsbereichsordinatorin an den Senat</b>                                                           | <b>318</b> |
| <b>A.2.4.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich .....</b>                                                                    | <b>318</b> |
| <b>A.2.4.3 Programmanteil Changing Earth – Sustaining Our<br/>        Future (CE) .....</b>                                     | <b>319</b> |
| A.2.4.3.1 Das Programm im Überblick .....                                                                                       | 319        |
| A.2.4.3.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms .....                                                                      | 322        |
| A.2.4.3.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner<br>Senatsempfehlungen .....                                              | 323        |
| A.2.4.3.4 Strategische Themen .....                                                                                             | 325        |
| A.2.4.3.5 Senatsempfehlungen .....                                                                                              | 329        |
| <b>A.2.4.4 Strategische Initiativen .....</b>                                                                                   | <b>329</b> |
| A.2.4.4.1 MOSES .....                                                                                                           | 329        |
| A.2.4.4.2 TERENO .....                                                                                                          | 329        |
| A.2.4.4.3 Resilient Urban Spaces .....                                                                                          | 330        |
| A.2.4.4.4 Remote Sensing .....                                                                                                  | 330        |
| A.2.4.4.5 Extremes .....                                                                                                        | 331        |
| A.2.4.4.6 REKLIM .....                                                                                                          | 331        |
| A.2.4.4.7 DataHub im FB EuU .....                                                                                               | 331        |

|            |                                                                     |            |
|------------|---------------------------------------------------------------------|------------|
|            | A.2.4.4.8 Innovationspool .....                                     | 332        |
|            | A.2.4.4.9 Initiativen aus weiteren Pakt-Mitteln bis 2025 .....      | 332        |
| <b>A.3</b> | <b><i>Programmungebundene Forschung.....</i></b>                    | <b>333</b> |
|            | A.3.1 Zusätzliche Themen innerhalb von Programmen .....             | 333        |
|            | A.3.2 Themen außerhalb von Programmen.....                          | 333        |
| <b>A.4</b> | <b><i>Wissens- und Technologietransfer (LK III).....</i></b>        | <b>334</b> |
|            | A.4.1 Wissenstransfer .....                                         | 338        |
|            | A.4.2 Technologietransfer .....                                     | 361        |
| <b>A.5</b> | <b><i>Bericht zu den besonderen Finanzierungsaufgaben .....</i></b> | <b>369</b> |
| <b>A.6</b> | <b><i>Infrastruktur (IK V-VII).....</i></b>                         | <b>370</b> |
|            | A.6.1 Entwicklung des Zentrummanagements .....                      | 372        |
|            | A.6.2 Entwicklung der wissenschaftlichen Infrastruktur .....        | 387        |
|            | A.6.3 Entwicklung des Basisbetriebs .....                           | 395        |
| <b>A.7</b> | <b><i>Vollständige Publikationsliste.....</i></b>                   | <b>400</b> |

|                     |            |
|---------------------|------------|
| <b>Anhang .....</b> | <b>401</b> |
|---------------------|------------|

## **A Teil A: Programmatisch-inhaltliche Entwicklung des Zentrums**

### **A.1 Entwicklungen auf Zentrumsebene**

#### **A.1.1 Übersicht zum Zentrum**

##### **Das Karlsruher Institut für Technologie – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft**

Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) schafft und vermittelt Wissen für Gesellschaft und Umwelt und erbringt hierzu herausragende Leistungen von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung auf einer breiten disziplinären Basis in Natur-, Ingenieur-, Wirtschafts- sowie Geistes- und Sozialwissenschaften. Zu den globalen Herausforderungen der Gesellschaft leistet es maßgebliche Beiträge in den Feldern Energie, Mobilität und Information.

Mit rund 10.000 Mitarbeitenden, davon rund 5.800 in Wissenschaft und Lehre, sowie insgesamt 22.816 Studierenden ist das KIT eine große Wissenschaftseinrichtung, die einen Spitzenplatz in Europa einnimmt. Das KIT bereitet seine Studierenden mithilfe eines forschungsorientierten universitären Studiums auf verantwortungsvolle Aufgaben in Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft vor und schlägt mit seiner Innovationstätigkeit die Brücke zwischen Erkenntnis und Anwendung zum gesellschaftlichen Nutzen, wirtschaftlichen Wohlstand und Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlagen.

Als „Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft“ schöpft das KIT sein Synergiepotenzial, das durch die Zusammenführung der Aufgaben einer nationalen Großforschung und denen einer Landesuniversität entsteht, voll aus. Zur Erfüllung seiner drei Kernaufgaben Forschung, Lehre und Innovation gliedert sich das KIT in fünf disziplinäre Bereiche und ordnet ihnen seine 121 Institute (Stand: 1. Januar 2024) organisatorisch zu: (I) Biologie, Chemie und Verfahrenstechnik; (II) Informatik, Wirtschaft und Gesellschaft; (III) Maschinenbau und Elektrotechnik; (IV) Natürliche und gebaute Umwelt; (V) Physik und Mathematik. Die Lehre wird in den KIT-Fakultäten organisiert, die programmorientierte Forschung in den Helmholtz-Programmen. Übergreifende Wissenschafts- und Dienstleistungsaufgaben werden von zentralen wissenschaftlichen Einrichtungen wahrgenommen, die direkt dem Präsidenten bzw. der Vizepräsidentin und den Vizepräsidenten zugeordnet sind. Eine moderne Administration, organisiert in Dienstleistungseinheiten, Stabsstellen, zentralen wissenschaftlichen und Betriebseinrichtungen sowie in nicht akademischen Wahlämtern, unterstützt die Wissenschaft bei der Erfüllung ihrer Kernaufgaben.



## **Forschen am KIT – Wissenschaftliche Exzellenz und gesellschaftliche Relevanz**

Forschung ist eine zentrale Aufgabe des KIT, die dem Erkenntnisgewinn ebenso verpflichtet ist wie der Herausforderung, wesentliche Beiträge für die Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft und den Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlagen zu leisten. Das KIT verfolgt eine Forschungsstrategie, die darauf abzielt, die nationale und internationale Sichtbarkeit des KIT durch ein attraktives und überzeugendes Forschungsprofil zu stärken und somit die Anziehungskraft auf Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der ganzen Welt und in jeder Karrierephase zu erhöhen. Dabei ist das Leitkriterium der Forschungsstrategie höchste wissenschaftliche Leistungsfähigkeit. Sowohl Profilbildung als auch Profilschärfung werden an diesem Kriterium gemessen. Die Stärke der Forschung des KIT gründet nicht zuletzt in der gleichrangigen und verschränkenden Kompetenz in erkenntnis- und anwendungsorientierter Forschung des KIT als einzige deutsche Exzellenzuniversität mit nationaler Großforschung. Die Bereiche verkörpern mit den KIT-Fakultäten und Helmholtz-Programmen die disziplinär orientierte Ausprägung des Forschungs- und Lehrprofils, während die KIT-Zentren als interdisziplinäre Dialogplattformen für die disziplinübergreifende Themenorientierung stehen. Die den Bereichen zugeordneten Helmholtz-Programme haben vernetzende Funktion. Durch herausragende Kompetenzen in der anwendungs- wie erkenntnisorientierten Forschung sowie einzigartige Forschungsinfrastrukturen ist das KIT prädestiniert, in den drei gesellschaftlichen Bedarfsfeldern Energie, Mobilität und Information eine führende nationale und eine sehr sichtbare internationale Position einzunehmen. Die dynamische Weiterentwicklung von Profilbildung und Profilschärfung, die im Handlungsfeld Forschung der Dachstrategie KIT 2025 im Sinne einer agilen Wissenschaftsinstitution verankert ist, folgt einerseits dem Grundsatz, leistungsfähige Elemente des Forschungsprofils auszuweiten und noch sichtbarer zu machen. Andererseits werden vielversprechende, zukunftsweisende Felder erschlossen.

## **Studieren am KIT – Forschungsorientiert lehren und forschend lernen**

Das KIT begreift sich in seinen universitären Aufgaben als Forschungsuniversität und orientiert sich konsequent am Prinzip der Einheit von Forschung und Lehre. Die Forschung ist gemäß der didaktischen Grundidee des KIT – forschungsorientiert lehren und forschend lernen – die wichtigste Basis der Lehre. Das Hauptgewicht liegt traditionell in den MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik).

Aufgrund seiner deutschlandweit einzigartigen Konstruktion als „Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft“ steht das KIT für eine forschungs- und studierendenorientierte Lehr- und Lernkultur und stellt so beste forschungsnahe Studienbedingungen mit optimalen Betreuungsverhältnissen für seine Studierenden sicher. So sind die Studierenden am Ende ihres Studiums darauf vorbereitet, verantwortungsvolle Tätigkeiten in Wirtschaft, Wissenschaft und öffentlicher Verwaltung zu übernehmen, in einer globalisierten und medial vernetzten Welt zu agieren und nachhaltige Lösungen mit Hilfe wissenschaftlicher Methoden zu entwickeln.

## **Innovation am KIT – Für die Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft und Wirtschaft**

Die Fähigkeit zur Innovation ist entscheidend für die Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft. Für das KIT ist Innovation in besonderem Maße eine gesellschaftliche Aufgabe und neben Forschung und Lehre zugleich eine gesetzlich verankerte Kernaufgabe.

Innovation ist als Glied in der wissenschaftlichen Wertschöpfungskette eng mit Forschung und Lehre verknüpft. Die Überführung von Erkenntnissen in die Anwendung als Grundprinzip der Innovation sollen alle Mitglieder und Angehörigen des KIT als ihren Beitrag zum gesellschaftlichen Auftrag des KIT begreifen. Mit der Umsetzung von Ideen und Erfindungen zum nachhaltigen Nutzen für die Wirtschaft (technische Innovationen) und Gesellschaft (soziale Innovationen) und deren Verknüpfung zu systemischen Lösungen tragen Innovationen zur Verbesserung der Lebensqualität und Wettbewerbsfähigkeit bei. Viele Innovationen des KIT adressieren die drängenden Herausforderungen der Gesellschaft – seien es die Entwicklung neuer Batterien für die Elektromobilität oder die Entwicklung von Konzepten für die Kreislauffähigkeit von Materialien.

Mit seiner Ausrichtung in Forschung, Lehre und Innovation sieht sich das KIT im Einklang mit der Zukunftsstrategie der Bundesregierung und der Fortschreibung des Pakts für Forschung und Innovation des Bundes, der Länder und der Wissenschaftsorganisationen, die auf eine immer stärkere Vernetzung zwischen exzellenter (Aus-)bildung und Grundlagenforschung sowie anwendungsorientierter Forschung in Wissenschaft und Industrie zielen.

Wir begreifen zudem den Transfer (Technologie- und Wissenstransfer) als übergreifendes Handlungsfeld, in dem wir Forschung, Lehre und Innovation durch Kommunikation, Beratung und Anwendung mit der Gesellschaft verknüpfen. Wir zielen mit diesem weitgefassten Transfer, der so in dem 2022 durch den Aufsichtsrat verabschiedeten Handlungsfeld Transfer beschrieben ist, auf die Verfügbarmachung von am KIT erarbeiteten Ideen, Wissen, Erfahrungen, Prozessen und Aus- sowie Weiterbildungsangeboten. Die Aufnahme gesellschaftlicher Entwicklungen, Anregungen, Bedürfnisse und Befürchtungen sowie deren Berücksichtigung in der weiteren Entwicklung unserer Kernaufgaben Forschung, Lehre und Innovation ist dabei ein zentrales Anliegen.

(Zur Weiterentwicklung des Transfers im KIT im Berichtsjahr siehe Kap. A.4.)

## **Arbeiten am KIT – Orientierung an Mensch und Mission**

Qualifizierte und motivierte Beschäftigte sind die wichtigste Ressource für den Erfolg des KIT. Demzufolge sind eine transparente und verantwortliche Personalplanung, -förderung und -gewinnung sowie ein von gegenseitigem Respekt, Kooperation und Subsidiarität geprägtes Miteinander die Grundpfeiler der Arbeit am KIT.

Nach innen und außen strebt das KIT nach Transparenz, Verlässlichkeit und vertrauensvollem Miteinander. Die Beachtung des Gleichbehandlungsgrundsatzes in jeglicher Dimension von Diversität einschließlich der Chancengleichheit von Frauen und Männern ist dem KIT ein besonderes Anliegen. Als ein Grundstein für die Verwirklichung der Chancengleichheit gilt die optimale Vereinbarkeit von Beruf und Familie. Die Zertifizierung im Rahmen des „**audit familiengerechte hochschule**“ ist im Sommer 2023 ausgelaufen. Gleichwohl fördert das KIT weiterhin aktiv die Vereinbarkeit von Beruf/Studium und Familie, wobei geplant ist, das Thema intern und unter Einbeziehung der Chancengleichheitsbeauftragten sowie das Büro für Chancengleichheit weiter voranzutreiben.

Das KIT begreift ein inspirierendes Arbeitsumfeld sowie die kulturelle Vielfalt seiner Forschenden, Lehrenden und Studierenden als Bereicherung und unterstützt die Integration seiner internationalen Mitglieder nicht nur auf Basis der persönlichen Kompetenzen der handelnden Personen, sondern auch durch institutionelles Engagement und Angebote bei der Gestaltung des Wissenschaftsbetriebs. Um Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch für internationale Karrieren zu rüsten, werden die Karrierewege am KIT auch mit dem internationalen Wissenschaftssystem kompatibel gestaltet und weiterführende Positionen im offenen internationalen Wettbewerb besetzt.

## **Daten und Fakten**

### **Zentrale Gremien des KIT**

#### **Vorstand**

Der Vorstand leitet das KIT kollegial. Dem Vorstand gehören hauptamtlich an (1) der Vorstandsvorsitzende, (2) ein Vorstandsmitglied für Forschung, (3) ein Vorstandsmitglied für Lehre und akademische Angelegenheiten, (4) ein Vorstandsmitglied für Transfer und Internationales, (5) ein Vorstandsmitglied für Finanzen, Personal und Infrastruktur, (6) ein Vorstandsmitglied für Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Der Vorstand führt die Bezeichnung Präsidium, der Präsident hat die Richtlinienkompetenz.

#### **Aufsichtsrat**

Der Aufsichtsrat des KIT besteht aus elf Mitgliedern, die von der Wissenschaftsministerin des Landes Baden-Württemberg bestellt werden. Bund und Land benennen jeweils eine Vertreterin oder einen Vertreter als ständiges Mitglied.

#### **KIT-Senat**

Dem KIT-Senat gehören neben dem Präsidium eine Bereichsleitung, eine Chancengleichheitsbeauftragte, eine Vertreterin bzw. ein Vertreter aus dem Personalrat sowie gewählte Vertreterinnen und Vertreter der verschiedenen Mitgliedergruppen aus der Universitätsaufgabe (UA) und aus der Großforschungsaufgabe (GFA) des KIT an. Den Vorsitz hat der Präsident des KIT inne.

## **Institute des KIT**

121 Institute (Stand: 1. Januar 2024) sind in den fünf disziplinär gebildeten Bereichen organisiert:

Bereich I – Biologie, Chemie und Verfahrenstechnik (20 Institute, 67 Professorinnen und Professoren sowie leitende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler), Bereichsleiterin: Prof. Dr. Andrea Robitzki;

Bereich II – Informatik, Wirtschaft und Gesellschaft (25 Institute, 116 Professorinnen und Professoren sowie leitende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler), Bereichsleiter: Prof. Dr. Michael Decker;

Bereich III – Maschinenbau und Elektrotechnik (32 Institute, 77 Professorinnen und Professoren sowie leitende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler), Bereichsleiter: Prof. h.c. Dr. Joachim Knebel;

Bereich IV – Natürliche und gebaute Umwelt (23 Institute, 70 Professorinnen und Professoren sowie leitende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler), Bereichsleiter: Prof. Dr. Johannes Orphal;

Bereich V – Physik und Mathematik (21 Institute und 75 Professorinnen und Professoren sowie leitende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler), Bereichsleiter: Prof. Dr. Marc Weber.

## **Daten 2023**

### **Budget KIT Gesamt (Planzahl laut Wirtschaftsplan 2023):**

1.049 Mio. Euro (davon grundfinanziert 691 Mio. Euro)

### **Budget Großforschungsaufgabe (Planzahl laut Wirtschaftsplan 2023):**

522 Mio. Euro (davon grundfinanziert 373 Mio. Euro)

### **Anzahl Mitarbeitende KIT Gesamt:**

10.034

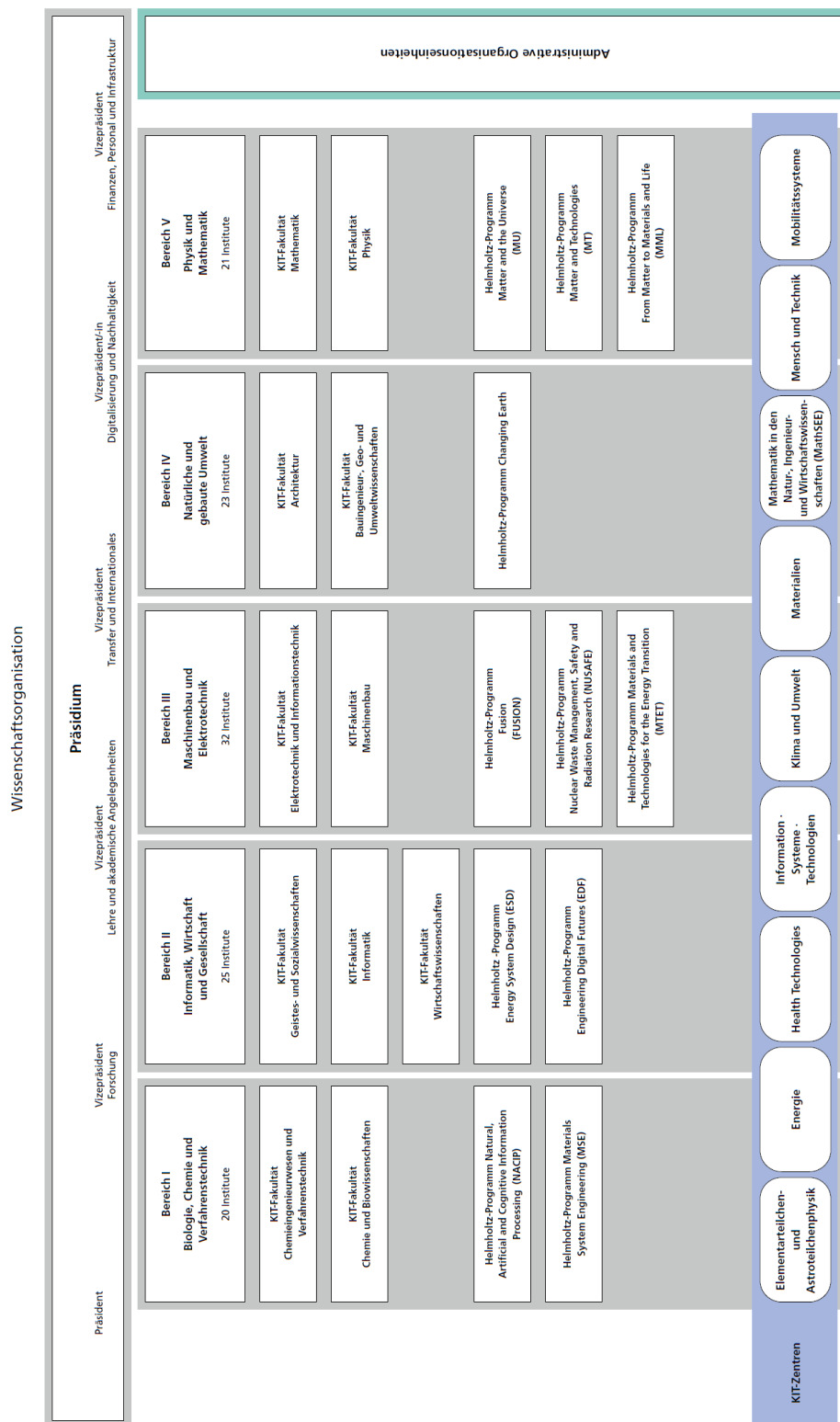
### **Anzahl Mitarbeitende Großforschungsaufgabe:**

4.589

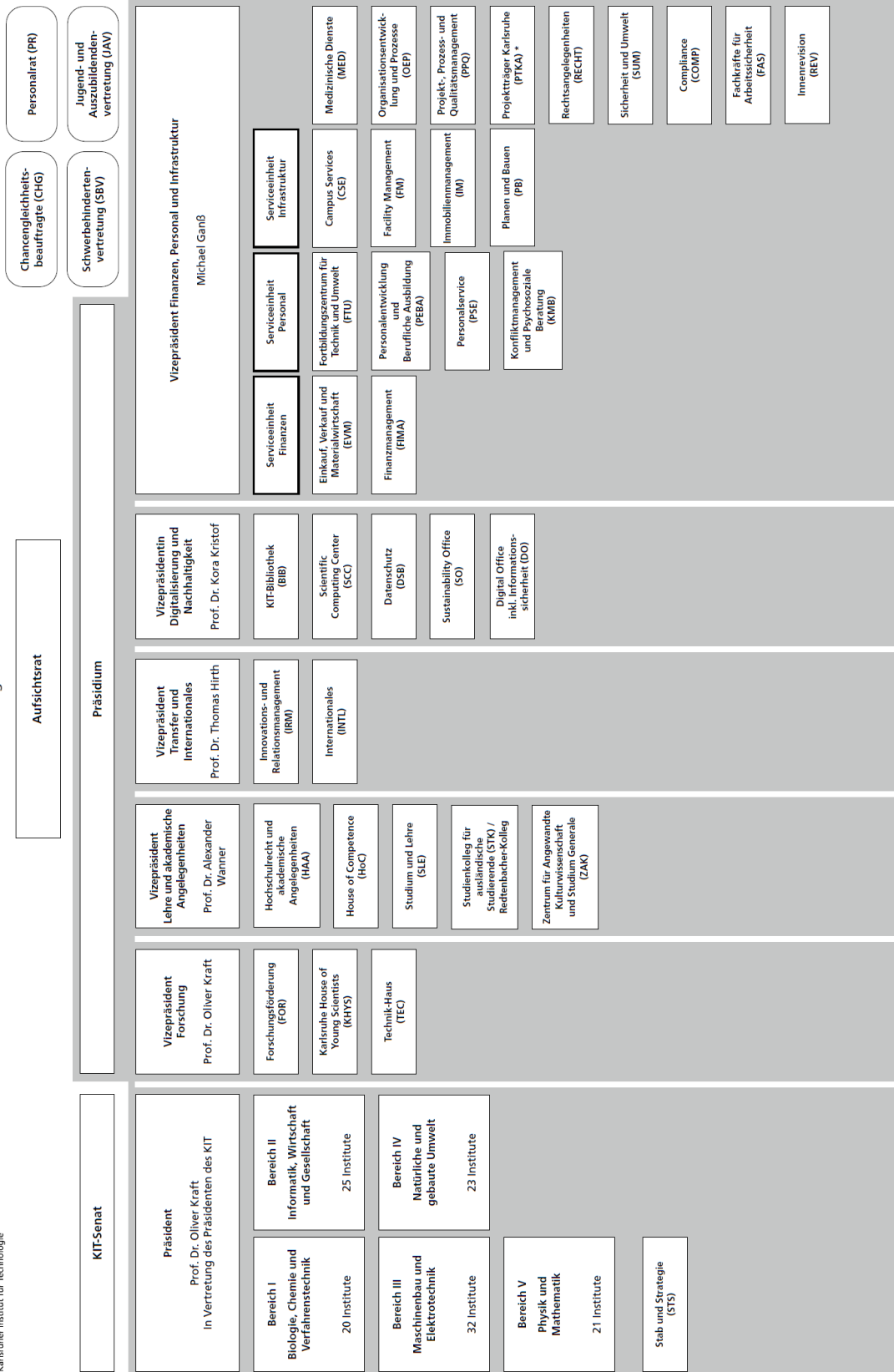
# Organigramme

## Organigramm der Wissenschaftsorganisation

Stand: 01. Januar 2024



Die Helmholtz-Programme sind der Bereichsleiterin / den Bereichsleitern zugeordnet. Die Bearbeitung erfolgt bereichsübergreifend.



## A.1.2 Qualitative Beschreibung der Zentrumsentwicklung

### A.1.2.1 Ziele des letzten Jahres und Zielerreichung

#### Organisationsstruktur des KIT

Seit dem vollständigen Inkrafttreten des 2. KIT- Weiterentwicklungsgesetzes am 1. Januar 2023 genießt das KIT deutschlandweit die größte Gestaltungsfreiheit unter allen Wissenschaftseinrichtungen. Die Novelle stärkt die forschungsorientierte Lehre, das Potenzial für Spitzenforschung sowie den Transfer, und baut zahlreiche administrative Grenzziehungen ab. Am 20. Februar 2023 haben die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Bettina Stark-Watzinger, und die Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg, Petra Olschowski, gemeinsam mit dem KIT den Start in ein neues Kapitel am KIT gefeiert. Gesetzliche Neuerungen umfassen insbesondere eine einheitliche, auf das KIT zugeschnittene Personalkategorie der „Hochschullehrerinnen und Hochschullehrer am KIT“ sowie einen gemeinsamen Rechtsrahmen nach Landesrecht und einen einheitlichen Personalkörper.

Zum 1. Januar 2023 wurde am KIT ein neues Präsidiumsressort „Digitalisierung und Nachhaltigkeit“ eingerichtet. Die Leitung dieses Ressorts hat ab 1. März 2023 die für eine Amtsdauer von sechs Jahren neu gewählte Vizepräsidentin Digitalisierung und Nachhaltigkeit, Prof. Dr. Kora Kristof, übernommen.

Die beiden Ressorts Wirtschaft und Finanzen sowie Personal und Recht wurden in einem neuen Ressort „Finanzen, Personal und Infrastruktur“ zusammengefasst. Geleitet wird dieses Ressort seit dem 1. Januar 2023 durch den Vizepräsident Finanzen, Personal und Infrastruktur, Michael Ganß. Im neuen Ressort wurden Serviceeinheiten auf Leitungsebene 2 eingerichtet. Mit Wirkung zum 1. Dezember 2023 übernahm Christine Bender die Leitung der Serviceeinheit Finanzen und Matthias Hess die Leitung der Serviceeinheit Infrastruktur. Der Serviceeinheit Finanzen sind die Dienstleistungseinheiten Finanzmanagement (FIMA) und Einkauf, Verkauf und Materialwirtschaft (EVM) zugeordnet. Der Serviceeinheit Infrastruktur sind die Dienstleistungseinheiten Immobilienmanagement (IM), Facility Management (FM), Planen und Bauen (PB) und Allgemeine Services (ASERV) zugeordnet.

Die Organisationseinheiten Strategische Entwicklung und Kommunikation (SEK) und Stab des Präsidenten (STAB) wurden zusammengeführt. Sie bildeten ab dem 1. Januar 2023 die Organisationseinheit Stab und Strategie (STS). Zum selben Stichtag wurde das Institut für Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus (OEW) aufgelöst und in das Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP) eingebunden. Außerdem wurde das Botanische Institut (BOTANIK) des KIT zum 1. Januar 2023 umbenannt in „Joseph Gottlieb Kölreuter Institut für Pflanzenwissenschaft“ (JKIP). Die Umbenennung bezieht sich auch auf die Freiflächen des Botanischen Instituts, die als „Versuchsanstalt des Joseph Gottlieb Kölreuter Instituts für Pflanzenwissenschaften“ bezeichnet werden. Zum 1. Januar 2023 wurde im Ressort der Vizepräsidentin Digitalisierung und Nachhaltigkeit bei der Dienstleistungseinheit Bibliothek das Büro für Gute wissenschaftliche Praxis und Ethische Grundsätze (GwP) neu eingerichtet.

Um den digitalen Wandel von Medizintechnologien, personalisierter Medizin und Patientenversorgung voranzutreiben, wurde zum 1. März 2023 das neue KIT-Zentrum „Health Technologies“ gegründet. Damit verfügt das KIT über neun Zentren, die die bereichs- und disziplinübergreifende Forschung am KIT fördern. Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, seit 2013 Präsident des KIT, trat zum 15. August 2023 sein neues Amt als Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft

an. Bis zum Amtsantritt einer neuen Präsidentin bzw. eines neuen Präsidenten vertritt Prof. Dr. Oliver Kraft, Vizepräsident Forschung des KIT, das KIT nach innen und außen.

Mit Wirkung vom 1. September 2023 wurde das Sustainability Office (SO) als Stabsstelle direkt an die Vizepräsidentin Digitalisierung und Nachhaltigkeit angebunden. Die Leitung des SO übernahm Dr. Gerhard Schmidt.

Zum 1. Januar 2024 werden folgende Änderungen in der Organisationsstruktur des KIT wirksam: Neu gegründet werden das Institut für Statistik (STAT) sowie das Teilinstitut Software Engineering für selbst-adaptive Systeme (KASTEL-SESAS) am Institut KASTEL – Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit. Ebenfalls zu berichten ist die Neugründung des Instituts für Wasser und Umwelt (IWU). Alle Organisationseinheiten des Instituts für Hydromechanik (IFH) und des Instituts für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG) werden in das IWU umgezogen. Das IFH und das IWG werden in der Folge aufgelöst. Die Teilinstitute des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung werden zu den folgenden selbstständigen Instituten umstrukturiert: Institut für Meteorologie und Klimaforschung Atmosphärische Aerosolforschung (IMKAAF), Institut für Meteorologie und Klimaforschung Atmosphärische Spurengase und Fernerkundung (IMKASF), Institut für Meteorologie und Klimaforschung Atmosphärische Umweltforschung (IMKIFU) sowie Institut für Meteorologie und Klimaforschung Troposphärenforschung (IMKTRO), bestehend aus dem Teilinstitut Troposphärische Messkampagnen und Modellentwicklung (IMKTRO-T) und Organisationseinheiten der Professorinnen und Professoren des ehemaligen IMK-TRO.

Das Informationstechnologie-Zentrum des KIT wird ab dem 1. Januar 2024 umbenannt. Statt bisher „Steinbuch Centre for Computing“ trägt es künftig den Namen „Scientific Computing Center (SCC)“. Außerdem wird mit Wirkung vom 1. Januar 2024 das Digital Office (DO) inkl. Informationssicherheit (ISB) als Stabsstelle direkt an die Vizepräsidentin Digitalisierung und Nachhaltigkeit angebunden. Die Leitung übernimmt Dr. Alexander Haas.

## **Dachstrategie KIT 2025**

Das Jahr 2023 war von Projektabschlüssen der ersten acht Handlungsfelder maßgeblich geprägt. Die Projekte mit Zeithorizont 2025 befinden sich in einem zunehmend hohen Reifegrad, sodass sich die im Strategiepapier anvisierten Maßnahmen ihrer vollständigen Umsetzung nähern. Mit dem Amtsantritt der Vizepräsidentin Digitalisierung und Nachhaltigkeit startete zusätzlich zur Implementierung des Handlungsfelds Digitalisierung die Umsetzung des Handlungsfelds Nachhaltigkeit sowie ein Projekt, welches die Schnittstelle zwischen Digitalisierung und Nachhaltigkeit in den Fokus nimmt.

Zum 1. Januar 2023 trat das 2. KIT-Weiterentwicklungsgesetz (2. KIT-WG) mit mehr Autonomie für das KIT und dem Ziel der weiteren Stärkung der wissenschaftlichen Synergien und Potenziale in Kraft. Das Jahr 2023 stand im Zeichen von Einführungs- und Folgeaktivitäten zur Nutzung der neuen Möglichkeiten im Rahmen des Umsetzungsprojektes „KIT 2.0“, z.B. der Überarbeitung der Gemeinsamen Satzung, des Finanzstatuts oder Vereinfachung von Bauverfahren am KIT.

Im zentralen Projekt der Forschungsstrategie „Etablierung eines kontinuierlichen Strategieprozesses Forschung“ wurde ein Prozess entwickelt und getestet, der im Sinne der Dachstrategie KIT 2025 die verschiedenen forschungsrelevanten strategischen Stränge am KIT (Exzellenzstrategie, Programmorientierte Förderung (PoF) und Strategie- und Entwicklungsplan (SEP)) zusammenführt. Im Frühjahr 2023 wurden der Probelauf erfolgreich abgeschlossen und der



Prozess etabliert. Direkt im Anschluss startete ein angepasster, verlängerter Durchlauf für zunächst zwei ausgewählte wissenschaftliche Themen. Ziele sind die intensive Auseinandersetzung mit Zukunftsthemen, die von wesentlicher Bedeutung für Forschung, Lehre und Innovation des KIT sind, die Schaffung von neuen Synergieeffekten durch vertieftes Zusammenwirken der Universitäts- und Großforschungsaufgabe und die Identifikation von Themen mit hoher Relevanz.

Im Rahmen der Lehrstrategie wurde das Leitprojekt „Strategische Weiterentwicklung der Studiengänge und des Studienangebots“ abgeschlossen, das auf die Attraktivität der Lehre am KIT als übergeordnetes Ziel einzahlt. Ergebnisse des Projektes sind Erkenntnisse über Rollen, Zuständigkeiten und Herausforderungen des Studiengangentwicklungsprozesses und mögliche Unterstützungsmaßnahmen sowie die strukturierte Vorbereitung des jeweils nächsten SEPs.

Das Projekt „New Work“ wurde nach zwölfmonatiger Testphase der Pilotprojekte abgeschlossen. Mit den identifizierten Themen Steigerung der Arbeitgeberattraktivität, Flexibilisierung von Arbeitszeit und -ort, Flächenoptimierung, Weiterentwicklung Führungskräfte und Kulturwandel wurde direkt im Anschluss ein Folgeprojekt gestartet, welches sehr zeitnah gemeinsam mit dem Personalrat eine neue Dienstvereinbarung zur mobilen Arbeit erarbeiten soll.

Die strategische Entwicklung des KIT mit Blick auf die internationalen Aktivitäten unterstützen die Maßnahmen der beiden abgeschlossenen Projekte „Willkommen und Integration“ und „Gastforschende am KIT“ u.a. mit Einrichtung eines sogenannten Landing Points – zunächst einer zentralen Webseite für Willkommens- und Integrationsangebote – sowie die zentrale Erfassung und Bündelung von Informationen über Gastforschende.

## **Exzellenzstrategie**

### **Exzellenzstrategie – Exzellenzuniversität**

Die Ziele des Antrags Exzellenzuniversität umfassen: 1) Leistungsfähigkeit und Agilität in der Spitzenforschung erhöhen, 2) Bewusstsein für Verantwortung ausprägen, 3) Attraktivität für den exzellenten wissenschaftlichen Nachwuchs steigern und 4) Institutionellen Kulturwandel auf Basis der Dachstrategie KIT 2025 fördern.

Vom 7.-9. Februar 2023 fand die interne Zwischenevaluation der Exzellenzuniversität statt. In dieser vom KIT selbst auferlegten Begehung beurteilte eine Gutachtengruppe aus sieben international renommierten Persönlichkeiten den aktuellen Zielerreichungsgrad der einzelnen Ziele des Antrags und erarbeitete Handlungsempfehlungen für die zweite Hälfte der Förderlaufzeit. Über 100 Teilnehmende haben in zwölf inhaltlichen Sessions den Umsetzungsstand der Exzellenzuniversität dargestellt und mit den Gutachtenden diskutiert. Diese haben eine positive Zwischenbilanz gezogen und dem KIT in ihrem Votum wertvolle Hinweise zu Umsteuerungsbedarfen und möglichen Weiterentwicklungen in der verbleibenden Förderlaufzeit gegeben.

Zu den wichtigen Erfolgen des Jahres 2023 gehört es, dass das KIT zwei weitere herausragende Forschungspersonlichkeiten in international führenden Themenfeldern mit Hilfe seiner Rekrutierungsinitiative, der Otto Lehmann Professur, gewinnen konnte. Prof. Dr. Raffaella Mirandola, eine Spezialistin im Bereich Computational Science and Engineering, hat im September ihre Otto-Lehmann-Professur für „Software Engineering for Self-Adaptive Systems“ angetreten und wird mit ihrer Expertise den neuen Sonderforschungsbereich „Consistency in the View-Based Development of Cyber-Physical Systems“ und damit verbunden den Research

Focus „Autonomous Systems and Robotics“ maßgeblich stärken. Seit Oktober 2023 hat außerdem Prof. Dr. Marcel Utz, der bereits zwischen August 2021 und April 2022 als International Excellence Fellow am KIT ausgezeichnet und begrüßt wurde, eine Otto-Lehmann-Professur für Mikrosystemtechnik inne und engagiert sich im Sonderforschungsbereich „High Performance Compact Magnetic Resonance – HyPERiON“.

In den beiden Reallaboren „Autonomes Fahren“ und „Digitale Barrierefreiheit und Assistenzsysteme für Menschen mit Einschränkungen“, in denen das KIT den Transfer in die und aus der Gesellschaft erprobt, haben alle vier 2022 berufenen Tandem-Professorinnen und Professoren ihre Arbeit aufgenommen und sind auch 2023 in den verschiedensten Zusammenhängen aktiv.

Die zweite KIT Science Week, die einen hochkarätigen wissenschaftlichen Kongress mit vielfältigen Formaten für und mit der Öffentlichkeit kombiniert, fand vom 10. bis zum 15. Oktober 2023 unter dem Motto „Zukunft gemeinsam nachhaltig gestalten“ statt. Der Kongress wurde trinational im Eucor-Verbund durchgeführt. Bei der KIT Science Week konnten sich in über 60 Veranstaltungen Bürgerinnen und Bürger, Studierende sowie Schülerinnen und Schüler gemeinsam mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu Themen wie Klima-, Umwelt- und Artenschutz, dem schonenden Umgang mit Ressourcen und globale Gerechtigkeit austauschen und in offenen Laboren Forschung am KIT hautnah erleben. Die KIT Science Week erreichte über 11.000 Besucherinnen und Besuchern sowie eine hohe mediale Aufmerksamkeit.

Trotz einer verengten Förderlandschaft war das KIT mit der Einwerbung von insgesamt elf hochkarätigen Nachwuchsgruppen, fünf darunter vorbereitet über das KIT-interne Young Investigator Group Preparation Program (YIG Prep Pro), äußerst erfolgreich. Diese Erfolge lassen sich unmittelbar auf das verstärkte Engagement in der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses zurückführen, die am KIT einen hohen Stellenwert einnimmt und das Selbstverständnis des KIT immer deutlicher prägt.

Mit dem Vorhaben KIT Excellent Tenure bietet das KIT herausragendem wissenschaftlichen Nachwuchs klare und verlässliche Karrierewege. 2023 wurden zwei Tenure-Track-Professorinnen und drei Tenure-Track-Professoren ernannt. Inzwischen beläuft sich die Zahl der besetzten Tenure-Track-Professuren auf 24, vier darunter wurden über YIG Prep Pro rekrutiert. In dem Bewusstsein, dass Diversität mehr bedeutet als die Gleichstellung der Geschlechter, widmet sich das KIT in der Exzellenzuniversität ebenso der Internationalität und Interkulturalität und setzt dahingehend ganz konkret mit dem Vorhaben International Excellence Grants an. 2023 wurden in drei Förderrunden insgesamt 23 Forschende zur Förderung in der inzwischen bewährten Förderlinie International Excellence Fellowships ausgewählt, darunter neun Wissenschaftlerinnen. Zudem wurde erstmalig der International Excellence Award of KIT – und damit verbunden das Fellowship of SCHROFF Foundation – verliehen, mit dem das KIT 2023 Prof. Dr. Thalappil Pradeep vom Indian Institute of Technology Madras in Chennai für sein Schaffen auszeichnet und zur Durchführung eines selbst gewählten Forschungsvorhabens an das KIT einlädt.

Am 6. Juli 2023 fand das dritte Statusgespräch Exzellenzuniversität statt. Die dort dargelegte Entwicklung wie auch der Fortschritt bei der Umsetzung der Gesamtstrategie wurden von den Zuwendungsgebern von Bund und Land weiterhin positiv eingeschätzt.

### **Exzellenzstrategie – Exzellenzcluster**

In seinen führenden Forschungsfeldern stellt sich das KIT dem Wettbewerb um neue Exzellenzcluster. Fristgerecht zum 31. Mai 2023 reichte das KIT acht Antragsskizzen ein. In zwei

Fällen ist das KIT alleinige antragstellende Universität, in drei Fällen gemeinsam mit jeweils einem universitären Partner und in weiteren drei Fällen gemeinsam mit jeweils zwei universitären Partnern. Die eingegangenen Antragsskizzen wurden von Mitte September bis Ende Oktober in international und interdisziplinär besetzten Panels nach wissenschaftlichen Qualitätskriterien begutachtet.

#### **Vierte Phase der Programmorientierten Förderung (PoF IV)**

In der vierten Phase der programmorientierten Förderung (PoF IV) der Helmholtz-Gemeinschaft, die für alle Forschungsbereiche von 2021 bis 2027 läuft, beteiligt sich das KIT an allen elf Forschungsprogrammen der vier Forschungsbereiche Erde und Umwelt, Energie, Information und Materie. Als Forschungsgroßgerät der Leistungskategorie II betreibt das KIT zudem das Grid-Computing-Zentrum Karlsruhe (GridKa), eines der Tier1-Rechen- und Datenzentren für die Datenspeicherung und -prozessierung der LHC-Experimente an der Europäischen Organisation für Kernforschung CERN.

**Forschungsbereich Energie:** Im Jahr 2023 ist der Forschungsbereich (FB) Energie und damit auch das KIT in die Phase der strategischen Aufstellung für die PoF V gestartet. Die „Helmholtz Energy Transition Roadmap“ (HETR), die mit intensiver Beteiligung von KIT-Forschenden als strategisches Werkzeug im Rahmen der laufenden PoF IV für den Forschungsbereich entwickelt wird, steht in einer Erstfassung für diesen Prozess nun zur Verfügung. Zwischenergebnis der strategischen Aufstellung, die u.a. durch drei Workshops auf FB-Ebene vorangetrieben wurde, ist zum Jahresende 2023 der Ansatz, auch für PoF V mit vier Energieprogrammen weiterzuarbeiten. Diese sollen sich in den großen Linien an die aktuelle Programmstruktur anschließen, jedoch sind in der Ausgestaltung, insbesondere der Topics und Subtopics, Aktualisierungen und Neuerungen zu erwarten, die auch für die Energieforschung am KIT richtungsweisend sein werden. Ein wichtiger Meilenstein für die Sichtbarkeit der Energieforschung am KIT war 2023 die Einreichung des Infrastrukturantrags „High Power Grid Lab“ (HPGL) im Rahmen der Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen zur Realisierung ab 2025, der im Bewilligungsfall zugleich eine Erweiterung des Energy Labs bedeuten würde.

**Forschungsbereich Erde und Umwelt:** Das KIT ist in zwei Topics an dem Helmholtz-Programm „Changing Earth – Sustaining our Future“ im Forschungsbereich Erde und Umwelt vertreten. Dabei ist das KIT für das Topic „Die Atmosphäre im globalen Wandel“ federführend und zu einem kleinen Teil auch im Topic „Nachhaltige Bioökonomie – Naturpotenziale nutzbar machen“ vertreten. Die Klimaforschung im Forschungsbereich Erde und Umwelt wurde in Bezug auf die Analyse von großen Datenmengen durch die Einbindung in die Projekte „Digital Earth“ und „Earth System Modelling“ gestärkt. Diese sind in die Aktivitäten des Joint Labs „Exascale Earth System Modelling“ (ExaESM) eingegangen, das in Zusammenarbeit mit Helmholtz Information insbesondere die Nationalen Hochleistungsrechner für die Datenmodellierung einbindet.

Im Rahmen der Gründung neuer Helmholtz-Institute hatte das KIT in Kooperation mit der Universität Freiburg den Antrag für das „Helmholtz-Institut Freiburg für urbane Klima- und Umweltforschung“ (HIF-UCES) in das Verfahren eingereicht. Auf Basis der im März 2023 erfolgten Vor-Ort-Begutachtung wurde im Helmholtz-Senat gegen die Etablierung des vorgeschlagenen Helmholtz-Instituts entschieden. Die Aktivitäten, insbesondere der Stadtforschung, sollen im Rahmen der finanziellen Möglichkeiten weitergeführt werden.

**Forschungsbereich Information:** Im Forschungsbereich Information konnte das KIT u.a. den neuen Sonderforschungsbereich „Konsistenz in der sichtenbasierten Entwicklung Cyber-Physikalischer Systeme“ mit rund 11 Mio. EURO Fördersumme bei der DFG einwerben. Moderne cyber-physikalische Systeme (CPS), wie etwa Autos oder Produktionsanlagen, stecken voller elektronischer und mechanischer Komponenten, die von Software gesteuert werden. Da das Gesamtsystem aber nur bei perfektem Zusammenspiel aller Bestandteile funktioniert, stellt sich beim Entwurf solcher Systeme die Herausforderung, die jeweiligen Systemarchitekturen fortwährend konsistent zu halten. Hierfür werden in dem SFB neue Methoden entwickelt.

Das neu gegründete KIT-Zentrum „Health Technologies“ (HealthTech) treibt Forschung und Transfer zum digitalen Wandel von Medizintechnologien, personalisierter Medizin und Patientenversorgung voran. Die Digitalisierung wirkt sich nicht nur auf das Privat- und das Arbeitsleben aus, sondern sie beeinflusst und verändert auch die gesamte Gesundheitsversorgung. Um einen nachhaltigen und medizintechnischen Fortschritt zum Erhalt der Gesundheit zu erreichen, müssen künftig Bürgerinnen und Bürger mit Ärztinnen und Ärzten sowie Forschenden immer stärker zusammenarbeiten. Ziel ist es, digitale und technologische Lösungen für Medizinprodukte aus der Perspektive und zum Nutzen der Gesellschaft zu entwickeln und sich auf ihre medizinischen Bedürfnisse zu konzentrieren.

Die Kerninformatik, die aktuell noch durch Paktmittel im Projekt „Helmholtz Core Informatics Research at KIT (HeCI)“ mit 10 Mio. Euro finanziert wird, soll langfristig in der PoF V integriert werden und so die Cybersecurity als auch die Aktivitäten auf dem Gebiet des Quantencomputings unterstützen.

**Forschungsbereich Materie:** Das KIT konzentriert sich in der PoF IV weiterhin auf Elementarteilchenphysik einschließlich des Forschungsgroßgeräts GridKa, Astroteilchenphysik mit Neutrinophysik, die Suche nach Dunkler Materie und Erforschung kosmischer Strahlung, auf Untersuchungen, wie aus kleinsten Bausteinen komplexe Formen und Materialien entstehen, sowie auf die Entwicklung von Detektor- und Beschleunigertechnologien.

Im Programm „Matter and Technologies“ (MT) werden Voraussetzungen geschaffen, in der Zukunft weltweit einzigartige resiliente Infrastrukturen nachhaltig entwickeln und betreiben zu können. 2023 konnte das EU-Projekt „Research Facility 2.0: Towards a more energy-efficient and sustainable path“ im Rahmen von Horizon-Infra eingeworben werden. Das Projekt wird vom KIT koordiniert, die neue gemeinsame Infrastruktur KITTEN mit dem Forschungsbereich Energie spielt darin eine wichtige Rolle. Zudem ist die Nachfrage der weltweiten User nach Experimenten im Hybridmodus seit der Corona-Pandemie drastisch gestiegen. Ein Pilotprojekt für eine Umstellung auf einen ferngesteuerten, automatisierten Messbetrieb ist der mit aktuell 12 Mio. EURO geförderte Demonstrator ROCK-IT. Ein Ziel des Projektes ist, gemeinsame Standards für remote/hybrid-Experimente für Forschungsinfrastrukturen der Helmholtz-Gemeinschaft und darüber hinaus zu realisieren. Langfristig können durch vermehrte hybrid-Experimente große Mengen an CO<sub>2</sub> eingespart und so unmittelbar auf die Nachhaltigkeitsziele des KIT einzahlt werden.

Auch auf dem Gebiet der Digitalisierung und Künstlichen Intelligenz hat das KIT im Forschungsbereich Materie im letzten Jahr entscheidende Fortschritte erzielt. Am Beschleuniger Karlsruhe Research Accelerator (KARA) wurde weltweit zum ersten Mal gezeigt, dass Algorithmen des verstärkenden Lernens (Reinforcement Learning) direkt auf dafür am KIT entwickelter KI-Hardware betrieben und online in einem Teilchenbeschleuniger in Echtzeit trainiert werden können. Am KIT entsteht aktuell mit dem Produktions- und Entwicklungszentrum für hochauflösende supraleitende Sensoren (HSS) eine weltweit einzigartige Forschungsinfrastruktur für kryogene Quantensensoren, deren ersten Maschinen am KIT in Jahr 2023 in Betrieb gegangen sind.

Im Programm „Matter and the Universe“ (MU) werden zudem wesentliche Beiträge zur Klärung der Natur von Dunkler Materie, des Ursprungs der Materie-Antimaterie Asymmetrie und der Verbindung von Teilchenphysik mit den Prozessen im Universum erzielt. Im Rahmen des IceCube-Upgrade Projekts arbeitet das KIT aktuell an der Installation von insgesamt 32 Stationen an der Oberfläche des IceCube-Detektors am Südpol zur Messung der kosmischen Strahlung und als Veto-System für atmosphärische Neutrinos. Im Berichtsjahr 2023 hat die IceCube-Kollaboration den bahnbrechenden Nachweis der Existenz hochenergetischer Neutrinos aus der Milchstraße erbracht.

### **Strategische Investitionen im Korridor 2,5-15 Mio Euro: Umsetzung im Jahr 2023**

Die laufenden, institutionell geförderten Investitionen IceCube Upgrade, Forschungsplattform zur Speicherung von Strom in synthetischen Kohlenwasserstoffen (e-Xplore) Inside Clouds, HSS und c-Start befinden sich in einer fortgeschrittenen Umsetzungsphase und werden weiter vorangetrieben.

Beim Investitionsvorhaben DeepStor (High-temperature deep underground thermal storage) wurde die Genehmigungsplanung intensiv weiterverfolgt und mit ersten Vorarbeiten zur Umsetzung begonnen. Im Rahmen des von Eurofusion zusatzfinanzierten Projekts Heloka-US wurde die Planung weiter vorangetrieben und erste Beschaffungen angestoßen. Gleiches gilt für das Projekt DIPAK, bei dem die Planung der Test-Infrastruktur zur Validierung der von KIT entwickelten Konzepte zur Minimierung des Tritium-Inventars weitergeführt und ebenfalls mit ersten Beschaffungen begonnen wurde. In den national zusatzfinanzierten Projekten ACTRIS-D NF und ACTRIS-D CF zum Aufbau einer Infrastruktur für die Aerosol-, Wolken- und Spurengas-Forschung wurde mit den Umsetzungsmaßnahmen zum Aufbau der vier „National Facilities“ fortgefahren. Beim Projekt ApplHy, einem der Verbundprojekte der Technologieplattform TransHyDE, wurde weiter an der Infrastruktur zur Bereitstellung von LH2 sowie den anderen Arbeitspaketen gearbeitet. Im Projekt Sektorkopplung mit dem Ziel der Untersuchung von Kopplungsmöglichkeiten zwischen den Sektoren Wärme/Kälte, Gas und industrielle Produktion wurden die Beschaffungen plangemäß fortgeführt. Das Projekt HIT NMR (High Throughput –NMR Screener) konnte erfolgreich beendet werden. Das Projekt HTS-Geno wurde in Abstimmung mit dem Fördermittelgeber abgebrochen.

### **Strategische Investitionen im Korridor 2,5-15 Mio Euro: Umsetzung ab 2024**

Siehe entsprechenden Abschnitt im Kapitel A.1.2.4.

### **Strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. Euro: Umsetzung im Jahr 2023**

Die strategischen Ausbauinvestitionsprojekte Full scientific Exploitation of the LHC, Karlsruhe Center of Optics and Photonics (KCOP), Karlsruhe NanoMicroFacility (KNMF), „Helmholtz Forschungs- und Versuchsplattform zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und zum Rückbau kerntechnischer Anlagen“ (HOVER) wie auch die Beschaffungen im Rahmen der Helmholtz Data Federation (HDF) wurden fortgeführt. Für das Ende 2023 neu hinzugekommene Projekt Geothermal Laboratory in the Crystalline (GeoLaB) wurde nach erfolgter Mittelentsperrung mit den ersten Umsetzungsmaßnahmen begonnen. Die strategische Ausbauinvestitionen Athena

und HEMF, wie auch das Projekt HEMCP wurden aufgrund von Rest- bzw. Nacharbeiten nochmals um einige Monate verlängert und stehen Anfang 2024 vor dem Abschluss. Das Projekt Living Lab Energy Campus wurde erfolgreich beendet.

### **Strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. Euro: Umsetzung ab 2024**

Die vom Senat der Helmholtz-Gemeinschaft bewilligten strategischen Ausbauinvestitionen unter Beteiligung des KIT „Helmholtz Data Federation“ (HDF), „Full Scientific Exploitation of the LHC“, „Karlsruhe Center for Optics and Photonics“ (KCOP), „Helmholtz Forschungs- und Versuchsplattform zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und zum Rückbau kerntechnischer Anlagen“ (HOVER) und GeoLaB werden auch im Jahr 2024 weiter umgesetzt.

Im Jahr 2022 hatte sich das KIT mit der Zustimmung des Aufsichtsrats am 29. Juni 2022 an den Anträgen für strategische Ausbauinvestitionen der Helmholtz-Gemeinschaft „4D-CAT“ und „Terra-Lab“ für eine Realisierung ab 2024 sowie am wiedereingereichten Antrag für das „Distributed Detector Laboratory“ (DDL) beteiligt. Alle drei Maßnahmen werden jedoch – dem Votum des Senats der Helmholtz-Gemeinschaft im Jahr 2023 entsprechend – nicht umgesetzt. Im Jahr 2023 hat das KIT bei der Helmholtz-Gemeinschaft den Antrag zur Infrastruktur „High Power Grid Lab“ (HPGL) für strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. EURO zur Umsetzung ab 2025 eingereicht. Das Netz der Zukunft wird sich zu einem Netz mit dezentraler Erzeugung und bidirektionalem Leistungsfluss entwickeln. Dadurch kann die große Menge an dezentralen, regenerativen Erzeugern (Wind, Solar), Energiespeichern (Batterien, Pumpspeicher) und Schnittstellen zu anderen Energieträgern (Power-to-X) auf allen Spannungsebenen sinnvoll integriert werden. Für die Untersuchung des Systemverhaltens der dafür notwendigen elektrischen Betriebsmittel und deren Rückwirkungen auf die elektrischen Netze stellt das HPGL eine europaweit einzigartige Forschungs- und Testinfrastruktur zur Verfügung. Durch die Kombination der Echtzeitsimulation und -regelung des Netzes mit der Untersuchung von Netzbetriebsmitteln im Realbetrieb ermöglicht das HPGL den Aufbau einer ganzheitlichen Power-Hardware-in-the-Loop-(PHIL)-Testumgebung und ergänzt das Energy Lab 2.0 auf ideale Weise.

### **Teilnahme am Bund-Länder Programm zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses**

Um den wissenschaftlichen Nachwuchs zu stärken, wird das KIT die Tenure-Track-Professur flächendeckend als gleichwertigen Weg zur Professur weiter stärken. Dadurch werden die Karrierewege des wissenschaftlichen Nachwuchses planbarer und transparenter. Zusätzlich zu den Tenure-Track-Professuren aus dem Bund-Länder-Programm zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses werden dazu im laufenden und kommenden Jahr weitere Junior- und Tenure-Track-Professuren im Rahmen des ExU-Vorhabens „KIT Excellent Tenure“ eingerichtet (geplant sind bis zu zehn Juniorprofessuren / Tenure-Track-Professuren pro Jahr). Im Bund-Länder-Programm zur Förderung des Wissenschaftlichen Nachwuchses waren bis zum 31. Dezember 2020 bereits sechs Tenure-Track-Professuren aus der ersten Antragsrunde besetzt worden (davon vier mit Wissenschaftlerinnen). Im Jahr 2021 wurden die restlichen drei Tenure-Track-Professuren aus der ersten Förderrunde sowie eine Tenure-Track-Professur der zweiten Förderrunde besetzt. Im Jahr 2022 wurden drei weitere Tenure-Track-Professuren besetzt und eine Endevaluation für die Übernahme einer W3-Professur für einen Tenure-Track-Professor positiv durchgeführt. Im Jahr 2023 wurden die letzten beiden Tenure-

Track-Professuren aus der zweiten Förderrunde besetzt (davon eine mit einer Wissenschaftlerin) und die Endevaluationen von zwei Tenure-Track-Professorinnen positiv durchgeführt. Beide wurden als Universitätsprofessorinnen am KIT (W3) ernannt.

## **Bauliche Entwicklung**

Das Projekt „Bauliche Entwicklungsplanung“ (BEP) ist in das KIT-Umsetzungsprojekt „Bereitstellung von Gebäuden und Infrastruktur“ integriert. Seit dem Projektstart im Jahr 2019 haben die einzelnen Projektmodule 2023 einen weitestgehenden abschließenden Bearbeitungsstand erreicht. Auf Grund sich ändernder externer Rahmenvorgaben (v.a. im Bereich Klimaschutz und Nachhaltigkeit) wurden Überarbeitungen notwendig, die den formalen Projektabschluss verzögert haben.

Herausforderungen stellen insbesondere die Ergebnisse der baulichen Zustandsbewertung dar. Die Ergebnisse weisen einen erheblichen Sanierungsstau der baulichen Infrastruktur auf, der sich bei gleichbleibendem Ressourceneinsatz verstärken wird. Diese Herausforderung wird nur durch ein Bündel verschiedener Maßnahmen zu bewältigen sein: Erhöhung der Effizienz der Flächennutzung, konsequentes Sanierungsprogramm, Erschließung alternativer Finanzierungsquellen.

Ein Hauptaugenmerk lag 2023 im Abschluss der Gespräche und Verhandlungen zur angestrebten Übernahme der Bauherreneigenschaft für die Landesliegenschaften, die im Rahmen der Universitätsaufgabe genutzt werden. In allen wesentlichen Punkten konnte eine Verständigung zwischen den beteiligten Ministerien (Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst und Ministerium für Finanzen) und dem KIT herbeigeführt werden. Ausstehend ist noch der Beschluss der politischen Gremien des Landes Baden-Württemberg. Neben den Gesprächen und Verhandlungen war das Jahr 2023 geprägt von Vorbereitungen zur Übernahme der Bauaufgaben, um Arbeitsfähigkeit herzustellen. Dazu gehörten z.B. Prozessklärungen, Personalakquise, die Dokumentenübernahme für Gebäude in der UA sowie die Abstimmung mit dem Land bezüglich einzelner Projektübergänge und Übergangsregelungen.

Für die bauliche Entwicklung der Physik im Bereich V/Universitätsaufgabe wurde im Rahmen des Projektentwicklungsauftrags und in Vereinbarung mit dem Land die Flächenbedarfsbemessung fortgeschrieben, die 2024 abgeschlossen werden wird.

In der Großforschungsaufgabe wurde die Projektentwicklung Werkfeuerwehr mit dem Koordinierungsgespräch abgeschlossen.

Im Kontext der städtebaulichen Rahmenplanung wurde auch die Entwicklung der Freiflächen in Sinne der Aufenthaltsqualität und der Ökologie verfolgt. Baumaßnahmen wurden mit dem Nachhaltigkeitssiegel *Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)* zertifiziert. 2023 sind die beiden Gebäude des *InformatiKOM*, die mit der Klaus Tschira Stiftung nach dem Silberstandard umgesetzt wurden, in Betrieb gegangen. Ende 2023 wurde das Grünpflegeprogramm für den Campus Nord im Sinne der Ressourceneffizienz und der Biodiversität neu ausgerichtet und vergeben. Die Anpassung wird fachlich durch das Institut für Geographie und Geoökologie begleitet.

Im Gebäudebetrieb und der Versorgungsinfrastruktur wurden über Fördermittel der Helmholtz-Gemeinschaft in acht Gebäuden LED-Beleuchtungen eingeführt und weitere 1.700 kWp Photovoltaik-Kapazität projektiert. Für den Campus Nord wurde ein Konzept für das Grundwassermonitoring entwickelt, um das Potenzial für die thermische Nutzung oberflächennaher Geothermie zu erschließen. Mit zehn neuen Ladesäulen für Elektrofahrzeuge werden maßgeschneiderte Lösungen für die Elektrifizierung des KIT-Fuhrparks bereitgestellt.

### A.1.2.2 Herausragende wissenschaftliche Ergebnisse des Jahres

#### Energie

Zahlreiche Forschungsvorhaben am KIT beschäftigen sich mit der Energiewende, rund 1.500 Forscherinnen und Forscher arbeiten dabei an einem verlässlichen, sicheren und nachhaltigen Energiesystem für die klimaneutrale Gesellschaft der Zukunft. So sind Forschenden des KIT und ihren kanadischen Partnern wichtige Fortschritte dabei gelungen, mit kostengünstigen Fotoreaktormodulen Wasserstoff, Kraftstoffe und sogar Trinkwasser effizient auf Dachflächen oder in Solarparks zu produzieren. Dabei optimierten sie die künstliche Photosynthese für die Massenanwendung auf Dächern (Publikation in *Joule*). Wie groß das Potenzial für eine vollständig autarke Energieversorgung von Wohngebäuden ist, haben Forschende des KIT gemeinsam mit Partnern untersucht. In der Fachzeitschrift *Joule* zeigen sie, dass bereits heute 53 % der Einfamilienhäuser in Europa technisch energieautark werden könnten.

Der zunehmende Einsatz von Lithium-Ionen Batterien im Alltag verlangt ökonomisch und ökologisch nachhaltige Methoden zum Recycling. Forschende des KIT haben ein preisgünstiges und umweltverträgliches Verfahren entwickelt, das es ermöglicht, aus Batterieabfällen bis zu 70 % des Lithiums zurückzugewinnen, ohne dass korrosive Chemikalien, hohe Temperaturen oder eine vorherige Sortierung der Materialien erforderlich sind. Darüber berichtet *Nature Communications Chemistry*.

#### Information

Zusätzliche Herzschläge aus den Hauptkammern des Herzens, sogenannte ventrikuläre Extrasystolen, können mit ernsthaften Erkrankungen zusammenhängen. Forschende am KIT nutzen Maschinelles Lernen, um den Ursprungsort der Extrasystolen nichtinvasiv zu bestimmen. Dazu setzen sie künstliche neuronale Netze ein, die auf synthetischen Daten aus einem realistischen Simulationsmodell trainiert sind, wie sie in der Zeitschrift *Artificial Intelligence in Medicine* berichten. Photonische Zeitkristalle, deren Eigenschaften sich periodisch ändern, versprechen wesentliche Fortschritte in Mikrowellentechnik, Optik und Photonik. Forschende am KIT haben nun zusammen mit Partnern erstmals einen zweidimensionalen photonischen Zeitkristall hergestellt und wichtige Anwendungen demonstriert. Ihr Ansatz vereinfacht die Herstellung photonischer Zeitkristalle und kann die Effizienz künftiger Kommunikationssysteme verbessern (Publikation in *Science Advances*). Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT haben eine neue Klasse von Materialien entwickelt, indem sie Enzyme als biokatalytische Schäume hergestellt haben, die eine enorme Haltbarkeit und Aktivität besitzen. Über ihre Ergebnisse berichten die Forschenden in der Fachzeitschrift *Advanced Materials*. Das neuartige Herstellungsverfahren der Enzym-Schäume wurde bereits zum Patent angemeldet. Nanometerfeine Strukturen aus Quarzglas, die sich direkt auf Halbleiterchips drucken lassen, erzeugt ein am KIT entwickeltes Verfahren. Ein hybrides organisch-anorganisches Polymerharz dient als Ausgangsmaterial für den 3D-Druck von Siliziumdioxid. Da das Verfahren ohne Sintern auskommt, sind die dazu erforderlichen Temperaturen deutlich niedriger. Zugleich ermöglicht eine höhere Auflösung Nanophotonik mit sichtbarem Licht. Darüber berichtet die Zeitschrift *Science*. In der metallorganischen Chemie gehören Sandwich-Komplexe, spezielle chemische Verbindungen, zu den grundlegenden Bausteinen. Ihre Struktur war bisher immer geradlinig. Nun haben Forschende des KIT und der Philipps-Universität Marburg erstmals mehrstöckige Sandwich-Komplexe zu einem nanoskaligen Ring geformt, den sie „Cyclocen“ genannt haben (Veröffentlichung dazu in der Zeitschrift *Nature*). Der Supraleiter Strontiumruthanat stellt die Wissenschaft vor viele Fragen. Forschende am KIT und am Max-Planck-Institut für Chemische



Physik fester Stoffe in Dresden haben herausgefunden, dass mechanischer Druck die Supraleitung erhöht und zugleich die Verformung des Materials erleichtert. Dies führen sie auf quantenmechanische Anregungen der Elektronen zurück. Ihre Arbeit trägt zum Verständnis des Wechselspiels von elastischen und elektronischen Eigenschaften bei. Die Forschenden berichten in der Zeitschrift *Science*.

### Erde und Umwelt

Häufig werden die Klima- und die Biodiversitätskrise als getrennte Bedrohungen behandelt. Ein internationales Team aus Forschenden, an dem auch das KIT beteiligt ist, hat im Fachmagazin *Science* eine Übersichtsstudie veröffentlicht, die zeigt, dass Klima- und Artenschutz zusammen zu betrachten sind. Es ist laut der Studie gleichzeitig dringend, die Treibhausgasemissionen massiv zu reduzieren, und wichtig, mindestens 30 % der Land-, Süßwasser- und Ozeanflächen unter Schutz zu stellen. Maßnahmen, die sich z.B. allein auf den Klimaschutz konzentrierten, könnten sich durchaus negativ auf die Biodiversität auswirken. Forschende des KIT haben ein neues System zur Aktivierung und katalytischen Übertragung von Ammoniak entwickelt, das nicht auf Übergangsmetallen, sondern auf einer Verbindung aus Hauptgruppenelementen basiert. Bei diesem Prozess wird kein Abfall erzeugt. Über die Ergebnisse berichtet das Team in *Nature Chemistry*. Starke Niederschläge können Naturkatastrophen wie Hochwasser oder Erdbeben auslösen. Um die durch den Klimawandel zu erwartenden Änderungen der Häufigkeit dieser Extreme vorherzusagen, sind globale Klimamodelle notwendig. In einer Studie zeigen Forschende des KIT erstmals eine Methode auf Basis Künstlicher Intelligenz (KI), mit der sich die Genauigkeit der von globalen Klimamodellen erzeugten groben Niederschlagsfelder erhöhen lässt. Um die Weinrebe, eine der ältesten Kulturpflanzen, und letztendlich um den Wein als eines der ersten globalen Handelsgüter drehen sich am KIT zwei Forschungsprojekte in der Genomforschung. In einem umfassenden vom KIT initiierten Genomprojekt klärten Forschende der chinesischen Yunnan Agricultural University den bisher umstrittenen Ursprung und Weg des Weines von der Wildrebe zur heutigen Kulturform mithilfe Tausender Rebengenome, die entlang der Seidenstraße von China bis Westeuropa gesammelt und analysiert wurden. Die Wildrebensammlung des KIT spielte hier eine wichtige Rolle. Ihre Ergebnisse veröffentlichten die Forschenden in *Science*. In einem anderen Projekt am KIT werden die negativen Folgen der zunehmenden durch steigende Meeresspiegel und künstliche Bewässerung verursachten Versalzung von Böden betrachtet. Dazu wurde eine Wildrebe untersucht, die toleranter gegenüber Salz ist. Ziel ist es, die genetischen Faktoren zu identifizieren, welche die Rebe widerstandsfähig machen, um sie in kommerzielle Sorten einführen und den Anbau sichern zu können (Veröffentlichung in *Plant Physiology*).

### Materie

Am IceCube-Neutrino-Observatorium in der Antarktis haben Forschende erstmals Neutrinos aus der Milchstraße nachgewiesen. Rund 350 internationale Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der IceCube-Kollaboration, an der neben mehreren deutschen Universitäten auch das KIT beteiligt ist, haben mithilfe dieser Neutrinos eine neuartige Abbildung der Milchstraße geschaffen. Die Neutrinos ermöglichen wertvolle Erkenntnisse über hochenergetische Teilchen – die kosmische Strahlung. Obwohl Neutrinos nahezu ungehindert durch Materie dringen, interagieren gelegentlich einige von ihnen mit dem instrumentierten Eisvolumen des Detektors oder seiner Umgebung. Dies kann zur Entstehung von geladenen Elementarteilchen wie Elektronen führen, die Lichtblitze im transparenten Eis erzeugen und somit Rückschlüsse auf die Herkunft der Neutrinos ermöglichen. Die Entdeckung der Neutrinos aus der Milchstraße

bestätigt Vorhersagen aufgrund von Beobachtungen kosmischer Strahlung und energiereicher Gammastrahlung. Über ihre Ergebnisse berichten die Forschenden in *Science*.

### **A.1.2.3 Besondere Vorkommnisse**

#### **Weiterentwicklung des KIT und wichtige Ereignisse**

Am 17. Juni 2023 kamen rund 25.000 Besucherinnen und Besucher zum Tag der offenen Tür an den Campus Nord des KIT, mit dem auch das Karlsruher Wissenschaftsfestival EFFEKTE startete. Das mehr als 200 Einzelangebote umfassende Programm richtete sich an die gesamte Familie und wurde abgerundet von Musik-, Comedy- und Quiz-Einlagen auf der zentralen Showbühne.

Das zweite „Eucor-Städte-Treffen“ fand Mitte Oktober 2023 in Karlsruhe statt. Im Blickpunkt der Veranstaltung stand die Intensivierung der Zusammenarbeit von Universitäten und Städten am Oberrhein (s. Kapitel „Ausbau der internationalen Kooperationen“ unten).

Die Klaus Tschira Stiftung (KTS) errichtete in dreijähriger Bauzeit zwei neue Gebäude für das KIT. Am 9. November 2023 wurde das InformatiKOM feierlich eröffnet. Auf mehr als 10.000 Quadratmetern vereinen die beiden Gebäude fortan Institute der Informatik mit Einrichtungen der Wissenschaftskommunikation und der Angewandten Kulturwissenschaft unter einem Dach. Dabei stehen der Austausch und die Begegnung zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit im Vordergrund. Nutzer des größeren Gebäudes InformatiKOM 1 sind neben Instituten der Informatik das Robot Design Atelier, der Studiengang Wissenschaft-Medien-Kommunikation, das Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale (ZAK) sowie das Nationale Institut für Wissenschaftskommunikation (NaWik). Im kleineren Nebengebäude InformatiKOM 2 ist das Zentrum für digitale Barrierefreiheit und Assistive Technologien, kurz ACCESS@KIT, untergebracht.

Das ambitionierte 100-Professuren-Programm des KIT zeigt Wirkung. Erstmals hat im Jahr 2023 die Zahl der Professorinnen und Professoren am KIT die 400er-Marke überschritten. Durch das 100-Professuren-Programm werden insbesondere drei Arten von (Junior-)Professuren gefördert: Mit den sogenannten Otto-Lehmann-Professuren sollen internationale Spitzenforscherinnen und -forscher für das KIT rekrutiert werden. In einem zweiten Paket richtet das KIT Real-World Lab Professorships ein, das sind Tandem-Professuren, von denen sich die eine mit technologischen Aspekten eines Forschungsfeldes auseinandersetzt, die andere mit der geistes- und gesellschaftswissenschaftlichen Perspektive. Das dritte Paket ist das Vorhaben KIT Excellent Tenure, mit dem die Qualifizierungswege zur Professur, namentlich die Nachwuchsgruppenleitung und eine Juniorprofessur oder eine Tenure-Track-Professur, kombiniert werden. Insgesamt wurden bisher vier Professuren im Otto-Lehmann-Programm besetzt, davon zwei im Jahr 2023. Von den KIT Real-World Lab Professorships sind bisher zwei Tandems berufen. Zum Jahresende 2023 hatte das KIT 24 Tenure-Track-Professorinnen und -Professoren (Frauenanteil: 25 %; internationaler Anteil: 21 %).

Die Bedeutung des Standortes Karlsruhe für das akademische Supercomputing fußt auf einer stetigen Entwicklung: Seit 1983 haben das KIT und seine Vorgängerorganisationen, die Universität Karlsruhe und das Forschungszentrum Karlsruhe, mehr als 30 Hochleistungsrechner betrieben. Vor 40 Jahren wurde schließlich der erste Supercomputer am Rechenzentrum der Universität Karlsruhe installiert – ein Rechner vom Typ Control Data Cyber 205. Weil sich der

Bedarf an Rechenleistung stetig erhöhte, wurden regelmäßig neue Hochleistungsrechner beschafft. Der aktuelle „Hochleistungsrechner Karlsruhe“ (HoreKa) des KIT bringt es auf 17 PetaFLOPS, was der Leistung von mehr als 150.000 Laptops oder rund 21 Millionen Anlagen vom Typ Cyber 205 entspricht.

Im Jahr 2023 feierte das Tritiumlabor Karlsruhe (TLK) sein 30-jähriges Bestehen. Das TLK ist ein Halbtechnikum zur Handhabung und sicheren Einschließung des radioaktiven Wasserstoffisotops Tritium. Mit einer Umgangsgenehmigung für 40 Gramm Tritium und einem momentanen Inventar von rund 30 Gramm ist das Labor mit seinen umfangreichen Infrastruktursystemen und Experimentieranlagen weltweit beinahe einzigartig.

Auch im Jahr 2023 waren am KIT hochrangige Besuche zu verzeichnen: Der baden-württembergische Ministerpräsident Winfried Kretschmann besuchte am 2. Februar 2023 den Exzellenzcluster POLiS und die Forschungsplattform CELEST am Helmholtz-Institut Ulm (HIU), um sich über die Batterieforschung zu informieren. Anlässlich des Inkrafttretens des 2. KIT-Weiterentwicklungsgesetzes zum 1. Januar 2023 feierten die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Bettina Stark-Watzinger, und die Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg, Petra Olschowski, am 20. Februar 2023 gemeinsam mit dem damaligen Präsidenten des KIT, Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, dem Aufsichtsratsvorsitzenden des KIT, Prof. Dr. Michael Kaschke und dem gesamten KIT den Start in ein neues Kapitel. Die Bundesforschungsministerin Bettina Stark-Watzinger kam am 28. Juli 2023 erneut ans KIT. Sie besichtigte Labore und Forschungsanlagen am Institut für Anthropomatik und Robotik und am wbk Institut für Produktionstechnik des KIT (s. Kapitel „Gestaltungsoptionen durch neue gesetzliche Rahmenbedingungen“ und Kapitel „Hochrangige Besuche am KIT“ unten).

Der Molekularbiologe Prof. Dr. Holger Puchta, Joseph Gottlieb Kölreuter Institut für Pflanzenwissenschaften (JKIP), erhielt für seine Arbeit zur gezielten Restrukturierung von Pflanzengenen eine Förderung in einem Reinhart Koselleck-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Mit der MobileCity-App im Projekt MobileCityGame hat ein Konsortium aus Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung, dem KIT und der takomat GmbH einen leistungsstarken Simulator für die Planung von nachhaltigen und finanziell tragfähigen Mobilitätssystemen entwickelt. Das Forschungsprojekt wurde mit dem Deutschen Mobilitätspreis 2023 in der Rubrik „Digital Transformation & Data Driven Mobility“ ausgezeichnet. Der Ulf Grenander Prize 2024 für stochastische Theorie und Modellierung der American Mathematical Society geht an Prof. Dr. Tilmann Gneiting, Wissenschaftlicher Direktor des Heidelberger Instituts für Theoretische Studien und Professor für Computational Statistics am KIT (s. Kapitel „Auszeichnungen, Preise und Berufungen in Ämter, Gremien o.ä.“ unten).

Das KIT und der KIT Freundeskreis und Fördergesellschaft e.V. verliehen die Heinrich-Hertz-Gastprofessur 2023 an Dr. Joachim Nagel. Der gebürtige Karlsruher und Alumnus des KIT ist seit 2022 Präsident der Deutschen Bundesbank. Prof. Dr. Thalappil Pradeep vom Indian Institute of Technology Madras in Chennai erhielt im Jahr 2023 den erstmals vergebenen „International Excellence Award of KIT“ und das „Fellowship of SCHROFF Foundation“ (s. Kapitel „Ausbau der internationalen Kooperationen“ unten).

Der Allgemeine Deutsche Hochschulsportverband (adh) kürte das KIT zur „Hochschule des Jahres 2023“ und würdigte dessen beispielhafte Arbeit und sein großes Engagement an der Hochschule, in der Region und im Verband von der Gesundheitsförderung bis zum Spitzensport. Darüber hinaus lobte der adh das große Engagement in der Ausrichtung von adh-Wettkampfevents sowie bei der regelmäßigen Entsendung von Athletinnen und Athleten

zu nationalen und internationalen Wettkämpfen. Die Auszeichnung verlieh der adh im Rahmen seiner Vollversammlung im November 2023 in München.

### **Beteiligung an nationalen Forschungsinfrastrukturen und Gremien**

Das KIT ist an Aufbau und Betrieb großer Forschungsinfrastrukturen beteiligt, die Forschende weit über das KIT hinaus nutzen. 2023 ging ein neuer Hochleistungsrechner für die Materialforschung am KIT in Betrieb: Mit dem 1,2-Millionen-Euro-Computer können Forschende den strukturellen Aufbau zukünftiger Materialien simulieren und so deren Eigenschaften untersuchen, noch bevor sie in der Realität vorliegen. So können die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler neue Materialien entwickeln, die etwa in der Medizin oder der Energieforschung eingesetzt werden, z.B. wurde die Membran in Corona-Schnelltests durch neue Computermodele verbessert. Die Rechenpower des neuen Supercomputers am KIT entspricht der von 10.000 Laptops.

Am Campus Nord des KIT nimmt das Karlsruhe Center for Optics and Photonics (KCOP) Gestalt an. In dem neu entstehenden hochmodernen Technologiezentrum werden künftig Forschungsgruppen an Themen arbeiten, die Licht beziehungsweise Photonen für vielfältige Anwendungen nutzen. Dazu gehören zum Beispiel hocheffiziente Photovoltaik, 6G-Kommunikation und Glasfasernetze, neuartige Quantensensoren und supraleitende Detektoren sowie extrem schnelle 3D-Bilderfassung und hochauflösende Mikroskopie für die Lebenswissenschaften. Am KIT entsteht hierfür eine international herausragende Technologieplattform mit rund 2.000 m<sup>2</sup> Reinraum- und Laborflächen sowie einem Pool an Geräten. Die Einweihung des 56 Mio. Euro teuren Gebäudes ist für Anfang 2026 geplant.

Die Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) hat das Ziel, Datenschätze in Zukunft besser zu nutzen. Vom 12. bis 14. September 2023 veranstaltete NFDI e.V. in Kooperation mit dem KIT die erste Conference on Research Data Infrastructure (CoRDI) auf dem Campus Süd des KIT. Das KIT ist an elf der 26 Konsortien der NFDI beteiligt. Zuletzt wurden im Jahr 2022 drei neue Konsortien mit Beteiligung des KIT in die Bund-Länder-Förderung aufgenommen. Darüber hinaus ist Prof. Dr. York Sure-Vetter, Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB), seit März 2020 Direktor der NFDI (s. auch Kapitel „Digitalisierung“ unten).

Auch im Jahr 2023 wirkten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT in hochrangigen Gremien mit: So wurde Prof. Dr. Almut Arneth vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Department Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU) zum Mitglied der Europäischen Akademie der Wissenschaften (EURASC) gewählt. Die Gesellschaft Deutscher Chemiker ernannte Prof. Dr. Stefanie Dehnen, Institut für Nanotechnologie (INT), zu ihrer künftigen Präsidentin gewählt. Ihre zweijährige Amtszeit wird sie zum 1. Januar 2024 antreten. Für einen Zeitraum von vier Jahren wurde Prof. Dr. Barbara Deml, Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab), erneut in den Wissenschaftlichen Beirat der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin berufen. Die Versammlung der Leitungen der Mitgliedsuniversitäten von Eucor – The European Campus bestätigte Prof. Dr. Thomas Hirth, Vizepräsident Transfer und Internationales des KIT, als stellvertretenden Eucor-Präsidenten. In den Expertenbeirat „Klimaschutz in der Mobilität“ des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr wurde Dr. Martin Kagerbauer, Institut für Verkehrswesen (IFV), berufen. Die Leiterin des Bereichs I des KIT, Prof. Dr. Andrea Robitzki, wurde für eine weitere Amtsperiode von zwei Jahren in den Beirat für Nachhaltige Bioökonomie der Landesregierung Baden-Württemberg berufen, und Prof. Dr. Wilhelm Schabel, Institut für Thermische Verfahrenstechnik (TVT), wurde bis 2027 zum Präsidenten der European Coating Society (ECS) gewählt. Die Tatsache, dass

zahlreiche Mitglieder des KIT in Gremien und Ausschüssen als Expertinnen und Experten für Themen mit hoher gesellschaftlicher Relevanz berufen werden, unterstreicht die Kompetenz und steigende Sichtbarkeit des KIT als wissenschaftliche Einrichtung, welche Forschung, Lehre und Innovation unmittelbar mit Verantwortung für Gesellschaft und Umwelt verbindet.

## **Neue Leuchtturmprojekte in der Forschung**

### Energie

Die Energiewende in Kommunen ist Thema eines bedeutenden Forschungsvorhabens am KIT. Im Projekt „Die Zukunft der Sektorkopplung auf kommunaler Ebene“ (ZuSkE) haben Expertinnen und Experten für Technikfolgenabschätzung des KIT nach Wegen gesucht, wie die Kopplung von Strom-, Wärme- und Verkehrsinfrastrukturen in Städten und Gemeinden konzipiert und umgesetzt werden kann. Dabei haben sie mit den Kommunen Berlin, Freilassing und Walldorf zusammengearbeitet, einen Katalog mit insgesamt 100 bereits durchgeführten Maßnahmen erstellt und weitere Werkzeuge zur Unterstützung von Kommunen entwickelt. In dem groß angelegten Verbundprojekt „Agile Prozesskette zum direkten Recycling von Lithium-Ionen-Batterien und Regeneration der Aktivmaterialien“ (DiRecReg) geht es um das effizientere Recycling von Lithium-Ionen Batterien. Forschende des KIT und Partner aus Industrieunternehmen haben eine vollständige Prozesskette entwickelt, um gebrauchte Batterien effizienter zu verwerten, in dem sie die aktiven Komponenten funktionserhaltend zurückgewinnen. Synthetische Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien sind notwendig, um die Klimaziele im Verkehr zu erreichen. Die sogenannten reFuels versprechen eine bis zu 90-prozentige CO<sub>2</sub>-Reduktion gegenüber herkömmlichen Treibstoffen. Um den auch zukünftig bestehenden Bedarf im Schwerlast-, Flug- und Schiffsverkehr sowie für die Grundstoffversorgung der chemischen Industrie zu decken, sind entsprechende industrielle Anlagen notwendig. Wie viel reFuels tatsächlich benötigt werden und wie die Grünen Raffinerien der Zukunft beschaffen sein müssen, um sie zuverlässig bereitzustellen, wollen Forschende des KIT und ihre Partner im Projekt REF4FU herausfinden.

### Information

Künstliche Intelligenz ermöglicht ein digitales und vernetztes Datenmanagement in der Bauwirtschaft. Wie nützlich dies vor allem für kleinere und mittlere Unternehmen ist, zeigt das vom KIT koordinierte Projekt „SDaC – Smart Design and Construction“. Das auf eine verlustfreie Informationsweitergabe zwischen Organisationen und Softwaresystemen ausgerichtete Projekt bildet einen wichtigen Forschungsbeitrag zur Mensch-Maschine-Kollaboration.

Moderne cyber-physikalische Systeme (CPS), wie etwa Autos oder Produktionsanlagen, stecken voller elektronischer und mechanischer Komponenten, die von Software gesteuert werden. Da das Gesamtsystem aber nur bei perfektem Zusammenspiel aller Bestandteile funktioniert, stellt sich beim Entwurf solcher Systeme die Herausforderung, die jeweiligen Systemarchitekturen fortwährend konsistent zu halten. Neue Methoden dafür wird der neue SFB 1608 „Konsistenz in der sichtenbasierten Entwicklung Cyber-Physikalischer Systeme“ am KIT entwickeln. Für vier Jahre fließen dabei rund 11 Mio. Euro ans KIT. Sprecher ist Prof. Dr. Ralf Reussner vom KASTEL – Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit. Der rasant steigende globale Ressourcenverbrauch führt laut Global Footprint Network dazu, dass im Jahr 2022 etwa 1,75 Erden notwendig gewesen wären, um ihn zu decken. Forschende des KIT wollen den bisherigen linearen Wirtschaftsansatz „take, make, use, dispose“ (nehmen,

machen, benutzen, entsorgen) grundlegend verändern. Ihr Lösungsansatz besteht in zirkulären Verfahren der Kreislaufwirtschaft: In der Kreislauffabrik werden gebrauchte Produkte möglichst automatisiert so aufgearbeitet, dass sie als Neuprodukte die Fabrik verlassen. Diese Arbeit steht im Fokus des neuen Sonderforschungsbereichs (SFB) 1574 „Kreislauffabrik für das ewige Produkt“ am KIT, den die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) mit rund 11 Mio. Euro fördert. Sprecherin des SFB ist Prof. Dr. Gisela Lanza, Leiterin des wbk Institut für Produktionstechnik.

### Erde und Umwelt

Für Anfang der 2030er Jahre plant die Europäische Weltraumorganisation (ESA) den Start des Satelliten Earth Explorer 11, der in der Umlaufbahn ein tieferes Verständnis der dynamischen Prozesse auf der Erde für die Bewältigung dringender Umweltprobleme ermöglichen soll. Im November 2023 hat die ESA den vom KIT koordinierten Vorschlag CAIRT (changing-atmosphere infrared tomography) nun als einen von zwei verbleibenden Kandidaten für diese Mission ausgewählt. Die finale Entscheidung fällt im Jahr 2025. CAIRT ist eine Art Weltraum-Tomograph, der kontinuierlich die Erdatmosphäre vermisst.

### Mobilität

Automatisiertes Fahren halten Expertinnen und Experten im öffentlichen Nahverkehr auch angesichts des (Fachkräfte-)Mangels an Fahrerinnen und Fahrern ökologisch wie ökonomisch für sinnvoll. Forschende des KIT entwickeln deshalb gemeinsam mit den Stadtwerken München und dem Fahrzeughersteller EBUSCO elektrische Busse für den Linienverkehr in München, die automatisiert einem Lead-Fahrzeug folgen. Erste Prototypen dieses „Platooning“ genannten Konzepts gibt es bereits. Dabei fahren mehrere Fahrzeuge mittels elektronischer Steuerung in engem Abstand hintereinander. Die zukünftigen hochautomatisierten und vernetzten Fahrzeuge benötigen leistungsstarke Computersysteme, die anspruchsvolle Berechnungen ausführen und riesige Datenmengen verarbeiten. Dafür entwickeln 30 Partner aus Industrie und Forschung im Projekt CentralCarServer (CeCaS) geeignete Prozessoren, Schnittstellen und Systemarchitekturen. Das KIT ist mit zwei Instituten an dem von Infineon koordinierten Projekt beteiligt. Ein On-Demand-Verkehrsangebot mit autonomen Shuttlebussen im Hamburger Straßenverkehr entwickelt das Projekt „Autonomes Ridepooling“ (ALIKE), an dem auch Forschende des KIT beteiligt sind. Dadurch sollen Innenstädte entlastet, Emissionen gesenkt und Fahrgästen mehr Flexibilität geboten werden. ALIKE bündelt die Kompetenzen von Mobilitätsanbietern und Partnern aus Fahrzeugindustrie und Wissenschaft. Um die neuen Grenzwerte der EU für Lärmemissionen auch unter realen Verkehrsbedingungen einhalten zu können, erschließen Forschende des KIT mit Partnern aus Industrie, Verwaltung und Wissenschaft im Projekt „Tyre Road Noise“ Maßnahmen, um Reifen-Fahrbahn-Geräusch-Emissionen zu mindern. Dafür entwickeln sie ein datenbasiertes Berechnungsmodell für das Vorbeifahrtgeräusch von Fahrzeugen mithilfe von Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI).

### Mensch und Technik

Das Europäische Parlament hat im Mai 2023 beschlossen, für seine wissenschaftliche Beratung weiterhin auf die Expertise der „European Technology Assessment Group“ (ETAG) zu setzen. Diese Gruppe wissenschaftlicher Einrichtungen aus Deutschland, den Niederlanden,

Österreich, Tschechien, Dänemark, Norwegen und Portugal wird vom Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) koordiniert. Im Juni 2023 beauftragte der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages das ITAS damit, das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) auch in den kommenden fünf Jahren bis 2028 zu betreiben. Das TAB ist eine selbstständige wissenschaftliche Einrichtung, die den Deutschen Bundestag und seine Ausschüsse in Fragen des wissenschaftlich-technischen Wandels berät. Seit 1990 wird das TAB vom ITAS des KIT betrieben. Mit seinen Analysen neuer wissenschaftlich-technologischer Entwicklungen und deren Auswirkungen auf Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft leistet das TAB einen Beitrag zur informierten Entscheidungsfindung politisch Verantwortlicher und zur öffentlichen Meinungsbildung über das Parlament hinaus.

Verschiedene Studien für Kinder und Jugendliche während der Covid-19-Pandemie zeigten, dass diese seltener sportlich aktiv waren, mehr Zeit vor dem Bildschirm verbrachten, einer höheren psychischen Belastung ausgesetzt und insgesamt körperlich weniger fit waren. Ob diese negativen Effekte auch weiterhin anhalten, untersucht nun ein Verbund unter der Leitung des KIT in der neuen COMO-Studie. Ziel ist die ganzheitliche Untersuchung der physischen und psychischen Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Neu ist dabei auch die vollständig digitale Datenerhebung.

### **Weiterentwicklung der Lehre: Zukunftsweisende Projekte und Lernformen**

Im Wintersemester (WS) 2023/24 waren insgesamt 22.816 Studierende am KIT immatrikuliert. Im Vergleich zum Vorjahr (WS 2022/23 = 22.372) ist diese Zahl um 2,0 % gestiegen. Über 5.000 neue Studentinnen und Studenten starteten im Wintersemester 2023/2024 in ihr Studium am KIT. Die Zahl der Studienanfängerinnen und Studienanfänger im 1. Hochschulsemester ist damit im Vergleich zum WS 2022/23 um 7,4 % gestiegen. Damit setzte sich der positive Trend aus dem Vorjahr bei den Studienanfängerinnen und Studienanfängern fort. Die absolute Zahl der ausländischen Studierenden betrug im WS 2023/24 4.805. Sie ist bezogen auf das WS 2022/23 um 6 % gestiegen. Der Anteil der weiblichen Studierenden beträgt 29,7 % und zeigt seit einigen Jahren eine leicht positive Tendenz (WS 22/23: 29,4 % WS21/22: 29,5 %, WS 2020/21: 29,1 %).

Zum Wintersemester 2023/24 starteten am KIT zwei neue Studiengänge „Digital Economics B.Sc.“ und „Digital Economics M.Sc.“, angesiedelt an der KIT-Fakultät für Wirtschaftswissenschaften. Diese Studiengänge ersetzen die Studiengänge „Technische Volkswirtschaftslehre“ B.Sc. und M.Sc., die zum WS2023/24 eingestellt wurden. Die Studiengänge Digital Economics sind national und international mit die ersten, die das Thema Digitalisierung zum organisierenden Leitmotiv machen und mit einem interdisziplinären Ansatz methodisch fundiert vermitteln. Der Bachelorstudiengang Digital Economics ist deutschsprachig angelegt, enthält jedoch auch englischsprachige Pflicht- und Wahlveranstaltungen. Die Regelstudienzeit beträgt drei Jahre. Der auf vier Semester ausgelegte Masterstudiengang ist englischsprachig und enthält deutschsprachige Pflicht- und Wahlveranstaltungen. Langfristig soll der Masterstudiengang auf einen rein englischsprachigen Studiengang umgestellt werden, in den kommenden Jahren soll das englischsprachige Angebot entsprechend ausgeweitet werden.

In der Lernplattform HoCampus finden Studierende gebündelt, produktiv vernetzt und auf den Student Life Cycle abgestimmt die Selbstlern-, Beratungs- und Lehrangebote des House of Competence (HoC) des KIT. So können sie selbstständig die Kurse und Beratungsangebote

des HoC online und interaktiv wahrnehmen. Sogenannte Begegnungsräume erlauben es darüber hinaus, dass Studierende miteinander sowie mit Lehrenden auf Augenhöhe in Austausch treten und kooperativ an gemeinsamen Projekten arbeiten.

Der Studieninformationstag, der am 22. November 2023 stattfand, ist ein fester Bestandteil des Veranstaltungskalenders des KIT. Vormittags wurden über 170 Präsenz- und Hybridveranstaltungen angeboten, ab Mittag ging es mit rund 60 Onlineangeboten weiter. Hierdurch sollten auch Schülerinnen und Schüler außerhalb von Baden-Württemberg nach Schulschluss die Möglichkeit einer Teilnahme erhalten. Rund 3.000 Teilnehmende bestätigten den Erfolg des neuen Formats. Über den ganzen Tag verteilt beantworteten Studierende, Lehrende und Beratende Fragen im Rahmen der Informationsveranstaltungen oder im Netz, um den Studieninteressierten die Wahl eines Studienfachs zu erleichtern.

Gegründet auf Initiative der Zentralen Studienberatung des KIT im Frühjahr 2023, versteht sich das Beratendennetzwerk am KIT als offenes Austauschforum für Personen, die Studierende zu Themen rund um das studentische Curriculum beraten. Beteiligt sind rund 30 Personen aus den KIT-Fakultäten mit Fachstudienberatungen und Prüfungsausschüssen, dem Career Service, dem MINTKolleg und der Dienstleistungseinheit Internationales. Ziele des Netzwerks sind neben Kennenlernen und Vernetzen die Intensivierung der Zusammenarbeit und die Nutzung von Synergieeffekten. Auch gemeinsame Fortbildungen werden im Netzwerk besprochen. Die Netzwerktreffen finden zweimal jährlich, immer im April und Oktober statt.

### **Kooperationen zur Steigerung der Innovationsleistung**

Nachhaltige Lösungen für Mobilität, Energie und die industrielle Produktion präsentierte das KIT auf der Hannover Messe 2023 an den beiden Hauptständen im „Future Hub“ und bei den „Energy Solutions“. Aktuelle Projekte aus der Mobilitätsforschung waren auch am Stand von Baden-Württemberg International zu sehen, und in der Startup Area war das KIT mit insgesamt zehn Ausgründungen vertreten.

Mit dem „TRIANGEL OPEN SPACE“ am Kronenplatz in Karlsruhe öffnet sich das KIT, um den Dialog mit der Gesellschaft zu stärken, eine Brücke zur Wissenschaft zu bauen, Forschung erlebbar zu machen und den Wissens- und Technologietransfer zu fördern. Mit den Wissenswochen hat das TRIANGEL ein neues Format geschaffen, bei dem ausgewählte Themen des KIT über mehrere Tage präsentiert werden. Im Jahr 2023 wurden vier Wissenswochen erfolgreich umgesetzt: Die Wissenswoche Architektur & Bautechnologie lud mit Vorträgen, Diskussionsrunden, einer Ausstellung etc. dazu ein, das Thema „Nachhaltig Bauen“ aus den unterschiedlichsten Perspektiven zu entdecken und mitzugestalten. Unter dem Motto „sicher.sauber.nutzen“ setzte sich die Wissenswoche Umwelt & Ressourcen mit der Frage auseinander, wie unsere Umwelt verantwortungsvoll genutzt werden kann. Zum Erforschen und Mitreden lud die Wissenswoche Mobilität ein. Bei den Tagen der Demokratie wurde der Kronenplatz zum Begegnungsort mit Kunst und Musik sowie Podiumsdiskussionen und Mitmachformaten rund um das Thema Demokratie.

Die KIT-Stiftung, gegründet von Privatpersonen und Unternehmen, möchte die Exzellenz des KIT in Forschung, Lehre, Innovation und Akademisches Leben stärken und es dabei unterstützen, sich als eine weltweit führende Wissenschaftsinstitution zu positionieren. Mit dem im November 2023 erstmalig durchgeführten Stiftungstag wurde den bestehenden Partnern für ihr Engagement gedankt; der Tag bot aber auch weiteren Stiftungen die Gelegenheit, das KIT kennenzulernen. Aus Sicht des KIT war die Resonanz sehr gut, einundzwanzig Stiftungen



waren der Einladung gefolgt. Das abwechslungsreiche Programm beinhaltete neben interessanten Berichten zu verschiedenen Kooperationsprojekten auch spannende Kurzexkursionen zu Forschungsorten auf dem Campus des KIT und eine Reihe von Kurzvorträgen zu verschiedenen Themenbereichen.

Bei Gründungen zählt das KIT seit vielen Jahren zu den führenden Wissenschaftseinrichtungen in Deutschland, aber auch die Stadt Karlsruhe entwickelt sich zu einem attraktiven Gründungsstandort. Die vielfältigen Angebote der KIT-Gründerschmiede tragen hier zur systematischen Stärkung der Gründungskultur bei. Jedes Jahr entscheiden sich mehr als 30 Teams für eine Gründung und die Tendenz ist steigend. Im Jahr 2013 gegründet, gehört die KIT-Gründerschmiede nun zu den größten universitären Gründerzentren Deutschlands. Am KIT fördern die Institute, Professorinnen und Professoren, Mentorinnen und Mentoren sowie Coaches gemeinsam Unternehmergeist und Unternehmenskultur und arbeiten aktiv für den Erfolg der Start-ups. Die PionierGarage e.V., eine Hochschulgruppe für studentische Entrepreneure am KIT, bietet dazu ebenfalls Unterstützung. Am Lehrstuhl für Entrepreneurship und Technologie-Management, dem EnTechnon, werden wissenschaftlich fundierte Inhalte zu Entrepreneurship am KIT vermittelt und für die unternehmerische Praxis aufbereitet.

Im Jahr 2023 erwartete die Besucherinnen und Besucher unter dem schon bekannten Namen „KIT-Karrieremesse“ ein rundum erneuertes Event. An zwei Messetagen konnten sie jeweils ab mittags bis in die Abendstunden direkt vor dem Audimax persönlich und unkompliziert mit Fachleuten aus verschiedensten Unternehmen ins Gespräch kommen und das alles ganz entspannt in lockerer Open-Air-Atmosphäre. Aus erster Hand konnten die Gäste mehr über persönliche Berufswege, Einstiegschancen, Bewerbungsprozesse und freie Stellen erfahren. Das neue Konzept hatte das Ziel, nach drei virtuellen Jahren wieder mehr persönliche Kontakte und Begegnungen auf Augenhöhe zu ermöglichen.

## **Wissenschaftlicher Nachwuchs**

Das Karlsruhe House of Young Scientist (KHYS) fördert und unterstützt den wissenschaftlichen Nachwuchs des KIT bei seinen vielfältigen Aufgaben in Forschung, Lehre und Management. Das KHYS Postdoc Office dient als zentrale Anlaufstelle mit einem breitgefächerten Förderangebot und zahlreichen Services rund um die Postdoc-Phase. Im September 2023 fanden die vierten KHYS Postdoc Days rund um die Themen „wissenschaftliche und außeruniversitäre Karriere“ zum ersten Mal im Rahmen der Postdoc Appreciation Week Germany statt. In diesem Rahmen wurde im September 2023 auch das neue Format „KIT Postdoc Meeting“ eingeführt: eine Netzwerkveranstaltung, deren Inhalte und Themen von Postdocs am KIT selbst bestimmt werden können und die zukünftig drei Mal im Jahr stattfinden wird.

Die Informatikerin Dr. Noémie Jaquier vom Institut für Anthropomatik und Robotik (IAR) des KIT ist eine von zehn Newcomerinnen und Newcomern, die das Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie die Gesellschaft für Informatik e.V. für ihre Forschungsarbeit und ihr außerordentliches Engagement im Bereich der Künstlichen Intelligenz ausgezeichnet haben. Sie erhielt die Auszeichnung als eines der Talente in der Kategorie Technik- und Ingenieurwissenschaften. Ihr Ziel ist es, Roboter auch außerhalb des Labors für Menschen nutzbar zu machen.

Die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses ist eine der zentralen Aufgaben des KIT. Die Emmy-Noether-Nachwuchsgruppen sind ein Förderinstrument der Deutschen Forschungsgemeinschaft. In diesem Programm waren 2023 fünf Forschende des KIT erfolgreich.

Zwei Forschende des KIT erhielten einen ERC-Starting Grant des Europäischen Forschungsrats (European Research Council, ERC). Über das von der Carl Zeiss Stiftung ausgeschriebene CZS NEXUS Programm werden drei Nachwuchsgruppen am KIT unterstützt. Eine weitere Nachwuchsgruppe fördert der deutsche Wetterdienst.

Das Young Investigator Group Preparation Program (YIG Prep Pro) dient der frühen Rekrutierung von hochkarätigen und möglichst internationalen Postdocs, die eine Nachwuchsgruppe einwerben und sich am KIT ansiedeln wollen. Im Jahr 2023 konnte das KIT sieben herausragende junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Ukraine, Brasilien, Bulgarien, Großbritannien, Österreich und Deutschland für das KIT gewinnen.

(Für einen detaillierten Überblick zu den Fördermaßnahmen für Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler am KIT s. Kap. A.1.2.5 „Nachwuchsförderung“ sowie die Abschnitte zum Bund-Länder-Programm in Kap. A.1.2.1 und A.1.2.4.)

### **Ausbau der internationalen Kooperationen**

Die Intensivierung der Zusammenarbeit von Universitäten und Städten am Oberrhein stand im Blickpunkt des zweiten „Eucor-Städte-Treffens“, das Mitte Oktober 2023 in Karlsruhe stattfand. Zu der Zusammenkunft von Spitzenvertreterinnen und -vertretern des trinationalen Eucor-Verbands und seiner Sitzstädte hatten das KIT und die Stadt Karlsruhe eingeladen. Neue Kooperationsfelder zwischen Hochschulen und Städten waren zentrales Thema des Treffens im Karlsruher Rathaus. Vorgestellt wurden unter anderem drei Vorhaben, die „Arbeitsgemeinschaft Nachhaltigkeit“, das „Eisenbahnmanifest der Städte am Oberrhein“ sowie das Großprojekt „Biocampus Oberrhein“.

Am 16. Oktober 2023 wurde das Europäische Quantenzentrum in Straßburg, das als Schwesterinstitut des Instituts für QuantenMaterialien und Technologien des KIT gilt, neu eröffnet. Im ersten deutsch-französischen Institut für Quantentechnologien haben Forschende die Möglichkeit, zusätzliche Forschungsinfrastrukturen wie Labore, Großgeräte und Datenbanken in Anspruch zu nehmen. Als erste Inhaberin einer Brückenprofessur zwischen den zwei Eucor-Mitgliedsuniversitäten forscht und lehrt Prof. Dr. Anja Metelmann vom KIT grenzüberschreitend im Forschungsfeld Quantum Computing des oberrheinischen Hochschulverbunds Eucor – The European Campus. Am 11. Dezember wählte die Versammlung der Leitungen der Mitgliedsuniversitäten von Eucor – The European Campus erneut für drei Jahre Prof. Dr. Andrea Schenker-Wicki, Rektorin der Universität Basel, als Präsidentin von Eucor sowie Prof. Dr. Thomas Hirth, Vizepräsident Transfer und Internationales des KIT, als stellvertretenden Eucor-Präsidenten. Mit dem neuen Strategieplan 2024 bis 2030 bekräftigen die Leitungen der fünf Mitgliedsuniversitäten ihr Bestreben, die Kooperation in Forschung, Lehre und Transfer fortzuschreiben und zu verstetigen. Mit exzellenter Spitzenforschung zum Thema Nachhaltigkeit im Gepäck tourte das mobile Partizipationslabor (MobiLab) des KIT durch Deutschland, Frankreich und die Schweiz und suchte den Austausch mit der Gesellschaft. Vielfältige Themen und Formate des Wissenstransfers waren Gegenstand der Mitmachaktionen für Groß und Klein. Die Eucor-MobiLab-Roadshow wurde unter Federführung des KIT in Kooperation mit den Eucor-Partneruniversitäten sowie der Säule Wissenschaft der Trinationalen Metropolregion Oberrhein umgesetzt. In Karlsruhe war die MobiLab Road Show Teil der KIT Science Week. Das internationale Studien- und Praktikumsprogramm Global Engineering Alliance for Research and Education (GEARE) zwischen der Purdue University, USA, und dem KIT feierte im Jahr 2023 sein 20-jähriges Bestehen. Inzwischen ist auch die Shanghai Jiao Tong University

aus China Teil des Netzwerkes. Die Jubiläumsfeier fand Ende Mai 2023 mit den Partneruniversitäten in Karlsruhe statt: Es fanden sich etwa 200 Alumnae und Alumni, aktuelle Teilnehmende des Programms, Professorinnen und Professoren sowie Studierende des KIT und der Purdue University ein.

Prof. Dr. Thalappil Pradeep vom Indian Institute of Technology Madras (IIT) in Chennai erhielt im Rahmen einer feierlichen Zeremonie Ende November den ersten „International Excellence Award of KIT“ und das „Fellowship of SCHROFF Foundation“. Das KIT würdigt damit den renommierten Chemiker und seine Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Nanowissenschaften sowie die Anwendung neuartiger Nanomaterialien in der Trinkwasserreinigung. In seiner Forschung beschäftigt sich Thalappil Pradeep mit den fundamentalen Eigenschaften metallischer Nanoteilchen und daraus aufgebauter Materialien

Um die Natur der Dunklen Materie zu erforschen, hat die französische Forschungsorganisation Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) gemeinsam mit dem KIT, dem Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) und dem Helmholtz-Zentrum für Schwerionenforschung (GSI) das Dark Matter Laboratory (DMLab) gegründet. Obwohl sie 26 % der Gesamtenergie des Universums ausmacht, ist die Dunkle Materie heute noch hypothetisch und ihre Natur ist unbekannt. Gemeinsam streben die führenden Forschungseinrichtungen aus Frankreich und Deutschland, die ihre Kräfte gebündelt in das DMLab einbringen, danach, die Dunkle Materie zu entschlüsseln und neue Erkenntnisse über die fundamentalen Bausteine des Universums zu gewinnen.

## **Digitalisierung**

Der Verein Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) e.V. mit Sitz in Karlsruhe setzt sich seit seiner Gründung 2020 für ein zukunftsfähiges Management von Forschungsdaten ein. Vom 12. bis 14. September 2023 veranstaltete die NFDI in Kooperation mit dem KIT die erste Conference on Research Data Infrastructure (CoRDI). Die Konferenz bot unter dem Titel „Connecting Communities“ rund 700 Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus verschiedenen Forschungsfeldern, aus dem Infrastrukturbereich und der Wirtschaft zum ersten Mal die Chance, sich bei einem großen Event in Präsenz zusammenzufinden. An drei Tagen gab es wissenschaftliche Vorträge, Diskussionsformate, Poster- und Marktsessions sowie einen öffentlichen Abendvortrag.

Der Verein „Zentren für Kommunikation und Informationsverarbeitung in Lehre und Forschung e.V.“ (ZKI) ist die Vereinigung der IT-Servicezentren der Hochschulen, Universitäten und Forschungseinrichtungen in Deutschland. Hier ist das KIT in der ZKI-Kommission „Cloud“ engagiert. Nach der Erstellung eines Leitfadens und einer Empfehlung zur Nutzung von Cloud-basierten Angeboten im Bildungsbereich wird die Arbeit der Kommission auch im Jahr 2024 fortgesetzt. Sie wird sich mit den Themen Prozesse in der Beschaffung und Betrieb sowie Besonderheiten von Cloud-Leistungen beschäftigen.

Forschungsergebnisse werden mehr und mehr durch Digitalisierungsprozesse geprägt – das gilt sowohl für die Forschungsmethoden als auch für ihre Kommunikation in Wissenschaft und Gesellschaft. Mit dem Fokus auf „Digitale Transformation“ werden FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur und das KIT in vier Forschungsclustern die Auswirkungen der zunehmenden Digitalisierung des wissenschaftlichen Arbeitens interdisziplinär untersuchen und konkrete Lösungen erarbeiten. Dieser WissenschaftsCampus „Digital Transformation in Research“ (DiTraRe) wird vom Senat der Leibniz-Gemeinschaft für zunächst vier Jahre gefördert.

Im Projekt digiMINT (digitalisiertes Lernen in der MINT-Lehrkräftebildung) haben Lehramtsstudierende des KIT an der Digitalisierung der Lehrkräfteausbildung in den MINT-Fächern gearbeitet und vielfältige Möglichkeiten erprobt. Dank des neu eingerichteten, vom Zentrum für Mediales Lernen (ZML) des KIT entwickelten Digital Learning Lab (DLL) und der verstärkten Vernetzung mit externen Partnern können Lehramtsstudierende am KIT auch künftig den Einsatz von digitalen Tools in ihrer Ausbildung testen und integrieren. Am 9. November 2023 fand im TRIANGEL die Abschlussveranstaltung des Projekts digiMINT statt, bei der die erzielten Erfolge und Errungenschaften präsentiert wurden.

## **Nachhaltigkeit**

Mit dem 2023 eingerichteten neuen Präsidiumsressort „Digitalisierung und Nachhaltigkeit“ von Vizepräsidentin Prof. Dr. Kora Kristof hat das KIT 2023 unter anderem die Nachhaltigkeitsgovernance weiterentwickelt und vielfältige Aktivitäten implementiert. Im Basisprojekt Nachhaltigkeit werden aufsetzend auf dem Handlungsfeld Nachhaltigkeit der KIT Dachstrategie KIT 2025 in zwei Jahren in einem breiten Beteiligungsprozess mit Mitarbeitenden und Studierenden spannende Nachhaltigkeitsansätze identifiziert und priorisiert sowie Umsetzungskonzepte und Maßnahmen erarbeitet. So soll das Querschnittsthema Nachhaltigkeit systematisch in die Kernaufgaben Forschung, Lehre und Innovation sowie in das KIT als Institution – vom Arbeitsalltag bis zu den Infrastrukturen – integriert werden. Wichtig ist auch der regelmäßige Dialog mit dem Ende 2022 gegründeten Nachhaltigkeitsrat der Studierenden, mit Mitarbeitenden-Initiativen sowie im Runden Tisch der Nachhaltigkeit. Ein weiterer Fokus liegt auf der Verbindung des Themas Nachhaltigkeit mit der digitalen Transformation (Twin Transformation).

Nachhaltigkeit ist bereits in vielen Forschungsaktivitäten am KIT ein Thema, wie die folgenden zwei Beispiele veranschaulichen: (1) Auf dem Weg zur Nachhaltigkeitstransformation muss der Ressourceneinsatz von endlichen, aber auch erneuerbaren Ressourcen überdacht werden. Als bedeutender Rohstoff für Batteriespeicher ist Lithium zentral für die Elektromobilität. Mit bestehenden Geothermiebohrungen im Oberrheingraben könnte über mehrere Jahrzehnte zuverlässig Lithium gefördert werden, ohne dass diese Rohstoffquelle versiegt. Das zeigen aktuelle Datenanalysen von Forschenden des KIT.

(2) Eine der größten Herausforderungen unserer Zeit ist die weltweite Ernährungssicherung. Der Klimawandel und eine nicht-nachhaltige Bewirtschaftung wird in vielen Regionen für zusätzliche Probleme sorgen. Forschende des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung am Campus Alpin des KIT und des HeiGIT (Heidelberg Institute for Geoinformation Technology) der Universität Heidelberg untersuchten, wie eine sinnvolle Landnutzung unter veränderten Klimabedingungen für die Jahre 2033-2042 und 2090-2099 aussehen könnte. Die angepasste Landwirtschaft würde auch einen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Mit dem „Leitbild für Lehre“ verfolgt das KIT das Ziel, Studierende auf Bewältigung gesellschaftlicher und transformativer Herausforderungen vorzubereiten. Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) ist dabei ein zentraler Baustein. Als umfassendes Bildungsverständnis zielt BNE neben der Vermittlung von (Fach-)Wissen insbesondere auf die Entwicklung einschlägiger, überfachlicher Kompetenzen zur Mitgestaltung einer nachhaltigeren Zukunft und nimmt dabei auch die Lernumgebung an sich in den Blick. Im Basisprojekt Nachhaltigkeit werden im Arbeitspaket zur Lehre unter der aktiven Beteiligung von Studierenden Zukunftsoptionen und Umsetzungskonzepte für BNE erarbeitet und kriteriengestützt priorisiert. Ausgangspunkt sind vielfältige bestehende Angebote und Konzepte des KIT als Lernort für BNE. So nahm die jähr-

liche Frühlingsakademie Nachhaltigkeit des ZAK | Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale 2023 die nachhaltige Landwirtschaft in den Fokus. Das KIT stärkt zudem gemeinsam mit den EUCOR-Universitäten Basel und Freiburg die Vernetzung im Bereich BNE über ein neues gemeinsames Nachhaltigkeitszertifikat. Außerdem bietet das Zentrum für Lehrerbildung in Kooperation mit der KLIMA ARENA Sinsheim als außerschulischem Lernort die „Zusatzqualifikation: BNE für Lehramtsstudierende“ an.

Im Rahmen der Science Week 2023 war das KIT Gastgeber für den erstmalig öffentlichen Helmholtz Sustainability Summit „Nachhaltigkeit durch Dialog gestalten!“, der Workshops mit Best Practices, Vorträgen und Führungen vereinte.

Zum Dialog zwischen Karlsruher Hochschulen und der Stadt lud das KIT beim Workshop „Karlsruher Klimapakt – Hochschulen & Stadt für eine nachhaltige Zukunft“.

Mit dem 2023 gestarteten Innovationscampus Nachhaltigkeit fördert das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst (MWK) Baden-Württemberg eine gemeinsame Initiative von Universität Freiburg und KIT. Zusammen mit Partnern aus Gesellschaft, Wirtschaft, Wissenschaft und Politik werden Projekten in den Bereichen Klimaschutz, Well-being und Ressourcenschonung gefördert, um Innovationssprünge für eine nachhaltige Zukunft zu erzielen.

Die Nachhaltigkeitsstrategie des KIT beinhaltet zentrale Projekte in Betrieb und Infrastruktur, wie die Bauliche Entwicklungsplanung, die über eine städtebauliche Rahmenplanung die bauliche Infrastruktur für Forschung, Lehre und Innovation entwickelt. Auch die in Bezug auf Nachhaltigkeit wichtigen Aktivitäten werden im Abschnitt zur Baulichen Entwicklung dargestellt: PV-Ausbau, Einbau von LED-Beleuchtungen, Grundwassermonitoring, Ladesäulen für Elektrofahrzeuge etc. Zudem wurde die Kantine Casino erfolgreich biozertifiziert und Mehrweggeschirr zum Mitnehmen eingeführt. Auch die Großveranstaltungen des KIT wurden nachhaltiger gestaltet.

## **Hochrangige Besuche am KIT**

Der baden-württembergische Ministerpräsident Winfried Kretschmann besuchte am 3. Februar 2023 den Exzellenzcluster POLiS (Post Lithium Storage), die Forschungsplattform CELEST und das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) am Forschungsstandort Ulm, um sich über die gemeinsame Batterieforschung von KIT und Universität Ulm zu informieren. Bei einem Laborrundgang im Exzellenzcluster verschaffte er sich einen persönlichen Überblick über ein weltweit einmaliges, vordigitalisiertes und vollautomatisiertes Labor zur beschleunigten Materialentwicklung. Thekla Walker, die baden-württembergische Ministerin für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, informierte sich am 16. Februar 2023 bei einem Besuch am KIT über die aktuelle Energie- und Klimaforschung. Den Start in ein neues Kapitel am KIT haben am 20. Februar 2023 die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Bettina Stark-Watzinger, und die Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg, Petra Olschowski, gemeinsam mit dem KIT gefeiert. Das am 1. Januar 2023 in Kraft getretene 2. KIT- Weiterentwicklungsgesetzes stärkt die forschungsorientierte Lehre, das Potenzial für Spitzenforschung sowie den Transfer, und baut zahlreiche administrative Grenzziehungen ab. Der Premierminister des Königreichs Bhutan, Dr. Lotay Tshering, informierte sich am 10. März 2023 über die aktuelle Energie- und Klimaforschung des KIT. Auf der Agenda standen ebenso Gespräche zu bilateralen Kooperationen. Am 3. April 2023 besuchte der Bundesvorsitzende der CDU, Friedrich Merz, das KIT. Begleitet

wurde er unter anderem von Thomas Strobl, Minister für Inneres, Digitalisierung und Migration sowie stellvertretender Ministerpräsident des Landes Baden-Württemberg, und Nicole Hoffmeister-Kraut, Ministerin für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus des Landes Baden-Württemberg. Gemeinsam besichtigten sie die Forschungsanlagen NECOC und Energy Lab 2.0. Anlässlich der Eröffnungsfeier des RoofKIT-Gebäudes auf dem Campus Süd stattete Peter Hauk, baden-württembergischer Minister für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, dem KIT am 28. April 2023 einen Besuch ab. Darüber hinaus interessierte er sich für weitere Forschungsarbeiten zu nachhaltigen Baustoffen und für das Bauen mit Holz, weshalb er auch die Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine des KIT besuchte. Die Energie- und Klimaforschung, das Ingenieurstudium und die Real World Labs als Modelle für Interdisziplinarität standen Ende Juni 2023 im Mittelpunkt des Besuchs einer hochrangigen ungarischen Delegation am KIT. János Csák, Minister für Kultur und Innovation, führte die Gruppe an, die sich mit dem Aufsichtsratsvorsitzenden Prof. Michael Kaschke, dem Präsidium des KIT und Forschenden austauschte. Die Bundesforschungsministerin Bettina Stark-Watzinger kam am 28. Juli 2023 erneut ans KIT. Sie besichtigte Labore und Forschungsanlagen am Institut für Anthropomatik und Robotik und am wbk Institut für Produktionstechnik des KIT, um sich über Zukunftsthemen wie Robotik, Künstliche Intelligenz und nachhaltige Produktion zu informieren. Am 5. Oktober 2023 verliehen das KIT und der KIT Freundeskreis und Fördergesellschaft e.V. (KFG) die Heinrich-Hertz-Gastprofessur 2023 an Dr. Joachim Nagel, den Präsidenten der Deutschen Bundesbank. Er hielt am KIT einen öffentlichen Vortrag über die Rolle des Euro für Bürgerinnen und Bürger, Politik und Zentralbank. In ihrer Rolle als Abgeordnete der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen besuchten Cem Özdemir, Bundesminister für Ernährung und Landwirtschaft, und Christian Kühn, Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, am 25. November 2023 das KIT. Dabei informierten sie sich am Institute for Advanced Membrane Technology (IAMT) über Technologien zur Wasseraufbereitung, insbesondere über die Entfernung von Spurenschadstoffen. Zum Auftakt des Projektes „Tyre Road Noise“, in dem Forschende des KIT in Zusammenarbeit mit Partnern ein neuartiges Berechnungsmodell zur Minderung von Reifen-Fahrbahn-Geräusch-Emissionen entwickeln, übergab Michael Theurer, Parlamentarischer Staatssekretär beim Bundesminister für Verkehr und Digitales, am 18. Dezember 2023 die Förderurkunde an das Konsortium.

## **Unterstützung Geflüchteter**

Auch im zweiten Jahr nach Beginn des russischen Angriffskriegs gegen die Ukraine verzeichnete das KIT eine hohe Anzahl von Anfragen geflüchteter ukrainischer Schülerinnen und Schüler, Studierender und Forschender.

Das zentrale Ukraine-Webportal der DE Internationales war weiterhin online verfügbar und soll in naher Zukunft zu einem allgemeinen Krisenportal weiterentwickelt werden. Die Koordinationsstelle für Geflüchtete und Migrantinnen und Migranten beriet und informierte sowohl per E-Mail als auch in einer wöchentlichen Sprechstunde zahlreiche Studieninteressierte und auch geflüchtete Akademikerinnen und Akademiker, die sich auf dem deutschen Arbeitsmarkt orientieren möchten. Das Hauptherkunftsland war nach wie vor die Ukraine, aber es kamen auch Menschen aus der Türkei, dem Iran, Syrien, Afghanistan und anderen Ländern (durchschnittlich zehn Personen pro Woche). Mithilfe der finanziellen Unterstützung aus den DAAD-Programmen „Integra“ und „Welcome“ zur Integration von Geflüchteten an Hochschulen sowie auch mit Mitteln der Christian Bürkert Stiftung konnte das Gasthörendenprogramm am KIT

aufrechterhalten werden. In diesem Rahmen können durchschnittlich zehn geflüchtete Menschen pro Semester Sprachkurse am KIT besuchen, die KIT-Bibliothek nutzen, an interkulturellen Veranstaltungen teilnehmen und mit Beratungsangeboten auf ihrem Weg ins Studium begleitet werden. Seitdem die Jobcenter im Herbst 2023 die Finanzierung von B2-Kursen für ukrainische Geflüchtete eingestellt haben, ist eine Erhöhung der Nachfrage am KIT spürbar. Das International Scholars and Welcome Office (IScO) berät am KIT über Finanzierungsmöglichkeiten für gefährdete und geflüchtete Forschende. Darüber hinaus unterstützt das IScO die Zielgruppe bei der Suche von akademischen Mentoren um diese mit den hilfsbedürftigen Forschenden aus Krisenregionen zusammen zu bringen.

Die beiden ukrainischen Forschenden, die über die Sonderlinie „Ukraine“ der Philipp Schwartz-Initiative gefördert wurden, haben bereits außerhalb des Programms eine Anstellung gefunden. Darüber hinaus konnte für eine weitere ukrainische Forscherin ein Stipendium über die Philipp Schwartz Initiative beantragt werden. Das Stipendium ermöglicht die Fortführung ihrer wissenschaftlichen Karriere am KIT. Zwei weitere Forschende konnten über andere Programme ihre Forschung am KIT aufnehmen.

### **Auszeichnungen, Preise und Berufungen in Ämter, Gremien o.ä.**

Zahlreiche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT wurden im Jahr 2023 mit hohen Preisen ausgezeichnet. So erhielt der Molekularbiologe Prof. Dr. **Holger Puchta**, Joseph Gottlieb Kölreuter Institut für Pflanzenwissenschaften (JKIP), für eine Arbeit zur gezielten Restrukturierung von Pflanzengenomen eine Förderung in einem **Reinhart Koselleck-Projekt** der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Das Vorhaben ist auf fünf Jahre ausgelegt und wird mit insgesamt 1,22 Mio. Euro gefördert.

Prof. Dr. **Tilman Gneiting**, Wissenschaftlicher Direktor des Heidelberger Institut für Theoretische Studien (HITS) und Professor für Computational Statistics am KIT, wurde mit dem **Ulf Grenander Prize 2024** für stochastische Theorie und Modellierung der American Mathematical Society ausgezeichnet.

Mit der **MobileCity-App** im Projekt MobileCityGame hat ein Konsortium aus Fraunhofer ISI, Fraunhofer IOSB, dem KIT und der takomat GmbH einen leistungsstarken Simulator für die Planung von nachhaltigen und finanziell tragfähigen Mobilitätssystemen entwickelt. Das Forschungsprojekt wurde mit dem **Deutschen Mobilitätspreis 2023** in der Rubrik „Digital Transformation & Data Driven Mobility“ ausgezeichnet.

Prof. Dr. **Tabea Arndt**, Institut für Technische Physik (ITP), wurde vom IEEE Council on Superconductivity mit dem **Award for Continuing and Significant Contributions in the Field of Applied Superconductivity** ausgezeichnet.

Prof. Dr. **Almut Arneth**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Department Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU), wurde zum **Mitglied der Europäischen Akademie der Wissenschaften (EURASC)** gewählt.

Von der Royal Society of Chemistry wurde Prof. **Christopher Barner-Kowollik**, Institut für Nanotechnologie, mit dem **2023 Centenary Prize** ausgezeichnet.

Zwei Forscher des KIT erhielten **ERC Consolidator Grants**: Tenure-Track-Prof. Dr. **Ulrich W. Paetzold** und Emmy-Noether-Nachwuchsgruppenleiter Dr. **Frank Biedermann** warben rund zwei Mio. Euro für Forschungen zu Photovoltaik und Medizindiagnostik ein.

Für die Entwicklung eines Erfrischungsgetränks aus Giersch und Brennnessel haben **Richy Bergmann, Bianka Bohnacker, Jonathan Noll, Laurids Pernice** und **Felix Tham**, Studierende des Chemie- und Bioingenieurswesens sowie der Lebensmittelchemie den Ideenwettbewerb **ECOTROPHELIA Europe** gewonnen.

Prof. Dr. **Georg Bretthauer**, ehemaliger Leiter des Instituts für Automation und angewandte Informatik (IAI), wurde mit der Grashof-Denkmünze des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) für sein berufliches Lebenswerk ausgezeichnet. Die Grashof-Denkmünze ist die höchste Auszeichnung des VDI.

Zum **Vorsitzenden des Komitees für Beschleunigerphysik** (KfB) und zum Stellvertretenden Vorsitzenden des Overview Board (OB) von DIG-UM (Digital transformation in the research on universe and matter) wurde Dr. **Erik Bründermann**, Institut für Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT) ernannt.

**Alice Carré**, Absolventin des binationalen Studiengangs Maschinenbau am KIT und am Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, wurde mit dem **Exzellenzpreis der Deutsch-Französischen Hochschule (DFH)** ausgezeichnet.

Dr. **Christian Chwala**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU), erhielt den **Advances in Atmospheric Sciences 2023 Editor's Award**. Die Royal Society of Chemistry zeichnete Prof. Dr. **Stefanie Dehnen**, Institut für Nanotechnologie (INT), mit der **RSC/GDCh Alexander Todd-Hans Krebs Lectureship in Chemical Sciences** aus. Außerdem wählte die Gesellschaft Deutscher Chemiker Prof. Dr. **Stefanie Dehnen** in der konstituierenden Sitzung des neuen GDCh-Vorstands einstimmig zur künftigen Präsidentin. Ihre zweijährige Amtszeit beginnt am 1. Januar 2024.

Prof. Dr.-Ing. **Barbara Deml**, Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab), wurde für den Zeitraum von vier Jahren erneut in den Wissenschaftlichen Beirat der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin berufen.

Für sein NECOC-Verfahren wurde das Team um **Benjamin Dietrich**, Institut für Thermische Verfahrenstechnik (ITV), mit dem **Gips-Schüle-Forschungspreis** ausgezeichnet.

Der **Landeslehrpreis 2023** in der Kategorie „Innovation/Transformation“ wurde Tenure-Track Prof. **Moritz Dörstelmann**, Institut Entwerfen und Bauen (IEB), verliehen.

Prof. Dr. **Maximilian Fichtner**, Helmholtz-Institut Ulm, wurde mit dem **Ulmer Köpfchen** für die Forschung an lithiumfreien Batterien für eine nachhaltige Energiespeicherung ausgezeichnet.

Die Mathematikerin Dr. **Martha Maria Frysztacki**, die am Institut für Automation und angewandte Informatik (IAI) promovierte, und die Informatikerin **Katharina Flügel** von der „Helmholtz AI Local Unit Energy“ am KIT erhielten für ihre Dissertation bzw. Masterarbeit den **Erna-Scheffler-Förderpreis** des Soroptimist International Club Karlsruhe.

Bei der jüngsten Ausschreibung für die **Starting Grants** des Europäischen Forschungsrats (ERC) waren zwei Nachwuchsforschende des KIT mit ihren Projekten erfolgreich: Prof. Dr. **Kathrin Gerling**, Institut für Anthropomatik und Robotik (IAR), und Tenure-Track-Professor Dr. **Philip Willke** vom Physikalischen Institut (PHI).

Prof. Dr.-Ing. **Alexander Grünberger**, Leiter der Forschungsgruppe Mikrosysteme in der Bioverfahrenstechnik am Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik (IBVT), erhielt den **B&B Daniel I.C. Wang Award**.

Die Eberhard-Schöck-Stiftung hat zwei ehemalige Studierende des KIT für ihre Masterarbeiten mit dem **Schöck Bau-Innovationspreis** ausgezeichnet. **Peter Haase**, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine (VAKA), erhielt den Preis für seine Arbeit „Experimentelle und numeri-



sche Untersuchungen zum Trag- und Verbundverhalten von Holz-Stahl-Hybridbauteilen“. **Johanna Stähle**, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie (IMB), wurde für „Modellbildung von Windkraftanlagen für die modalbasierte Schädigungsanalyse“ ausgezeichnet.

Prof. Dr.-Ing. **Holger Hanselka**, damaliger Präsident des KIT, wurde mit dem **Kulturpreis für Völkerverständigung** ausgezeichnet. Der Preis würdigt den Einsatz von Hanselka für die Internationalisierung der Forschungsuniversität und die Flüchtlingshilfe am KIT.

Dr. **Bastian Härer** wurde als Vertreter der Universitäten in das **Komitee für Beschleunigerphysik** (KfB) gewählt.

Dr. **Andreas Haungs**, Institut für Astroteilchenphysik (IAP), wurde im Mai 2023 zum Sprecher des **NFDI-Konsortiums PUNCH4NFDI** gewählt.

Innerhalb des **Förderprogramms CZS Nexus der Carl-Zeiss-Stiftung** erhalten drei Nachwuchswissenschaftlerinnen des KIT jeweils rund 1,5 Mio. Euro für eine Dauer von bis zu fünf Jahren. Dr. **Nadja Alina Henke**, Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik (BLT), Dr. **Gözde Kabay**, Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG), und Dr. **Jingyuan Xu**, Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT).

Die Versammlung der Leitungen der Mitgliedsuniversitäten von Eucor – The European Campus hat Prof. Dr. **Thomas Hirth**, Vizepräsident Transfer und Internationales des KIT, als **stellvertretenden Eucor-Präsidenten** bestätigt.

Prof. Dr. **Marlis Hochbruck**, Institut für Angewandte und Numerische Mathematik (IANM), wurde ab 1. Januar 2023 für vier Jahre als Mitglied in das „Scientific Advisory Board“ des Mathematischen Forschungsinstituts Oberwolfach berufen.

**Michaela Hofbauer**, Absolventin der FH Oberösterreich und der FH Gesundheitsberufe OÖ, wurde für ihre Masterarbeit am Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE) des KIT mit dem **Würdigungspreis des Wissenschaftsministeriums (Österreich)** ausgezeichnet.

Die Deutsche Keramische Gesellschaft würdigte Prof. Dr. **Michael J. Hoffmann**, Institut für Angewandte Materialien – Keramische Werkstoffe und Technologien (IAM-KWT), mit der Verleihung der **Seeger-Plakette**.

Beim Best Scientific Image Contest von Helmholtz Imaging wurden Dr. **Gan Huang** und Prof. Dr. **Bryce Richards**, Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT), auf den ersten Platz des **Public Choice Award** gewählt. Sie erhielten den Preis für ihr Bild „Small-pyramids Harvesting Big-universe Energy Lung health and immunity“.

Dr. **Gan Huang** (Institut für Mikrostrukturtechnik) wurde außerdem als einer von 35 „**Innovators Under 35 Europe 2023**“ von der MIT Technology Review Konferenz „EmTech Europe“ ausgewählt.

Anfang September nahm **Felix Huber**, im 3. Ausbildungsjahr zum technischen Produktdesigner am KIT, erfolgreich an der Europameisterschaft der Berufe in Danzig, Polen, teil. In der Disziplin Mechanical Engineering CAD gewann er eine **Medal of Excellence** für herausragende Leistungen.

Dr. **Alik Ismail-Zadeh**, Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW), wurde als Vorsitzender der Kommission für mathematische Geophysik der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) wiedergewählt.

Dr. **Noémie Jaquier**, Institut für Anthropomatik und Robotik (IAR), ist eine von zehn Newcomerinnen und Newcomern, die das Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie die Gesellschaft für Informatik e.V. für ihre Forschungsarbeit und ihr außerordentliches Engagement im Bereich der Künstlichen Intelligenz ausgezeichnet haben.

In den **Expertenbeirat „Klimaschutz in der Mobilität“** des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr wurde Dr. **Martin Kagerbauer**, Institut für Verkehrswesen (IFV), berufen.

Prof. Dr. **Christian Koos**, Institut für Photonik und Quantenelektronik (ETIT), warb einen ERC Proof of Concept Grant für das Projekt „Agile Ultra-Scale Communications Using Optical Arbitrary Waveform Generation and Measurement“ (kurz TeraGEAR) ein.

Zum fünften Mal ist der Schelling Studienpreis der Schelling Architekturstiftung an der KIT-Fakultät für Architektur verliehen worden. Der mit 2.000 Euro dotierte Hauptpreis ging an **Silvi Kociu** für ihre Masterarbeit zum Thema „Sanddeponierung im Hamburger Spreehafen“.

Für eine **Förderung im Fellowship-Programm für digitale Hochschullehre Baden-Württemberg** wurde Prof. Dr.-Ing. **Anne Koziolk**, Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit (KASTEL), gemeinsam mit Prof. Dr.-Ing. Steffen Becker, Universität Stuttgart, ausgewählt. Das Programm des Stifterverbands und des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst in Baden-Württemberg fördert 14 Hochschul-Tandems mit je maximal 50.000 Euro. Dr. **Emil Kraft**, Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP) erhielt den **EEX Group Excellence Award** für sein Paper zum Thema „Stochastic optimization of trading strategies in sequential electricity markets“.

Mit dem **Hertha-Sponer-Preis** ausgezeichnet wurde Dr. **Belina von Krosig**, Institut für Astroteilchenphysik (IAP), für ihre fundamentalen Beiträge zur direkten Suche und zum Verständnis von Dunkler Materie durch die Weiterentwicklung von Modellen sowie der methodischen und analytischen Techniken zur Detektion kleinster Signale.

Der Europäische Forschungsrat (ERC) zeichnete Prof. Dr. **Uli Lemmer**, Lichttechnisches Institut (LTI), mit einem **Advanced Grant** aus. Im Projekt ORTHOGONAL soll ein kostengünstiges und skalierbares Verfahren zur Herstellung thermoelektrischer Generatoren entwickelt und erprobt werden. Der ERC fördert das Vorhaben in den nächsten fünf Jahren mit 2,4 Mio. Euro.

Dr. **Sebastian Lins**, Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIFB), wurde für seine Dissertation mit dem **ACM SIGMIS Doctoral Dissertation Award** ausgezeichnet. Er ist der erste Doktorand aus Deutschland, der diesen Preis erhielt.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft nahm Dr. **Maryna Meretska**, Institut für Nanotechnologie (INT), in das Emmy Noether-Programm auf. Sie leitet am KIT die Emmy Noether-Gruppe „Holografische Videoanzeige in Echtzeit: Meta-SLM“.

Für ihre Masterarbeit wurde **Sophia Merkel**, Institut für Technikzukünfte (ITZ), mit dem **Zukunftspreis Kommunikationsgeschichte** der Deutschen Gesellschaft für Publizistik- und Kommunikationswissenschaft e.V. ausgezeichnet.

**Allen Mohammadi**, Institut für Entrepreneurship, Technologie-Management und Innovation (EnTechnon), gewann mit seinem Start-up PlasticFri® bei der Lee Kuan Yew Global Business Plan Competition der Singapore Management University den **INFINITY-Award**.

**Luis Mugele**, Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik (IBF), wurde für seine Masterarbeit von der Ingenieurkammer Baden-Württemberg mit dem Young Engineers Award ausgezeichnet.

Prof. Dr. **Anke-Susanne Müller**, Institut für Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT), wurde in das **CERN Machine Advisory Committee** (CMAC) aufgenommen. Außerdem wurde Anke-Susanne Müller in die Arbeitsgruppe „Accelerator Science“ der International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) berufen.

Die **nanoshape GmbH**, eine Ausgründung aus dem KIT, hat für ihre Oberflächentechnik gegen Entzündungen in Implantaten den mit 20.000 Euro dotierten **Jurypreis des Innovationspreises NEO2023** der TechnologieRegion Karlsruhe gewonnen.

Von der Society for Geology Applied to Mineral Deposits erhielt Dr **Clifford Patten**, Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW) (jetzt Universität Innsbruck), den **SGA-Young Scientist Award 2023**.

Dr. **Eva Pauli**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Department Atmosphärische Spurengase und Fernerkundung (IMK-ASF) / Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (IPF), wurde für ihre Dissertation mit dem **Wilhelm-Lauer-Preis** der Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz ausgezeichnet.

**Quoc Hung Pham**, Institut für Technische Physik (ITEP), erhielt anlässlich der diesjährigen EUCAS-Konferenz den **Young Researcher Prize** für Promovierende unter 30 Jahren.

Prof. Dr. **André Platzer**, KASTEL – Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit, wurde für seine Forschung zur Sicherheit von Computer-Assistenzsystemen mit der Alexander von Humboldt-Professur, dem höchstdotierten deutschen Forschungspreis, ausgezeichnet.

Für eine weitere Amtsperiode von zwei Jahren wurde Prof. Dr. **Andrea Robitzki**, Leiterin des Bereichs I des KIT, in den **Beirat für Nachhaltige Bioökonomie** der Landesregierung Baden-Württemberg berufen.

Im November 2023 wurde Dr. **Markus Roth**, Institut für Angewandte Physik (IAP), zum **Co-Spokesperson der Pierre Auger Collaboration** gewählt.

Dr. **Christian Scharun**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Spurengase und Fernerkundung (IMK-ASF), gewann im März 2023 den Heidelberger Science Slam und den Münchner Science Slam.

Das Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme und die Fakultät Physik der TU Dresden haben Prof. Dr. **Jörg Schmalian**, Institut für Theorie der kondensierten Materie (TKM), mit dem **Physik-Preis Dresden** ausgezeichnet.

Prof. Dr.-Ing. **Wilhelm Schabel**, Arbeitsgruppe Technologie dünner Schichten am Institut für Thermische Verfahrenstechnik (TVT) und Principal Investigator am Exzellenzcluster POLiS, wurde bis 2027 zum **Präsidenten der European Coating Society (ECS)** gewählt.

Der **Award for outstanding achievements in biometeorology** wurde von der American Meteorological Society an Prof. Dr. **Hape Schmid**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU) verliehen.

MathSEE-Doktorand **Benedikt Schulz** wurde auf der Generalversammlung der European Geosciences Union 2022 in München mit dem **Outstanding Student and PhD candidate Presentation (OSPP) Award** ausgezeichnet.

Prof. Dr. **Frank Simon**, Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE), wurde in den **Gutachterausschuss „Teilchen“** des Bundesministeriums für Bildung und Forschung für den Zeitraum von 2024 bis 2027 berufen.

Mit dem **Landesverdienstorden Baden-Württemberg** wurde Prof. Dr. **Uwe Spetzger**, Honorarprofessor am Institut für Anthropomatik und Robotik sowie Direktor der Klinik für Neurochirurgie am Klinikum Karlsruhe, ausgezeichnet. Die Auszeichnung erhielt er vom baden-württembergischen Ministerpräsidenten Winfried Kretschmann für seine Verdienste im Rahmen der Corona-Pandemie, insbesondere für seinen Einsatz beim Transfer französischer Patientinnen und Patienten zur intensivmedizinischen Behandlung.

Dr. **Xiaofei Sun**, Institut für Anorganische Chemie, wurde für ihre Dissertation am KIT mit dem **Südwestmetall-Förderpreis für Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler** ausgezeichnet.

Die Gesellschaft für Datenschutz und Datensicherheit (GDD) hat Dr. **Scott Thiebes**, Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren (AIBF), für seine Dissertation mit dem **Dissertationspreis 2023** im Bereich IT-Sicherheit ausgezeichnet.

Am 24. Januar 2022 beschloss das Scientific Council der V.N. Karazin Kharkiv National University, in Kharkiv, Ukraine, Prof. Dr. **Manfred Thumm** vom Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik (IHM) aufgrund der jahrelangen erfolgreichen Zusammenarbeit auf

dem Gebiet der Plasmaphysik mit der **Ehrendoktorwürde** auszuzeichnen. Wegen des Krieges in der Ukraine wurde die Urkunde am 9. März 2023 in einer Feierstunde im Senatssaal des KIT durch Igor Girka, Dekan der dortigen School of Physics and Technology, überreicht.

**Jonas Ullmann**, Engler-Bunte-Institut (EBI), Institutsteil Wasserchemie und Wassertechnologie, hat den **DVGW-Studienpreis Wasser** des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW) erhalten.

**Valoon**, ein Start-up des KIT, hat den **Gründungspreis** beim Gründungswettbewerb „Digitale Innovationen“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz gewonnen.

Dr. **Bernhard Vogel**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung - Department Troposphärenforschung (IMK-TRO), wurde mit dem **European Aerosol Assembly Award 2023** ausgezeichnet. Der Preis würdigt Vogels wissenschaftliches Leben und die herausragenden Leistungen auf dem Gebiet der Aerosolforschung und -technologie.

Der Leiter des Arbeitsbereiches Interdisziplinäre Didaktik am Institut für Schulpädagogik und Didaktik (ISD), Junior-Prof. Dr. **Ingo Wagner**, wurde mit seinem Team für das Lehr-Lern-Labor „MINT in Bewegung“ beim **Lernort-Labor-Preis 2023** in der Rubrik MINT-Bildung für Lehrkräfte mit dem zweiten Platz ausgezeichnet.

Die von der Japan Society of Applied Physics ausgerichtete Microoptics Conference (MOC) hat Prof. Dr. **Martin Wegener**, Institut für Angewandte Physik (APH), für bahnbrechende Beiträge zur Erforschung der additiven 3D-Fertigung von Metamaterialien mit einem **MOC Award** geehrt.

Prof. Dr. **Christof Weinhardt**, Institut für Wirtschaftsinformatik und Marketing (IISM), wurde vom Senat der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern Landau für weitere drei Jahre zum Mitglied ihres externen Forschungsbeirats berufen.

Der Europäische Forschungsrat (ERC) hat das internationale Projekt „Quantum Technologies for Axion Dark Matter Search“, kurz DarkQuantum, zur Förderung mit einem **ERC Synergy Grant** ausgewählt. An dem Projekt ist der Physiker Prof. Dr. **Wolfgang Wernsdorfer** vom Physikalischen Institut (PHI) als leitender Forscher beteiligt.

Tenure-Track-Prof. Dr. **Philip Willke**, Physikalisches Institut (PHI), wurde von der Hector Fellow Academy mit dem **Hector Research Career Development Award** ausgezeichnet. Der Preis fördert besonders talentierte junge Forschende aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften, der Medizin oder der Psychologie, die ihr wissenschaftliches Profil bereits geschärft und ihren ersten Karriereschritt gemacht haben.

Dr. **Joachim Wolf**, Institut für Astroteilchenphysik (IAP), wurde zum **Vizepräsidenten der Deutschen Vakuum Gesellschaft** (DVG) gewählt.

Die Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für nachhaltige Energieträger, Mobilität und Kohlenstoffkreisläufe e. V. (DGMK) hat Tenure-Track-Prof. **Moritz Wolf**, Institut für Katalysatorforschung und -technologie (IKFT), den **Carl-Zerbe-Preis für Nachwuchswissenschaftler** verliehen.

Dr. **Jingyuan Xu**, Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT), erhielt im Rahmen der IIR Young Researchers' Awards 2023 den **Sadi Carnot Award** des International Institute of Refrigeration (IIR).

Dr.-Ing. **Karl-Friedrich Ziegahn**, ehemaliger Leiter des Bereichs IV Natürliche und gebaute Umwelt und Distinguished Senior Fellow des KIT, wurde zum **Vorsitzenden des Universitätsrats der Universität Augsburg** gewählt.

#### **A.1.2.4 Planungen des laufenden und des kommenden Jahres**

##### **Dachstrategie KIT 2025**

Aus strategischer Sicht war das Jahr 2023 von den Entwicklungen im Handlungsfeld Digitalisierung maßgeblich geprägt. So konnte etwa das Leitprojekt New Work bereits abgeschlossen werden. Auch die Arbeit an den weiteren vier Leitprojekten im Handlungsfeld Digitalisierung schreitet voran. Mit dem Amtsantritt der Vizepräsidentin für Digitalisierung und Nachhaltigkeit, Prof. Dr. Kora Kristof, startete 2023 die Umsetzung des Handlungsfeldes Nachhaltigkeit. Im Handlungsfeld Transfer, welches aus dem Handlungsfeld Innovation heraus weiterentwickelt wurde, wurde das Leitprojekt „Transferstrategie“ auf den Weg gebracht.

Zentral für das KIT im Jahr 2023 war zudem das Projekt „Aufbau eines Controllings von nicht-wissenschaftlichen Aufgaben in den direkt an PS-Mitglieder oder eine Serviceeinheit angebundenen OEs des KIT“ aus dem Ressort Finanzen, Personal und Infrastruktur unter Leitung des Vizepräsidenten Michael Ganß, welches auch 2024 fortgeführt werden wird.

Das bereits im Jahr 2020 gestartete Projekt „Etablierung eines kontinuierlichen Strategieprozesses Forschung“ zur Zusammenführung der verschiedenen forschungsrelevanten strategischen Stränge am KIT (Exzellenzstrategie, Programmorientierte Förderung (PoF) sowie Strategie- und Entwicklungsplan (SEP)) war auch 2023 von großer Bedeutung. Ziel ist die Entwicklung einer langfristigen KIT-Forschungsstrategie mit den zentralen Fragestellungen: Wo steht das KIT, wo soll es perspektivisch hingehen, und welches sind der zentrale Fokus und das Alleinstellungsmerkmal des KIT? Der entsprechende Prozess wurde im April 2023 gestartet.

Im Rahmen der Exzellenzstrategie wurden 2023 auf Basis der im Februar erfolgten Zwischenevaluation Weiterentwicklungen und Umsteuerungen auf Vorhabensebene angestoßen, das Monitoring von ExU mit Blick auf die Handlungsfelder ausgebaut und die Schwerpunktsetzung und Weichenstellung für ExU II begonnen.

2023 war ein ereignisreiches Jahr: Die meisten Projekte der Dachstrategie KIT 2025 kamen zu ihrem Ende und viele Vorhaben in den neuen Handlungsfeldern Transfer, Digitalisierung und Nachhaltigkeit mit einem Zeithorizont bis 2030 sind bereits projektiert.

##### **Exzellenzstrategie**

##### **Exzellenzstrategie – Exzellenzuniversität**

Die weiteren Planungen bei der Umsetzung des Antrags Exzellenzuniversität halten stets die vier formulierten Ziele im Blick: 1) Leistungsfähigkeit und Agilität in der Spitzenforschung erhöhen, 2) Bewusstsein für Verantwortung ausprägen, 3) Attraktivität für den exzellenten wissenschaftlichen Nachwuchs steigern und 4) Institutionellen Kulturwandel auf Basis der Dachstrategie KIT 2025 fördern.

Durch die Vorhaben der Exzellenzuniversität und das 100-Professuren-Programm konnte das KIT seit Beginn der Förderung als Exzellenzuniversität nicht nur die Anzahl der Professuren und Juniorprofessuren am KIT von 368 auf 414, sondern auch den Anteil von Wissenschaftlerinnen an der Gesamtzahl der Professuren von 14% auf 20% erhöhen. Ein wichtiges Instrument hierbei ist die Erhöhung des Berufungsbudgets im Rahmen von Gender Equity zur Ausstattung exzellenter neu berufener Professorinnen. Bislang wurden 13 Kandidatinnen gefördert. Um die Position des KIT im Wettbewerb um exzellente Wissenschaftlerinnen weiterhin

zu untermauern, sind für dieses Exzellenzuniversitätsvorhaben zusätzliche Mittel in den Folgejahren allokiert. Flankierend werden weitere Bausteine für die aktive Rekrutierung von Forscherinnen entwickelt. Dabei hat sich der Fokus weg von einem Female Academic Network hin zur Einrichtung einer Landingpage und der Erarbeitung eines Rekrutierungsleitfadens verschoben.

Von insgesamt vier geplanten KIT Real-World Lab-Professuren-Tandems (acht Professuren) konnten bereits vier Positionen mit zwei Professorinnen und zwei Professoren besetzt werden. Beim dritten Reallabor, „Echtzeitentscheidungen bei riskantem Nichtwissen in der Impactvorhersage von Extremereignissen“, ist es zu deutlichen Verzögerungen gekommen, die Besetzung beider Professuren ist nun für Ende 2024/Anfang 2025 geplant.

Als Keimzelle für die zunehmende Ausbildung und Entfaltung des Verantwortungsgedankens am KIT fungiert die im Zuge der Exzellenzuniversität eingerichtete Academy for Responsible Research, Teaching and Innovation (ARRTI). Wie in den Jahren zuvor sind auch für 2024 zahlreiche Veranstaltungen der ARRTI für Studierende, Lehrende und Forschende zur Förderung der ‚ethical literacy‘ geplant. Die in der Lehre inzwischen bewährten Formate wie der modulare Online-Kurs Ars Reflectionis und das Co-Teaching erreichen immer mehr Studierende und durchdringen das KIT über alle KIT-Fakultäten hinweg. Dennoch ist zu konstatieren, dass das Thema Verantwortung noch nicht flächendeckend in der Lehre integriert ist. An diesem Ziel wird das KIT aktiv arbeiten, insbesondere werden die Akademiemitglieder als Multiplikatoren die Idee der Verantwortung noch stärker als in der Vergangenheit in die Breite tragen. Verantwortungsvolles Denken und Handeln in Forschung und Transfer wiederum stärkt die ARRTI unter anderem durch sogenannte Challenges, in denen Studierende wie Forschende dazu aufgerufen sind, innovative Ideen zur Integration ethischer Prinzipien in Forschungs- und Gründungsprojekten zu entwickeln.

Studierende profitieren des Weiteren in besonderem Maße vom Exzellenzuniversitätsvorhaben Research Infrastructures in Research-Oriented Teaching (RI-RO Teaching), in dem sie in innovativen Lehr- und Lernkonzepten frühzeitig an die Forschungspraxis und die großen Forschungsinfrastrukturen des KIT wie AIDA und KATRIN herangeführt werden. Um die forschungsorientierte Lehre am KIT weiterhin zu fördern, wurde 2023 eine fünfte Ausschreibung veröffentlicht. Ein weiteres RI-RO Teaching-Projekt wird in den Jahren 2024 und 2025 durchgeführt.

### **Exzellenzstrategie – Exzellenzcluster**

Sechs Forschungsschwerpunkte – „Chemical and Electrochemical Energy Storage“, „Nanomaterials“, „Quantum Technologies“, „Elementary Particle and Astroparticle Physics“, „Autonomous Systems and Robotics“, „Atmospheric Sciences“ und zwei Potenzialbereiche „Cyber Security“, sowie „Technology Futures and Assessment“ stehen für die thematischen Forschungsstärken des KIT. Alle im Mai 2023 eingereichten Exzellenzcluster-Skizzen weisen Bezüge zu diesen acht strategisch bedeutsamen Forschungsfeldern auf. Im Herbst 2023 folgte die Begutachtung der Antragsskizzen durch von der DFG rekrutierte internationale Gutachten-Panels. Die Entscheidung über die Vollantragstellung ist am 2. Februar 2024 verkündet worden. Das KIT wird sich dem Wettbewerb 2024 nicht nur mit seinen zwei bereits seit 2019 geförderten Exzellenzclustern „3D Matter Made to Order“ und „Post Lithium Storage Cluster of Excellence – POLiS“ stellen, sondern auch mit einem Neuantrag. Die Einreichfrist bei der DFG ist der 22. August 2024. Eine Abfolge von Panel-Begutachtungen wird in der Zeit von Anfang Oktober 2024 bis Februar 2025 folgen. Das KIT-interne Vorgehen sieht begleitend

einen qualitätssichernden Prozess vor, der u.a. Gespräche mit dem Präsidium, der zuständigen Bereichsleiterin / den zuständigen Bereichsleitern wie auch den Einbezug externer Expertise umfasst.

#### **Vierte Phase der Programmorientierten Förderung (PoF IV)**

Im Jahr 2023 ist das KIT in die Phase der strategischen Aufstellung für die PoF V gestartet. Derzeit laufen die Diskussionen zur strategischen Ausrichtung in PoF V in Strategie-Workshops der Forschungsbereiche: Hier zeichnet sich eine überwiegend stabile Programmstruktur in den Forschungsbereichen mit Beteiligung des KIT ab. Ebenfalls diskutiert werden zurzeit FB-übergreifende PoF V-Themen wie Klima und Quantentechnologien.

Im Rahmen des kontinuierlichen Strategieprozesses zur Helmholtz-Strategie des KIT wurde die Positionierung des KIT in den Strategiediskussionen der Helmholtz-Forschungsbereiche erarbeitet. Darüber hinaus wurden die erforderlichen Weichenstellungen für die Koordination der kommenden Prozessschritte in Vorbereitung auf die wissenschaftlichen Begutachtungen am KIT gelegt.

Für den Forschungsbereich Energie plant das KIT im Rahmen der strategischen Aufstellung für die PoF V z.B. die Stärkung der Themen Wasserstoff, Negative Emissionen und CO<sub>2</sub>-Capture und – vor dem Hintergrund der Energiewende – die ganzheitliche Betrachtung des Energiesystems. Die Fusionsforschung soll hier als Langfristoption weiter fortgesetzt und mit aktualisiertem Zuschnitt ebenfalls in die Systembetrachtungen miteinbezogen werden. Von großer Bedeutung für das KIT und den Forschungsbereich als solchen ist zudem die Positionierung für die zentralen Zukunftsthemen Kreislaufwirtschaft und Klima für die PoF V – dies auch im Zusammenwirken mit anderen Forschungsbereichen, etwa Erde & Umwelt.

In Helmholtz Information wird durch einen neuen Hochleistungsrechner die informationsbasierte Materialforschung weiter gestärkt. Mit dem 1,2 Mio. Euro teuren Computer können Forschende den strukturellen Aufbau zukünftiger Materialien simulieren und so deren Eigenschaften untersuchen, noch bevor sie in der Realität vorliegen. Damit können die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler neue Materialien entwickeln, die etwa in der Medizin oder der Energieforschung eingesetzt werden. So wurde zum Beispiel die Membran in Corona-Schnelltests durch neue Computermodelle verbessert.

Zur Etablierung des neuen Schwerpunkts „Gesundheitstechnologien“ wurde das KIT-Zentrum „Health Technologies“ (HealthTech) gegründet. Um einen nachhaltigen und medizintechnischen Fortschritt im Gesundheitssystem zu erreichen, müssen künftig Bürgerinnen und Bürger mit Ärztinnen und Ärzten sowie Forschenden immer stärker zusammenarbeiten. Ziel ist es, digitale und technologische Lösungen für Medizinprodukte aus der Perspektive und zum Nutzen der Gesellschaft zu entwickeln und sich auf ihre medizinischen Bedürfnisse zu konzentrieren.

Im Forschungsbereich Erde und Umwelt wurde die ganzheitliche Betrachtung des Erdsystems mit nur noch einem Programm „Changing Earth – Sustaining our Future“ in den Mittelpunkt gestellt. Dabei ist das KIT für das Topic 1 „Die Atmosphäre im globalen Wandel“ federführend und zu einem kleinen Teil auch im Topic 7 „Nachhaltige Bioökonomie – Naturpotenziale nutzbar machen“ vertreten. Für eine nachhaltige Verwendung von Forschungsergebnissen hat der FB das Prinzip der „stakeholder inclusion“ in laufende Aktivitäten integriert. Durch die frühzeitige Einbindung von Akteurinnen und Akteuren aus dem wissenschaftlichen, öffentlichen und wirtschaftlichen Bereich ist es gelungen, mehrere Projekte zur Marktreife zu bringen. U.a. wird zurzeit das am KIT entwickelte Modell LandscapeDNDC für die kommerzielle Nutzung lizenziert. So soll LandscapeDNDC als Entscheidungstool für die Entwicklung, Überwachung und Berichterstattung der Kohlenstoffzertifizierung in landwirtschaftlichen Systemen dienen.

Im Forschungsbereich Materie werden Konzepte der Energieeffizienz und Nachhaltigkeit als integraler Bestandteil aller derzeit laufenden und neuen Komponenten und Anlagen weiter vorangetrieben, insbesondere in der Forschungsinfrastruktur KITTEN, einem Zusammenschluss der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Beschleunigertestanlage KARA und des Energy Labs 2.0. Im neu eingeworbenen Verbundprojekt ACCESS entwickelt das KIT, gemeinsam mit der TU Darmstadt, fortschrittliche Leistungselektronik, Lastmanagement und neuartige Steuerungskonzepte, um die Leistung heutiger und künftiger beschleunigerbasierter Großanlagen im energieeffizienten Betrieb zu steigern. Die Forschungsgroßanlage KATRIN zur Bestimmung der Neutrinomasse befindet sich im stabilen Messbetrieb mit deutlich erhöhten Messtagen im Jahr 2023, welche sich auf 1.000 Messtage bis 2026 belaufen sollen. Aktuell wird der geplante Betrieb von KATRIN mit TRISTAN Detektoren vorbereitet, Komponenten für Beamline-Modifikation sind in zeitgerechter Fertigung und Beauftragung. Zeitgleich werden unter Einbeziehung der Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler des KIT R&D-Aktivitäten für die Xenon-basierte Suche nach Dunkler Materie im Rahmen der Vorbereitung der avisierten internationalen DARWIN-Kollaboration vorangetrieben, u.a. im Bereich der Elektrodenentwicklung und der Hochspannung.

### **Strategische Investitionen im Korridor 2,5-15 Mio Euro: Umsetzung ab 2024**

Im Jahr 2024 werden die vom Aufsichtsrat genehmigten Investitionen „c-START“, „Hochauflösende supraleitende Sensoren“, „IceCube Upgrade“, „INSIDE CLOUDS“, und „DeepStor“ weiter vorangetrieben.

Für die vom Programm Fusion am KIT im Rahmen von EUROfusion FP9 und PoF V ab 2025 geplanten Investitionsmaßnahmen „Helium Loop Karlsruhe – Upgrade Storage“ (HELOKA-US) (Stufe II) und „Tritium Extraction & Recovery System for Helium-Cooled Pebble Bed Blanket“ (TER-HCPB) ist keine Finanzierung aus dem Investitionskorridor zwischen 2,5-15 Mio. EURO mehr vorgesehen.

### **Strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. Euro: Umsetzung ab 2024**

Die vom Senat der Helmholtz-Gemeinschaft bewilligten strategischen Ausbauinvestitionen unter Beteiligung des KIT „Helmholtz Data Federation“ (HDF), „Full Scientific Exploitation of the LHC“, „Karlsruhe Centre for Optics and Photonics“ (KCOP) und „Helmholtz Forschungs- und Versuchsplattform zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und zum Rückbau kerntechnischer Anlagen“ (HOVER) und GeoLab werden auch im Jahr 2024ff weiter umgesetzt.

Für 2024 plant das KIT als federführendes Zentrum die Einreichung des Antrags ATMOSense ins Helmholtz-Verfahren für strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. EURO. ATMOSense wird eine modulare und mobile Infrastruktur zur Atmosphärenbeobachtung sein, die sich durch eine bislang unerreichte räumliche und zeitliche Auflösung auszeichnet und damit den Whole-Atmosphere-Ansatz ermöglichen wird. Im Mittelpunkt stehen dabei neue, teilweise autonom arbeitende Sensorsysteme und eine echtzeitfähige Integration der Datenströme. ATMOSense soll als zentrales Instrument des Forschungsbereichs Erde und Umwelt entscheidende Beiträge zur Verbesserung von Vorhersagen zu Klima, Wetter und Luftqualität leisten.



## **Teilnahme am Bund-Länder Programm zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses**

Um den wissenschaftlichen Nachwuchs zu stärken, wird das KIT die Tenure-Track-Professur flächendeckend als gleichwertigen Weg zur Professur weiter stärken, wodurch die Karrierewege des wissenschaftlichen Nachwuchses planbarer und transparenter werden. Zusätzlich zu den Tenure-Track-Professuren aus dem Bund-Länder-Programm werden dazu im laufenden und kommenden Jahr weitere Junior- und Tenure-Track-Professuren im Rahmen des ExU-Vorhabens „KIT Excellent Tenure“ eingerichtet (geplant sind zehn Junior-/Tenure-Track-Professuren pro Jahr).

Dies führt langfristig zu einer Weiterentwicklung der Personalstruktur des wissenschaftlichen Personals am gesamten KIT, fördert den Kulturwandel am KIT und begünstigt die Chancengleichheit und die Vereinbarkeit von Beruf und Familie. Im Rahmen des Bund-Länder-Programms zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses wurden bis 2023 alle 15 Tenure-Track-Professuren aus den beiden Förderrunden besetzt.

## **Bauliche Entwicklung**

Ziel der Baulichen Entwicklungsplanung (BEP) ist es, für die Aufgaben des KIT in Forschung, Lehre und Innovation bestmögliche und effiziente infrastrukturelle Rahmenbedingungen zu schaffen, die forschungsorientierte Lehre an allen Standorten zu ermöglichen sowie das Zusammenwachsen der Organisations- und Wissenschaftskulturen zu unterstützen. Hierfür soll mit der BEP ein rollierendes Planungsinstrument etabliert werden. Die einzelnen BEP-Module wurden 2023 abgeschlossen. Die Abschlussdokumentation wird 2024 zum Beschluss vorgelegt werden. Der Gebäudeatlas aus dem Modul „Bauliche Analyse“ mit den Gebäudezustandsbewertungen unterstützt bereits im operativen und strategischen Geschäft bei Maßnahmenentscheidungen. Hier können die Investitionsbedarfe zum Abbau des Sanierungsbedarfs bis ins Jahr 2050 für eine Sanierungsstrategie präzise abgeleitet werden. Auch die Ergebnisse der anderen BEP-Module – unter anderem das bauliche Entwicklungskonzept sowie die städtebauliche Rahmenplanung – wirken unterstützend auf aktuelle Projektentwicklungen ein.

Nachfolgend werden die aktuellen großen Bauprojekte und Bauprojektentwicklungen in der Großforschungsaufgabe beschrieben.

Für die notwendigen Baumaßnahmen im Bereich V/Physik werden die Projektentwicklung konkretisiert und die Bedarfe ermittelt.

Das Karlsruhe Center for Optics & Photonics (KCOP) soll in Zukunft die Mehrheit der Reinraumlabors am KIT beinhalten. Mit dem Bau des Gebäudes wurde Anfang 2023 auf dem Bauhof 320 begonnen. Ende 2023 war der Rohbau abgeschlossen.

Für das Institut für Katalysatorforschung und -technologie (IKFT) wird der Neubau eines Laborgebäudes als Ersatz für die Gebäude 721, 723, 724, 725, 726 und 729, die zum nuklearen Rückbau an die KTE übertragen werden sollen, projektiert. Der Generalplaner hat in Q1-Q2/2023 die Entwurfsplanung sowie die Bauunterlage erstellt; diese wurde seitens der Finanzmittelgeber im Herbst 2023 genehmigt, ebenso der Bauantrag seitens der Bauordnungsbehörde.

Am Campus Süd wurde 2023 das Bauvorhaben InformatiKOM 1 + 2 der Klaus-Tschira-Stiftung (KTS) am Adenauerring fertiggestellt und an das KIT übergeben. Die offizielle Eröffnungsfeier fand im Herbst statt.

Als notwendige Infrastruktur zur Aufrechterhaltung der Betriebserlaubnis für KIT, KTE und JRC auf dem Gelände des Campus Nord zählt die Werkfeuerwehr. Zur Erfüllung der geltenden

gesetzlichen und behördlichen Auflagen ist aus bauphysikalischen und wirtschaftlichen Gründen ein Ersatzneubau für die Werkfeuerwehr erforderlich. Ein neuer Standort für die Baumaßnahme wurde identifiziert, der Stellen- und Raumbedarfsplan erstellt sowie das Einzelkoordinationsgespräch im September 2023 durchgeführt. Das Vergabeverfahren für Planungsleistungen befindet sich in Vorbereitung.

Der Photovoltaikausbau auf dem Weg zur klimaneutralen Energieversorgung wurde weiter konkretisiert, die ersten Gebäude für eine Umsetzung identifiziert und die Maßnahmen projektiert, die einen PV-Ausbau von 1 MW<sub>peak</sub> p.a. vorsehen.

Weiterhin wurde die Planung zum Ausbau des zentralen Kaltwassernetzes am Campus Nord des KIT im Umfang von 6,1 Mio. Euro PAKT-Mitteln der Helmholtz-Gemeinschaft weiter konkretisiert. Das Projekt dient der Vernetzung bestehender Kälteanlagen und der Erschließung oberflächennaher Geothermie. Die Vergabe der Planungsleistungen ist für Q2 2024 vorgesehen.

Weitere Projektentwicklungen und Projekte in der GFA sind unter anderem: die Generalsanierung des Südwestflügels am Campus Alpin in Garmisch-Partenkirchen (BU im Oktober 2023 genehmigt, bauordnungsrechtliche Baugenehmigung im Dezember 2023 erteilt), Neubau Gebäude 233 (2023 in der Fertigstellung, Inbetriebnahme voraussichtlich im Frühjahr 2024), HPGL (2023 in der Projektentwicklung), Sanierung des Trinkwassernetzes (2023 Planung und Ausschreibung erster Maßnahmen für den 1. Bauabschnitt, Umsetzung BA1 2024 geplant).

Bei großen Bauprojekten werden Nachhaltigkeitsaspekte noch stärker einbezogen und im Rahmen eines integrativen Planungsprozesses herausgearbeitet. Inzwischen durchlaufen die großen Bauvorhaben in der Großforschungsaufgabe die Nachhaltigkeitszertifizierung des „Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen BNB“.

Seit 2021 wird das vereinfachte Bauverfahren nach § 6 WissFG am KIT angewandt und in Pilotprojekten umgesetzt. Das vereinfachte Bauverfahren bildet die Grundlage für das mit dem Land abgestimmte Bauverfahren, das mit Übernahme der Bauherreneigenschaft für die Universitätsaufgabe Anwendung finden soll. Damit werden die Bauverfahren für Großforschungs- und Universitätsaufgabe weitestmöglich angeglichen.

### **A.1.2.5 Nachwuchsförderung**

Die systematische Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses ist ein zentrales Ziel des KIT und eines der zehn Handlungsfelder in der Dachstrategie KIT 2025. Damit unterstreicht das KIT seine Wertschätzung des wissenschaftlichen Nachwuchses, der mit seinen Forschungsleistungen wesentlich zum Erfolg des KIT beiträgt. In den Programmen der Nachwuchsförderung wird unterschieden zwischen wissenschaftlichem Nachwuchs in der Qualifizierungsphase (Promovierende sowie Postdocs in einer Orientierungsphase von bis zu drei Jahren am KIT) und einer Etablierungsphase als selbstständige Nachwuchsgruppenleitungen bzw. Juniorprofessuren.

Am KIT werden alle Promovierenden sowie Postdocs vom Karlsruhe House of Young Scientists (KHYS), der zentralen, fachübergreifenden Einrichtung für Nachwuchsförderung, mit einem breiten Beratungs-, Qualifizierungs-, Internationalisierungs- und Vernetzungsangebot unterstützt, unabhängig davon, ob sie einen Karriereweg in der Wissenschaft oder freien Wirtschaft einschlagen möchten. Das Angebot des KHYS, aber auch die Industrieprojekte der Institute und der „Gründerschmiede“ bringen die jungen Forschenden frühzeitig in Kontakt mit

der Industrie, fördern die Innovation und den Gründungsgeist. Des Weiteren fördert und begleitet das KHYS koordinierte Forschungsprogramme (z.B. Graduiertenkollegs und -schulen), führt im Rahmen des aufgebauten Qualitätsmanagementsystems Befragungen durch, ist für die Erfassung der Promovierenden am KIT zuständig und trägt so zur Qualitätssicherung der Promotionsbedingungen bei. Die Qualitätssicherung im Promotionswesen basiert auf dem übergreifenden Konzept „QualityDoc@KIT“, das 2015 vom Land Baden-Württemberg mit einem ersten Preis ausgezeichnet wurde.

Anfang 2023 erfolgte eine umfangreiche KIT-interne Bekanntmachung der Ende 2022 vom Präsidium beschlossenen Leitlinien für das Promotionswesen am KIT (z.B. Intranet, Neuberufenportal, Newsletter KIT.intranews, Mitarbeitermagazin KITdialog). Basierend auf den Leitlinien für das Promotionswesen wurde 2023 die Promovierenden- und Betreuendenbefragung in einem partizipativen Prozess überarbeitet, teilweise neu konzipiert und anschließend durchgeführt. An dem partizipativen Prozess war neben dem KHYS-Lenungskreis vor allem der Beirat der Promovierenden stark involviert, der aus den Vertreterinnen und Vertretern der Konvente der Doktorandinnen und Doktoranden aller KIT-Fakultäten besteht und aus der sogenannten Konventrunde Mitte 2022 hervorgegangen ist. Im Jahr 2024 werden sich gemäß dem Qualitätsmanagement-Handbuch die Gremien mit den Ergebnissen der Befragungen befassen. Ein weiterer Baustein des Konzepts QualityDoc@KIT ist Docata, das Webportal für Promovierende des KIT, das 2023 um wesentliche Funktionen und neue Dienste erweitert wurde. Unter anderem haben nun Betreuende der Promovierenden an KIT-Fakultäten Zugriff. Weiterhin wurde die Pflichtregistrierung für Promovierende, die am KIT fachlich betreut werden, aber an einer anderen Hochschule ihre Prüfung ablegen, nach dem Abschluss einer schriftlichen Vereinbarung mit den fachlichen Betreuungspersonen am KIT umgesetzt. Damit werden nun alle Promovierende des KIT zentral erfasst und bei formalen Schritten unterstützt. Außerdem dient es der Qualitätssicherung der externen und internen Berichte des KIT. 2024 ist geplant, Postdocs in Docata aufzunehmen.

Die Zahl der internationalen Forschungsreisen hat sich im Berichtsjahr bei den schon länger bestehenden und vorwiegend von Promovierenden genutzten Fördermaßnahmen *Research Travel Grant* und *Networking Grant* nach dem Nachholeffekt im Jahr 2022 wieder auf dem Niveau vor den pandemiebedingten Reiseeinschränkungen eingependelt. Insgesamt wurden die Austausch- und Vernetzungsprogramme des KHYS wieder sehr ausgiebig genutzt, um internationale forschungs- oder karriererelevante Netzwerke auszubauen. Die Nachfrage ist auch im zweiten Jahr nach dem Ende der meisten Reisebeschränkungen sehr hoch. Im Rahmen des *Aspirant Grants* (Doc) kamen in diesem Jahr sieben Promotionsinteressierte für einmonatige Gastaufenthalte ans KIT, zudem hat sich die Anzahl der Anträge und Neubewilligungen im Vergleich zum Vorjahr fast verdreifacht (elf im Jahr 2023 statt vier im Jahr 2022). Einige der Aspirants aus den vergangenen Jahren promovieren mittlerweile am KIT oder haben dies vor. Somit trägt das Programm zur Gewinnung hochqualifizierter internationaler Promovierender bei. Im Rahmen des HIDA Trainee Netzwerkes, eines Helmholtz-weiten Austauschprogrammes für Promovierende und Postdocs, deren Forschungsarbeit einen starken Bezug zum Bereich (Applied) Information & Data Science besitzt, wurden 2023 neun talentierten Nachwuchsforschenden bis zu dreimonatige Forschungsaufenthalte am KIT ermöglicht sowie ein Auslandsaufenthalt finanziert. Die Anfragen für die Internationalisierungs- und Vernetzungsprogramme sind weiterhin hoch und zeigen auch für 2024 einen erhöhten Bedarf an.

Ein wesentlicher strategischer Baustein der Nachwuchsförderung am KIT ist die Ermöglichung der Promotion im Rahmen von mehr als 30 strukturierten Promotionsprogrammen. Durch die Etablierung von sechs neuen KIT Graduate Schools in zwei Förderrunden im Rahmen der Exzellenzstrategie in strategisch relevanten Themenfeldern verfügt das KIT an allen neun KIT-

Zentren über mindestens eine Graduiertenschule. Ziel des KIT ist dabei, die Möglichkeit zur Promotion in einem solchen Umfeld kontinuierlich auszubauen, dadurch den Zugang zu einem strukturierten fachlichen und überfachlichen Qualifizierungsangebot und Betreuungskonzept zu erweitern und die Qualität der Nachwuchsförderungsangebote für Promovierende und Postdocs zu erhöhen. Für die beiden in der ersten Förderrunde neu etablierten KIT Graduate Schools fand im November 2023 die Zwischenberichterstattung vor dem KHYS-Lenkungskreis statt. Darüber hinaus wurden 2023 am KIT zwei DFG-Sonderforschungsbereiche erfolgreich eingeworben, davon einer mit integriertem Graduiertenkolleg (SFB 1608 und SFB 1574). Ein weiterer Sonderforschungsbereich und ein Graduiertenkolleg wurden im Rahmen ihrer Fortsetzungsbegutachtung positiv evaluiert (SFB 1173, GRK 2450). Im Zuge der aktuellen Ausschreibung der Förderlinie Exzellenzcluster hat das KHYS die neuen Initiativen des KIT mit persönlichen Beratungen, Informationsmaterialien und schriftlichen Feedbacks intensiv bei der Erarbeitung des Qualifizierungs- und Betreuungskonzeptes der Antragsskizzen begleitet. Zur Unterstützung und Vernetzung der Strukturen der Nachwuchsförderung des KIT findet zwischen dem KHYS und den Promotionsprogrammen, insbesondere auf Ebene der Koordinatorinnen und Koordinatoren, ein regelmäßiger und intensiver Austausch statt, der 2023 ausgebaut und intensiviert wurde. Ergänzend wurde im Jahr 2023 das im Vorjahr etablierte Austauschformat auf Ebene der Sprecherinnen und Sprecher der Graduiertenschulen mit dem Vizepräsidenten Forschung und dem KHYS erfolgreich fortgeführt. Im Jahr 2023 wurde damit die Nachwuchsförderung am KIT insgesamt weiterentwickelt und qualitativ gestärkt, was auch im Jahr 2024 fortgesetzt wird. Auch der Service des KHYS, Promotionsprogramme während der Laufzeit und insbesondere bei der Planung überfachlicher Weiterbildungsangebote beratend wie auch administrativ zu unterstützen, wurde ausgebaut, z.B. wurden 25 Workshops für 14 Promotionsprogramme in Zusammenarbeit mit dem KHYS organisiert. Darüber hinaus wurden acht Promotionsprogramme bei der Vorbereitung und Durchführung von Promovierendenbefragungen zur Gesamtevaluation ihres Promotionsprogramms unterstützt, z.B. zur Vorbereitung auf Fortsetzungsanträge/-begutachtungen.

Nach der erfolgreichen Zwischenevaluation des KHYS Postdoc Office im Jahr 2022 konnten auch 2023 die drei definierten Hauptziele erfolgreich umgesetzt werden. Als Helmholtz Career Development Center for Researchers und sichtbare Anlaufstelle für Postdocs, Postdoc-Interessierte sowie deren Vorgesetzte stellte das KHYS Postdoc Office auch 2023 zahlreiche Angebote und Services gemäß den drei Zielen, Orientierung für die Karriereentwicklung und -entscheidung bereitstellen, karrierespezifische Qualifizierung ermöglichen und Selbstständigkeit und Vernetzung fördern, zur Verfügung. Auf Grundlage der Ergebnisse der 2022 durchgeführten Befragung und der durchgängig ausgeführten Evaluationen wurden die Angebote sukzessiv weiterentwickelt. So wurde z.B. Ende 2023 auf den hohen Bedarf an persönlicher Karriereberatung und die hohe Auslastung der bereits existierenden internen Angebote mit der Ausschreibung eines Programms in Kooperation mit externen Karrierecoaches reagiert. Flankierend dazu soll 2024 ein Peercoaching-Format aufgebaut werden, das dem großen Bedarf an persönlichem Austausch von Postdocs untereinander zudem Rechnung trägt. Der Beratungsbedarf ist nicht nur bei den Postdocs hoch; insgesamt hat das KHYS im Jahr 2023 über 2.000 Personen beraten.

Die jährlich wiederkehrenden Informations- und Netzwerkveranstaltungen in Zusammenarbeit mit KIT-internen Partnern, z.B. „Welcome Events“ oder „Career Talks“ sowie der „Career Day – Transition Possible“ in Kooperation mit sieben weiteren Helmholtz-Zentren und Arbeitgebern außerhalb der Academia, wurden weiterhin sehr gut angenommen und positiv evaluiert. Definitives Highlight im Veranstaltungsjahr 2023 waren die „KHYS Postdoc Days“, die im September zum ersten Mal im Rahmen der „Postdoc Appreciation Week Germany“ stattfanden. Das

KIT hatte ein attraktives Programm für Postdocs mit verschiedenen Veranstaltungsformaten und unterschiedlichen Themen rund um die Karriere als Forschende zusammengestellt und dieses, wie auch die anderen 65 kooperierenden Einrichtungen, zum großen Teil für externe Interessierte geöffnet. Aufgrund des positiven Feedbacks ist auch zukünftig geplant, die „KHYS Postdoc Days“ im Rahmen der „Postdoc Appreciation Week Germany“ stattfinden zu lassen und diese ggf. auch vermehrt zur Rekrutierung zu nutzen. Das neue Netzwerkformat „KIT Postdoc Meeting“ fand 2023 zum ersten Mal ebenfalls im Rahmen der „KHYS Postdoc Days“ statt. Es handelt sich um ein interaktives Eventformat, dessen Inhalte und Themen von Postdocs am KIT selbst gestaltet werden und das zukünftig zweimal jährlich stattfindet, um so auch die lebendige Postdoc-Community am KIT sichtbar zu machen.

Das in den letzten Jahren neu konzipierte und stark erweiterte überfachliche KHYS-Weiterbildungsprogramm „Fit for your next career step“ hat sich vollständig etabliert und wird sehr gut angenommen. Es bietet Promovierenden und Postdocs spezifisch auf die Karrierephase zugeschnittene Kurse und ermöglicht damit den Kompetenzaufbau für verschiedene Karrierewege innerhalb wie außerhalb der Wissenschaft. 2023 wurde das Programm inhaltlich weiter ausgebaut, insbesondere das Modul „Fit for Science“. Basierend auf den Evaluationen wird das Weiterbildungsprogramms auch 2024 weiterentwickelt.

Die Internationalisierungsmaßnahmen im Rahmen des KHYS Postdoc Office „Aspirant Grant“ und „Connecting Young Scientists (ConYS)“ stießen auch 2023 auf großes Interesse. Im Rahmen von ConYS setzten 20 Postdocs insgesamt 17 Forschungsreisen und Konferenzreisen um, betreuten sechs Gastaufenthalte am KIT und führten eine internationale Veranstaltung mit zahlreichen Teilnehmenden durch. Die Anzahl der Förderungen entsprach somit etwa der des Vorjahres. Viele der geförderten Postdocs melden unter anderem zurück, dass die Module die Karriereentwicklung gut unterstützen. Zudem kamen im Rahmen des *Aspirant Grants* etwas mehr Postdocinteressierte für einmonatige Gastaufenthalte ans KIT als im Vorjahr (sieben im Jahr 2023 statt fünf im Jahr 2022), Zudem hat sich die Anzahl der Neubewilligungen im Vergleich zum Vorjahr verdreifacht (15 statt fünf), was einen weiteren Anstieg des Förderumfangs für 2024 erwarten lässt. Einige der Gäste melden zurück, dass sie eine Postdocstelle am KIT planen oder zumindest in Betracht ziehen, wodurch das Programm wie beabsichtigt zur Rekrutierung hochqualifizierter Postdocs aus aller Welt beiträgt.

Im gemeinsam von PEBA und FOR begleiteten Exzellenzuniversitätsvorhaben „Young Investigator Group Preparation Program (YIG Prep Pro)“ wurde die sechste Auswahlrunde Mitte Dezember 2023 gestartet. Bis zum 9. Februar 2024 können sich internationale Postdocs bis zu drei Jahre nach der Promotion bewerben, die in einem zweistufigen Verfahren des Council for the Promotion of Young Scientists ausgewählt werden. Ziel ist die Rekrutierung hochkarätiger internationaler Postdocs, deren Frauenanteil im YIG Prep Pro 40% betragen soll. Über die letzten Jahre hinweg konnte der Frauenanteil der Programmteilnehmenden stetig erhöht werden. Im Durchschnitt beträgt der Frauenanteil über die fünf Kohorten bislang 47%. Die neuen YIG Prep Pro-Kandidatinnen und -Kandidaten werden ihre Stelle voraussichtlich zwischen Sommer und Herbst 2024 antreten. Bei erfolgreicher Einwerbung einer extern finanzierten Nachwuchsgruppe können Fellows bei strategischer Passung ihres Forschungsthemas die Chance erhalten, sich auf eine in ihrem Themenfeld ausgeschriebene W1-Professur mit oder ohne Tenure Track am KIT zu bewerben.

Das KIT hat 2012 die Definition der „KIT-Nachwuchsgruppe“ eingeführt und somit Mindeststandards für Nachwuchsgruppen am KIT gesetzt. Nachwuchsgruppen, die bestimmte vordefinierte Qualitätsmerkmale, wie z.B. die wissenschaftliche und finanzielle Unabhängigkeit erfüllen, erhalten durch das Präsidium den Status einer „KIT-Nachwuchsgruppe“, wodurch den Nachwuchsgruppenleitungen gleichzeitig auch der Weg eröffnet wird, als KIT Associate Fellow

an Promotionsverfahren mitzuwirken. Insgesamt 136 KIT-Nachwuchsgruppen wurden bislang formal als solche anerkannt (Stand im Vorjahr: 126). Das Instrument wird laufend angeboten und die Bewerbung um die Anerkennung als KIT-Nachwuchsgruppe wird somit auch 2024 Leitenden von Nachwuchsgruppen möglich sein. Im Jahr 2023 sind mehrere hochkarätige extern finanzierte Nachwuchsgruppen am KIT gestartet: zwei Emmy Noether-Nachwuchsgruppen der DFG (Dr. Johannes Bracher und Dr. Elia Fioravanti), ein ERC Starting Grant (Dr. Julian Quinting) sowie eine Nachwuchsgruppe im Förderprogramm des Deutschen Wetterdienstes (Dr. Annika Oertel). Gleich drei Mal war das KIT bei der diesjährigen Auswahl der Nexus-Förderungen erfolgreich (Dr. Nadja Alina Henke, Dr. Gözde Kabay, Dr. Jingyuan Xu), von denen eine bereits angetreten wurde. Darüber hinaus wurden drei Emmy Noether-Nachwuchsgruppen (Dr. Maryna Meretska, Dr. Sören Lehmkuhl, Dr. Hector Sanches-Iranzo) sowie zwei ERC Starting Grants (Tenure-Track-Prof. Dr. Philipp Willke, Prof. Dr. Kathrin Gerling) für das KIT eingeworben. Einen ERC Starting Grant brachte Prof. Moritz Kreysing bei seiner Berufung auf eine W3-Professur am KIT mit. Dies stellt eine sehr erfolgreiche Bilanz dar, die sowohl die Attraktivität des KIT als Forschungsstandort als auch den Erfolg bei der Rekrutierung herausragender Nachwuchskräfte bestätigt. Dieser Weg soll nicht zuletzt mithilfe der Instrumente der Nachwuchsförderung fortgeführt werden.

Das Young Investigator Network (YIN) besteht seit 2008 und ist das selbstverwaltete Netzwerk für den wissenschaftlichen Führungskräftenachwuchs in der Etablierungsphase am KIT. Mit 66 unabhängigen Nachwuchsgruppenleitungen und Junior- bzw. Tenure-Track-Professorinnen und -Professoren blieb die Mitgliederzahl im Jahr 2023 auf einem hohen Niveau. Der Anteil an Frauen am YIN liegt derzeit bei 29%. Dem YIN stehen die YIN-Geschäftsstelle und ein eigenes Budget für sein zielgerichtetes Angebotsportfolio zur Verfügung, das bis 2026 über Exzellenzuniversitätsmittel erweitert und vom YIN-Vorstand verwaltet wird. Im vergangenen Jahr konnten die Vernetzungs-, Weiterbildungs- und Coaching-Angebote wunsch- und bedarfsgerecht erfolgreich in Präsenz durchgeführt werden. Ein besonderer Fokus der Veranstaltungen lag auf bedarfsgerechten und gruppenspezifischen Angeboten. Als Interessensvertretung der Zielgruppe freute sich das YIN 2023 darüber, dass der Gastsitz einer YIN-Vertretung im KIT-Senat ein uneingeschränktes Rederecht erhalten hat. Im Jahr 2023 stand für YIN das 15. Jubiläum im Mittelpunkt. Für diese Veranstaltung konnten die Präsidenten des KIT und der Helmholtz-Gemeinschaft als Schirmherren und Teilnehmer an einer öffentlichkeitswirksamen Podiumsdiskussion gewonnen werden, an der auch eine DFG Vize-Präsidentin und eine Universitätsprofessorin am KIT mit dem Status als ehemaliges YIN-Mitglied teilgenommen haben. Thema der Podiumsdiskussion war die planbare wissenschaftliche Karriere in einem sich wandelnden Wissenschaftssystem. Des Weiteren hat YIN 2023 die Anforderungen zum Erwerb des YIN-Zertifikats „Academic Leadership – Führung in der Wissenschaft“ im engen Austausch mit PEBA überarbeitet. Explizit aufgenommen wurden insbesondere die Anerkennung von Einzelcoachings und Gruppenklausurtagungen. Zu den wissenschaftlichen Erfolgen aus dem YIN zählten die Einwerbung zweier ERC Consolidator Grants 2022 und eines ERC Starting Grants 2023, eine Publikation in der Fachzeitschrift *Science* sowie die Auszeichnungen mit dem Carl-Zerbe-Preis, zweimal mit dem Maria Gräfin von Linden-Preis und dem Hector Research Career Development Award. Zusätzlich erhielten drei YIN-Mitglieder KIT-Fakultätslehrpreise. Acht (ehemalige) YIN-Mitglieder haben 2023 eine volle Professur angetreten, darunter vier am KIT – zwei mit vorgezogener Tenure-Evaluation, eine im Rahmen eines normalen Berufungsverfahrens und eine Heisenberg-Professur. Die W2/W3-Berufungsrate aus dem YIN stieg damit auf 50 %.

## **Berufliche Ausbildung am KIT**

In der Technologieregion Karlsruhe ist das KIT einer der größten Anbieter von Ausbildungsplätzen und genießt auch über die Landesgrenzen hinweg einen ausgezeichneten Ruf. Auch im Jahr 2023 lag die Erfolgsquote bei den Abschlussprüfungen mit nahezu 100% wieder wesentlich über dem Landes- bzw. Bundesdurchschnitt.

Bei der Jahresbesten-Ehrung 2023 des IHK Kammerbezirks Karlsruhe stellte das KIT insgesamt sieben Preisträgerinnen und Preisträger. Bei den gewerblich-technischen Berufen wurden drei Industriemechanikerinnen, zwei Industriemechaniker und in den kaufmännischen Berufen zwei Kauffrauen für Büromanagement ausgezeichnet. Das KIT erhielt somit auch im Jahr 2023 durch die IHK Karlsruhe eine Belobigung und Urkunde für seine exzellente Ausbildung. Bei den Europameisterschaften (EuroSkills) der Berufe in Danzig erhielt ein Technischer Produktdesigner in der Disziplin Mechanical Engineering CAD die Medal of Excellence für herausragende Leistungen.

Auch im Jahr 2023 wurde das KIT zum dritten Mal in Folge von der Fachzeitschrift Capital, als einer der „Besten Ausbilder Deutschlands 2023“ in den Kategorien „Ausbildung“ und „Duales Studium“ ausgezeichnet. Michael Markert erhielt aufgrund seines langjährigen erfolgreichen Wirkens im örtlichen Hochschulrat der Dualen Hochschule am Standort Mannheim die silberne Nadel der Dualen Hochschule Baden-Württemberg.

Zum Stichtag 31. Dezember 2023 beschäftigte das KIT 297 Auszubildende in mehr als 25 verschiedenen Ausbildungsberufen bzw. Fachrichtungen nach dem Berufsbildungsgesetz und 61 Duale Hochschülerinnen und Hochschüler in 14 Studiengängen mit 18 Studienrichtungen. Damit waren 358 Personen in Ausbildung am KIT. Darüber hinaus wurden mehrere Auszubildende anderer Unternehmen im Rahmen von Kooperationsvereinbarungen für bestimmte Ausbildungsabschnitte oder einzelne Maßnahmen mitausgebildet.

2023 kooperierte das KIT mit insgesamt 17 Haupt- und Realschulen sowie Gymnasien im Rahmen der IHK-Initiative „Wirtschaft macht Schule“. 318 Schülerinnen und Schülern wurde am KIT in 65 Instituten im Jahr 2023 eine bis zu zweiwöchige Berufsorientierungsmaßnahme (OIB, BORS und BoGy) ermöglicht.

### **A.1.2.6 Chancengleichheit**

Am KIT ist der Präsident/die Präsidentin das zuständige Präsidiumsmitglied für das Thema Chancengleichheit. Seit August 2023 ist die Vizepräsidentin für Digitalisierung und Nachhaltigkeit bis zur Neubesetzung des Amtes der Präsidentin/des Präsidenten das inhaltlich zuständige Präsidiumsmitglied. Im Auftrag des Präsidiums bzw. des Präsidenten/der Präsidentin initiiert und konzipiert die Abteilung Chancengleichheits- und Diversitätsmanagement als Linienaufgabe neue Chancengleichheitsmaßnahmen sowie -projekte bzw. entwickelt bereits vorhandene weiter und führt diese durch. Dabei nehmen die Chancengleichheitsbeauftragten des KIT, welche direkt dem Präsidenten/der Präsidentin zugeordnet sind, im Rahmen ihrer gesetzlichen Aufgaben und ihres rechtlichen Auftrags eine maßgebliche Beratungs- und Unterstützungsfunktion sowie Kontroll- und Überwachungsfunktion wahr, indem sie mit ihrer Expertise und im Rahmen ihrer Beteiligungsrechte einbezogen werden. Insbesondere im Rahmen ihres Initiativrechts geben sie neue Impulse, um die Chancengleichheit am KIT weiter zu fördern.

Per Gesetz (§ 16 Abs. 3 KITG) müssen sie unverzüglich und umfassend über jede Angelegenheit, die einen unmittelbaren Bezug zu ihrer Aufgabenstellung aufweist, informiert werden. Insgesamt nehmen vier Chancengleichheitsbeauftragte und ihre vier Stellvertreterinnen ihre gesetzlich geregelten Aufgaben mit entsprechenden Rechten und Pflichten bei der Durchsetzung der Chancengleichheit für Frauen und Männer wahr. Ebenso wirken im Büro Chancengleichheit die Leiterin und Mitarbeitenden sowie in den KIT-Fakultäten und den Außenstellen des KIT Vertrauensfrauen bei der Umsetzung der Chancengleichheit mit.

## **Arbeit und Familie**

Um seine Beschäftigten bei der Vereinbarkeit von Beruf und Familie bestmöglich zu unterstützen, hat das KIT u.a. die im Folgenden aufgeführten Instrumente und Maßnahmen entwickelt und auch im Jahr 2023 weiter ausgebaut:

### **(1) Familiengerechte, flexible Arbeitszeiten**

Auf dem Gebiet der internen Arbeitsorganisation werden familiengerechte und flexible Arbeitszeiten im Rahmen der vorhandenen Gleitzeitregelung ermöglicht. Im Rahmen der Dienstvereinbarung zur Regelung der gleitenden Arbeitszeit können individuelle Regelungen (unter Wahrung der betrieblichen Interessen und des Einvernehmens) getroffen werden.

### **(2) Teilzeitbeschäftigung, New Work, Tele-Arbeitsplätze, familienbedingte Beurlaubung**

Das KIT bietet vielfältige Arbeitszeitmodelle an, welche im Rahmen von einzelvertraglichen Regelungen individuell festgelegt werden. Im April 2022 haben das Präsidium und die Personalräte der beiden Dienststellen Karlsruhe und Garmisch-Partenkirchen die neue Dienstvereinbarung „Telearbeit und mobile Arbeit“ unterzeichnet. Zur weiteren Verbesserung der Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben kann Telearbeit als auch mobile Arbeit zur flexiblen Arbeitszeitgestaltung in einem Umfang von 40 % der arbeitsvertraglich vereinbarten Arbeitszeit genutzt werden. Allen Beschäftigten des KIT kann die Möglichkeit zur Telearbeit und zur mobilen Arbeit gewährt werden, sofern dies mit den jeweiligen dienstlichen Belangen zu vereinbaren ist. Zwischenzeitlich geht es im Rahmen des Folgeprojekts New Work, welches im Herbst 2023 startete, unter anderem darum, den Umfang des mobilen Arbeitens weiter zu erhöhen – bezogen auf die Arbeitsplätze, für die es möglich ist.

Die zu besetzenden Stellen am KIT werden soweit möglich als teilzeitgeeignet ausgeschrieben.

### **(3) Verlängerung der Laufzeit von befristeten Arbeitsverträgen entsprechend der in Anspruch genommenen Elternzeit**

Eine Verlängerung der Laufzeit von befristeten Arbeitsverträgen bei Elternzeit wird entsprechend der Regelung des Wissenschaftszeitvertragsgesetzes umgesetzt.

### **(4) Wechsel zur Vollzeitbeschäftigung, Wiedereinstiegsmaßnahmen, z.B. „spezielles Stellenangebot in den Zentren zur Erleichterung des wissenschaftlichen Wiedereinstiegs nach familienbedingter Unterbrechung“**

Ein Wechsel von Teilzeit zu Vollzeitbeschäftigung wird im Rahmen der betrieblichen Möglichkeiten auf Wunsch der Beschäftigten gewährt. Für werdende Eltern bietet die Personalentwicklung im Rahmen des Elternzeitbegleitprogrammes Beratungsgespräche und Workshops rund um das Thema Schwangerschaft an. Die Eltern erhalten zusätzliche Informationen zu konkreten persönlichen Fragen ergänzend zu den arbeitsrechtlichen Auskünften vom Personalservice. Eine weitere Zielsetzung im Rahmen des Ausbaus des Elternzeitbegleitprogramms ist es, bessere Strukturen zur Vernetzung mit den Eltern und der Eltern untereinander zu schaffen. Hierzu sind regelmäßig „family lunches“ angedacht – ein zwangloser Austausch während



der Mittagspause, wechselnd an beiden Standorten. In diesem Rahmen werden Eltern regelmäßig in quartals- bis halbjährigem Turnus zu einem Zusammentreffen eingeladen, moderiert durch das Team der Familienbetreuung der Personalentwicklung und Beruflichen Ausbildung. In den family lunches sollen Bedarfe der Zielgruppen eruiert, die Angebote bekannt gemacht und der generelle Austausch gefördert werden. In erster Linie gedacht als zusätzlicher Baustein für das Elternzeitbegleitprogramm wurde in Kooperation mit der Deutschen Rentenversicherung eine Vortragsreihe zu rentenrechtlichen Themen ausgearbeitet. Die Einstiegsthemen waren Kinder- und Erziehungszeiten sowie Teilzeit mit ihren Auswirkungen auf die Rente. Der Themenkomplex Rente wird um individuelle persönliche Beratungstermine mit Beratenden der deutschen Rentenversicherung ergänzt, die im Rahmen von Betriebssprechtagen am KIT durchgeführt werden. Neu konnte ein weiteres Beratungsmodul in Zusammenarbeit mit der Zusatzversorgung VBL installiert werden. Weiterhin aufgenommen wurden Vorträge zur Zusatzversorgung durch die VBL und das Angebot von Beratungen und Vorträge zur Altersvorsorgestrategie in Zusammenarbeit mit der deutschen Rentenversicherung.

#### (5) Kinderbetreuungseinrichtungen (betriebseigen/extern)

Das KIT bietet für die Kinder der Beschäftigten Betreuungsplätze in zwei betrieblichen Kindertagesstätten an, wobei jeweils eine Einrichtung am Campus Nord und eine am Campus Süd verortet ist. Durch einen Trägerwechsel im Sommer 2023 wurden die Konzepte der beiden Einrichtungen vereinheitlicht und haben nun beide die Themen Naturwissenschaft, Bewegung und sprachliche Bildung als Schwerpunkte ausgebildet. Angeboten werden Plätze als Krippen- und Kindergartenplätze für Kinder im Alter von drei Monaten bis Schuleintritt. Gerade das junge Aufnahmealter ist hier dem Wissenschaftsbetrieb angepasst und ermöglicht so einen frühen Wiedereinstieg nach der Elternzeit. Für Berufungszusagen, Nachwuchsgruppenleiterinnen und Nachwuchsgruppenleiter sowie Sonderforschungsbereiche stehen dem KIT in der Kindertagesstätte „Schlossgeister“ zehn weitere Plätze zur Verfügung.

Für die Beschäftigten, Promovierenden sowie Studierenden bietet das KIT mehrere Möglichkeiten, die Eltern bei Betreuungsengpässen mit einer Notbetreuung zu unterstützen (Notfallbetreuung „FlexiKids“ in der Kita, Eltern-Kind-Büro, Vermittlung von Tageseltern über Tageselternvereine). Mit „FlexiKids“ bietet das KIT eine Notfallbetreuung im KinderUniversum an. Betreut werden können generell fünf Kinder (davon zwei Krippenkinder) im Alter von sechs Monaten bis zu zwölf Jahren bei Notfällen und kurzfristigen Betreuungsbedarfen, wie Ausfall der Tagesmutter oder bei Dienstreisen. Auch können Organisationseinheiten des KIT die „FlexiKids“ für Veranstaltungen buchen und somit Seminar- und Kongressteilnehmerinnen und -teilnehmern eine Kinderbetreuung anbieten. Seit Ende 2022 können die Beschäftigten außerdem ein mobiles Eltern-Kind-Zimmer, die „KidsBox“ bei der Personalentwicklung und Beruflichen Ausbildung ausleihen. Die Kids-Box ist für einzelne Betreuungsengpässe gedacht, an welchen die Beschäftigten ihre Kinder mit zur Arbeit bringen. Sie bietet altersangepasstes Spielmaterial, ebenso wie einen Sitzmöglichkeiten für das Kind, Wickelmöglichkeit und Laufstall. Ebenso besteht eine Zusammenarbeit mit einem Tageselternverein, über welchen das Team der Familienbetreuung die Vermittlung für längerfristige Betreuungen unterstützt.

Der Arbeitsbereich „KINT – Kinder in Naturwissenschaft und Technik am KIT“ umfasst aktuell drei Maßnahmenswerpunkte; Schulkind-Betreuung (mit Fokus auf die Ferienzeiten im Schulferienkalender Ba.-Wü.), Kinder-Uni sowie Angebote zur Kongressbetreuung. Der Fokus dieser Maßnahme liegt auf der Umsetzung von Angeboten zur besseren Vereinbarkeit beruflicher und familiärer Herausforderungen und auf einer frühen Rekrutierung von Schülerinnen und Schülern für die MINT-Fachbereiche, weshalb KINT als eine Querschnittsaufgabe verstanden wird. Das Büro für Chancengleichheit führte die Schulkindbetreuung auch im Jahr

2023 während der baden-württembergischen Schulferien mit gewohnt hohem Zulauf erfolgreich weiter. Im August 2023 begeisterte die KIT-Kinder-Uni mit ihrer Auftaktmesse und insgesamt zehn Vorlesungen und stieß erneut auf reges Interesse bei der Zielgruppe der Sieben- bis Vierzehnjährigen.

Aus dem Kompensationspool für Schwangerschaften werden nahtlose Ersatzeinstellungen für Mutterschutzzeiten realisiert, so auch 2023. Dies gilt besonders für weibliche Beschäftigte mit Beschäftigungsverbot z.B. im Laborbereich und für Beamtinnen und Beamte, die ansonsten aufgrund der fehlenden finanziellen Erstattung durch die Krankenkasse erst nach Ablauf der Mutterschutzzeit ersetzt werden können. Für die Ersatzeinstellungen sind hohe Bedarfe auszumachen.

#### (6) Dual-Career-Couples-Maßnahmen

Der Dual-Career-Service konnte sein Netzwerk aus Arbeitgebern in der Technologieregion weiter ausbauen und dieses durch regionale, angrenzende Dual Career Netzwerke ergänzen. Der Service bietet den Partnern und Partnerinnen von Professorinnen und Professoren in Berufungs- und Bleibeverhandlungen sowie wissenschaftlichen Führungskräften, die neu an das KIT kommen, Unterstützung bei der beruflichen und sozialen Integration in der Region Karlsruhe. Im Berichtsjahr 2023 wurden 22 Paare unterstützt

#### (7) Auditierung von gleichstellungspolitischen und familienfreundlichen Maßnahmen

Die Zertifizierung im Rahmen des „audit familiengerechte hochschule“ ist im Sommer 2023 ausgelaufen. Gleichwohl fördert das KIT weiterhin aktiv die Vereinbarkeit von Beruf/Studium und Familie. Es ist geplant, das Thema intern unter Einbeziehung der Chancengleichheitsbeauftragten weiter strategisch voranzutreiben. Seit 2014 ist das KIT Mitglied im Verein „Familie in der Hochschule e.V.“ und hat in diesem Zuge die Charta „Familie in der Hochschule“ unterzeichnet. Mit der Unterzeichnung erfolgte eine Selbstverpflichtung zur Umsetzung familienfreundlicher Standards innerhalb der Hochschule sowie zu aktiver Vernetzung innerhalb der Hochschullandschaft.

### **Chancengleichheit von Männern und Frauen**

Das Thema „Chancengleichheit von Männern und Frauen“ wurde am KIT auch 2023 auf allen Ebenen und in zahlreichen Maßnahmen/Projekten weiterentwickelt. Dazu gehörten u. a. folgende Aktivitäten:

#### (1) Mentoring-Programme

Das Mentoring-Programm „X-Ment“ zielt darauf ab, die Karriereentwicklung von hochqualifizierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu unterstützen. Im Dezember 2023 absolvierten acht Frauen und vier Männern erfolgreich den 13. Durchlauf des Programms. Die Öffnung der Mentoring-Programme auch für Männer macht es möglich, geschlechtsspezifische Aspekte der Karriereentwicklung kontextbezogen in die Veranstaltungen zu integrieren und gemeinsam zu reflektieren. Gendersensibles Agieren im Alltag ist inzwischen eine wichtige Kompetenz für Führungskräfte und Teammitglieder, sei es durch den korrekten Sprachgebrauch oder durch eine bewusste Berücksichtigung aller Geschlechter in verschiedenen Situationen. Als zukünftige Führungskräfte entwickeln die Teilnehmenden von X-Ment frühzeitig ihre Genderkompetenz.

#### (2) Weiterbildungsmaßnahmen für (zukünftige) Führungskräfte

Seit 2009 wird das Programm „Coaching für Professorinnen“ umgesetzt. Zielsetzung des Programms ist die bedarfsorientierte Unterstützung von jungen Professorinnen, die zum ersten Mal berufen wurden, sowie erfahreneren Professorinnen. Das Programm ist so erfolgreich,

dass es auch für Professoren geöffnet wurde. Im Jahr 2023 fanden 18 Einzelcoachings mit zehn Professorinnen und acht Professoren sowie drei Treffen in drei kollegialen Coaching-Gruppen mit insgesamt elf Professorinnen und vier Professoren statt. Zudem fanden für die Führungskräfte in Verwaltung und Technik acht Einzelcoachings mit einer männlichen und sieben weiblichen Führungskräften statt. 2023 gab es erstmals das Angebot von einzelnen Coaching-Sitzungen für Führungskräfte und Professoren und Professorinnen. Insgesamt haben 13 Personen das Angebot angenommen. Weiter fanden statt selbstorganisierte kollegiale Praxisberatungen im Rahmen von vier bis sechs Terminen in sechs gemischten Gruppen mit Führungskräften aus Verwaltung und Technik sowie Teilnehmenden aus der Professorenschaft (12 männliche, 22 weibliche Führungskräfte).

### (3) Chancengerechte Besetzung von Gremien und Begutachtungsgruppen

Die Besetzung von Gremien, die nicht durch demokratische Wahlen zusammengesetzt werden, wird in § 16 Abs. 7 KIT-Gesetz (KITG) geregelt, der besagt, dass bei der Besetzung dieser Gremien Frauen und Männer gleichberechtigt berücksichtigt werden sollen. Darüber hinaus sollen im nach demokratischen Wahlgrundsätzen gewählten KIT-Senat und den KIT-Fakultätsräten mindestens drei stimmberechtigte Frauen vertreten sein. Die Chancengleichheitssatzung des KIT (§ 5) sieht dies auch für die Bereichsräte vor, darüber hinaus wird jeweils in all diesen Gremien sowie in den FuE-Kommissionen der KIT-Programme ein Frauenanteil von mindestens 30 % angestrebt. Im Übrigen sollen Findungs-, Berufungs- und andere Auswahlkommissionen zu gleichen Teilen mit Frauen und Männern besetzt werden. In der Chancengleichheitssatzung wird zugleich darauf hingewiesen, dass gerade in Disziplinen, in denen Frauen unterrepräsentiert sind, oftmals wenige Frauen in vielen Gremien mitwirken müssen. Die damit gebundene Arbeitszeit von jungen Wissenschaftlerinnen und Professorinnen darf keinen Wettbewerbsnachteil für diese darstellen. Im Jahr 2023 waren 20 Frauen unter den insgesamt 72 Mitgliedern (ohne Gäste) des KIT-Senats, was einem Frauenanteil von 28 % entspricht. Hier ist, ebenso wie in den KIT-Fakultätsräten, ein besseres Verhältnis wünschenswert, jedoch werden die Mitglieder des KIT-Senats ebenso wie die Mitglieder der KIT-Fakultätsräte unter Beachtung demokratischer Wahlgrundsätze gewählt, weshalb eine Einflussnahme nur nach den gesetzlichen Regeln möglich ist.

### (4) Beteiligung der Chancengleichheitsbeauftragten

Die Chancengleichheitsbeauftragten des KIT sind gemäß der gesetzlichen und rechtlichen Grundlagen an entsprechenden Gremien zu beteiligen. Somit sind sie in zahlreichen Gremien als Mitglied oder als Gast vertreten (z.B. Berufungskommissionen, Bereichsräte, KIT-Senat, Aufsichtsrat, KIT-Fakultätsräte, KIT-Programmkommissionen, KIT-Senatskommissionen).

### (5) Einrichtungsspezifische Frauenförderprogramme

Das Karlsruhe House of Young Scientists (KHYS), die Dienstleistungseinheit Forschungsförderung (FOR) sowie die Dienstleistungseinheit Personalentwicklung und berufliche Ausbildung (PEBA) unterstützen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei der Bewerbung auf spezielle Förderprogramme. Die Rekrutierung von Hochschullehrerinnen wird im Exzellenzuniversitäts(ExU)-Vorhaben „Gender Equity 2“ (GE 2) unterstützt, indem zusätzliches Berufungsbudget explizit zur Gewinnung herausragender Professorinnen bereitgestellt wird. Seit Projektbeginn in 2019 sind 13 herausragende Wissenschaftlerinnen durch das Gender Equity II-Berufungsbudget finanziell zusätzlich gefördert worden. Ergänzend wird in GE 2 eine Webseite mit Video, Testimonials erfolgreicher Professorinnen und Impressionen zu deren Arbeits- und Forschungsbedingungen am KIT erstellt, welche zur Rekrutierung von hochkarätigen Wissenschaftlerinnen dient. Begleitend wird im Rahmen des Projekts ein Leitfaden zur

Unterstützung der Berufungskommissionen bei der Suche für geeignete Kandidatinnen entwickelt. Das ExU-Vorhaben „Gender Equity 1“ (GE 1) verfolgt das Ziel einer KIT-weiten Stärkung von Chancengleichheit. Es wurden verschiedene top-down- wie auch bottom-up-Ansätze initiiert, die zu einem langfristigen Kulturwandel hin zu mehr Chancengleichheit beitragen sollen. So wurden bspw. 14 fachspezifische Chancengleichheitsaktivitäten finanziell gefördert und die Umsetzenden durch enge Begleitung und Workshops weiter in ihrer Genderkompetenz gestärkt. Am 11. Oktober 2023 fand die Abschlussveranstaltung der Aktivitäten mit allen Aktivitätenverantwortlichen, den Präsidiumsmitgliedern, Bereichsleitungen und Chancengleichheitsbeauftragten statt, bei der die Erfolge gewürdigt wurden und analysiert wurde, wie die Erkenntnisse aus den Aktivitäten für das gesamte KIT genutzt werden können. Der Fokus der zweiten Phase von GE 1, die sich über die verbleibenden zwei Förderjahre erstreckt, liegt auf der Konsolidierung und strategischen Weiterentwicklung der bisher geleisteten Arbeit

#### (6) Sonstige Maßnahmen zur Förderung der Chancengerechtigkeit

Um einen Kulturwandel hin zu mehr Chancengleichheit zu erreichen und damit die Attraktivität des KIT für weitere exzellente Wissenschaftlerinnen zu steigern, hat das KIT zahlreiche Maßnahmen etabliert bzw. durchgeführt:

Am 7. März 2023 luden die Chancengleichheitsbeauftragten am KIT alle Frauen zur 8. Frauenvollversammlung ein. Das Thema „Gender Pay Gap und Equal Pay“ war thematisch auf den Equal Pay Day abgestimmt, welcher zeitgleich am 7. März begangen wurde. Der Input des damaligen Präsidenten des KIT, Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, aus der Perspektive des KIT, die Vorträge zweier externer Referentinnen seitens GEW und „Netzwerk Frauen- und Geschlechterforschung NRW“ und die Möglichkeit, mit den Chancengleichheitsbeauftragten in den Austausch treten zu können, konnte rund 240 Frauen von einer Teilnahme überzeugen, womit die Chancengleichheitsbeauftragten ein äußerst positives Fazit ziehen.

Die vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg organisierten Frauenwirtschaftstage sind als jährliche Aktionstage der gleichberechtigten Beteiligung von Frauen am Erwerbsleben und in der Wirtschaft gewidmet. 2023 fanden diese vom 18. bis 21. Oktober unter dem Schwerpunktthema „#NewWork und #FlexiTime – ein Gewinn für Frauen und Unternehmen!“ statt. Das KIT beteiligte sich mit einer interaktiven Informations- und Diskussionsveranstaltung am 19. Oktober an der Initiative. Die Resonanz war mit rund 40 Anmeldungen positiv. Das Format richtet sich an Beschäftigte und Studierende des KIT wie auch an externe Teilnehmende, weshalb es einen wesentlichen Beitrag zum Thema „Parität“ und Chancengleichheit darstellt.

Um den Genderkompetenzaufbau zu fördern, wird fortlaufend das Online-Training zum Aufbau von Genderkompetenz seit 2021 obligatorisch für die ersten drei Leitungsebenen des KIT sowie die internen Mitglieder von Berufungskommissionen und freiwillig für alle Mitarbeitenden des KIT angeboten. Bis zum 31. Dezember 2023 hatten bereits über 1.450 Personen die Schulung absolviert. Darüber hinaus wurde eine Genderkompetenz-Modulreihe mit dem thematischen Schwerpunkt „Personalauswahl“ für Führungskräfte initiiert, welche Gender Biases, gendergerechte Ansprache von Bewerberinnen und den gendergerechten Umgang in Auswahlverfahren adressiert. Drei von vier Modulen fanden bereits 2023 statt.

Die Ergebnisse und Handlungsempfehlungen aus dem Projekt zur „Erhebung der aktuellen Situation von Professorinnen am KIT“ wurden in Jahr 2023 in allen relevanten Gremien des KIT diskutiert. Es wurden einige Maßnahmen abgeleitet, darunter die Weiterführung des Projektes in Form einer zweiten und dritten Erhebungsphase. Die zweite Phase wird im Jahr 2024 starten. Übergeordnetes Ziel des 2021 eingerichteten Projektes war, die Rahmenbedingungen, unter denen Professorinnen am KIT arbeiten, unter direktem Einbezug der betroffenen

Wissenschaftlerinnen zu erheben und zu analysieren. Neben internen Analysen zu Gehaltsgefüge, Ausstattung und Sichtbarkeit wurde unter externer Begleitung eine Befragung aller Professorinnen und Professoren durchgeführt.

Das 100-Professuren-Programm hat sich das ambitionierte Ziel gesetzt, unter den Neuberufungen 40 % mit Professorinnen zu besetzen und damit bis 2030 einen Frauenanteil von 20 % unter den Hochschullehrenden zu erreichen. Der Frauenanteil bei den Rufannahmen lag im Jahr 2023 bei 36 %, sodass das KIT auf einem guten Weg ist, das 20 %-Ziel beim Frauenanteil auf Ebene der Professuren zu erfüllen (2023: 19 %). Um den kritischen Übergang von der Postdoc-Phase hin zur Professur so zu gestalten, dass gerade auch Wissenschaftlerinnen und internationale Postdocs gefördert werden, wurde bereits 2017 die Tenure-Track-Professur als zusätzlicher Karriereweg etabliert und 2019 ebenso das „Young Investigator Preparation Program“ (YIG Prep Pro) zur frühen Rekrutierung von potenziellen Nachwuchsgruppenleitungen. In beiden Maßnahmen, welche im Rahmen des Ziels „Providing Reliable Academic Careers“ umgesetzt werden (auch im Rahmen der Maßnahme KIT Excellent Tenure) wird ein Frauenanteil von mind. 40 % angestrebt. Im Programm YIG Prep Pro liegt der Frauenanteil der bisherigen vier Durchläufe von 2019 bis 2023 bei 47 %.

Der jährliche Gender-Monitoring-Bericht dient als Analyse- und Reflexionsinstrument und ist damit eine wichtige Arbeitsgrundlage für die Leitungsebenen sowie die Chancengleichheitsakteurinnen und -akteure. Der Bericht beschreibt den aktuellen Stand der Frauenanteile auf Ebene der Leitungspositionen und Gremien, beim wissenschaftlichen und wissenschaftsunterstützenden Personal sowie bei den Studierenden. Zudem wird die Entwicklung der Frauenanteile in Hinblick auf die gesetzten Ziele im Rahmen des aktuellen Chancengleichheitsplans (bis 2026) dargestellt. Ein fachlicher Austausch zum Thema Gender-Monitoring erfolgt auf Hochschulebene regelmäßig im Rahmen des bundesweiten Netzwerkes Gleichstellungscontrolling an Hochschulen.

Im Jahr 2023 veranstaltete das Helmholtz Network for DEI (Diversity, Equality, Inclusion), in dem das KIT Mitglied ist, eine Online-Podiumsdiskussion zum Thema „Wissenschaftskarriere mit Behinderung“. Betroffene schilderten ihren Werdegang und ihre Situation und gaben Empfehlungen zum Umgang mit der Behinderung im Karrierekontext. Am bundesweiten Diversity-Tag wurde mit vielfältigen Workshopangeboten der Auf- bzw. Ausbau von Diversitätskompetenz vorangetrieben. Mit Veranstaltungen wie „Führung von interkulturellen Teams“, „Biases at work“ oder „Informationen barrierefrei aufbereiten“ konnten die Beschäftigten in ganz unterschiedlichen Themenfeldern ihre Kompetenz stärken. Auch 2023 wurden Mitarbeitende zu Unconscious (Gender) Biases in unterschiedlichen Zusammenhängen (z.B. Recruitment, Lehre, Wissenschaftskarriere) sensibilisiert. Durch Workshops und Vorträge konnten in insgesamt zehn Formaten rund 135 Personen erreicht werden.

Erfolgreiche Projektanträge: Im Jahr 2023 warb das KIT das Projekt „Exzellenz durch Vielfalt – Steigerung der Arbeitgeberattraktivität durch diversitätssensibles Employer Branding und Personalmarketing“ aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz Gemeinschaft ein. Das Projekt startet 2024 mit einer Laufzeit von vier Jahren und verfolgt in zwei Förderphasen die Ziele, insbesondere für die Gewinnung von Frauen und internationalen Spitzenkräften, eine Schärfung der Arbeitgebermarke zu erreichen sowie gezielt diversitätssensible Prozesse der Personalgewinnung auszubauen. Des Weiteren startete 2023 das im selben Jahr eingeworbene Projekt „Einführung von Diversity Mainstreaming am KIT“, welches als Förderung der Hochschulrektorenkonferenz im Rahmen der Initiative „Vielfalt an deutschen Hochschulen“ eingeworben wurde. Hierbei werden bestehende Aktivitäten zur Förderung von Vielfalt vernetzt und ausgebaut z.B. über ein Diversity-Monitoring oder den Ausbau von Angeboten zur

Förderung von Diversity-Kompetenzen. Ziel ist, Diversität als Querschnittsaufgabe in der gesamten Hochschule weiterzuentwickeln. Das Projekt wurde im Rahmen des 4. Helmholtz Sustainability Summits als Beitrag zu den Nachhaltigkeitszielen der UN im Bereich der sozialen Nachhaltigkeit vorgestellt.

#### (7) Gendergerechte (Bild-)Sprache und Sichtbarkeit von Chancengleichheit

Im Oktober 2021 wurde die neue Leitlinie „Gendergerecht und inklusiv: Sprache und Bildsprache der Vielfalt am Karlsruher Institut für Technologie“ vom KIT-Senat beschlossen. Die Leitlinie schafft sowohl eine Orientierungshilfe für den Alltag als auch Verbindlichkeit für die offizielle Kommunikation nach innen und außen. Sie soll einen Beitrag dazu leisten, eine offene Willkommens- und Feedback-Kultur zu etablieren, um durch eine lebendige und wertschätzende Kommunikation die Chancengleichheit sowie Vielfalt am KIT zu leben und weiter zu fördern. Durch das 2022 initiierte Projekt zur Optimierung des Chancengleichheits- und Diversitätsmarketings launchte 2023 erfolgreich eine neue zentrale Landingpage in deutscher und englischer Sprache, auf der die vielfältigen Maßnahmen und Aktivitäten gebündelt werden, die am KIT zur Verbesserung der Chancengleichheit und Diversität umgesetzt werden. Zusätzlich stellt ein in diesem Projekt neu konzipierter Leitfaden zur Außendarstellung von Chancengleichheits- und Diversitätsthemen Hinweise für die Darstellung sowie Good Practice Beispiel bereit.

#### **Kaskadenmodell**

Das KIT setzt sich gemäß dem Kaskadenmodell der GWK bis zum Jahr 2025 die nachfolgend beschriebenen Zielquoten für das wissenschaftliche Personal des KIT (ohne verwaltungs-, technisches und sonstiges Personal). Der Anwendungsbereich des Kaskadenmodells erfasst aktuell nur Personal, das der Großforschungsaufgabe (Helmholtz-Zentrum) zugeordnet wird. Nicht betrachtet wird das Personal des KIT, welches vorrangig mit einer Universitätsaufgabe betraut ist. Im Zuge der Vollendung des Fusionsprozesses mit dem zweiten KIT-Weiterentwicklungsgesetz, der Zusammenführung von Großforschungs- und Universitätsaufgaben und der Vereinheitlichung der Finanzströme strebt das KIT an, keine separaten Daten mit Bezug zur Großforschungsaufgabe, sondern nur noch einheitliche Gesamtdaten für das KIT aufzuführen. In den nachfolgenden Darstellungen sind für die definierten Personalkategorien des Kaskadenmodells die Zielquoten für den 31. Dezember 2025 festgehalten, die ausgehend vom Ist-Stand am 31. Dezember 2019 formuliert wurden. Dargestellt werden der jeweilige Ist-Stand der Jahre 2019 bis 2023, die zu erwartenden Fluktuationen, der geplante Aufwuchs sowie die Zielquoten bis 2025. Ebenfalls finden sich Begründungen zu den Zielquoten sowie Strategien und Maßnahmen, die zur Erreichung der Ziele etabliert bzw. intensiviert werden sollen. Die letzte Darstellung stellt die Erläuterungen zu den aktuellen IST-Werten (Stand 31. Dezember 2023) dar.

**Kaskadenmodell:** Ziel-Quoten am 31. Dezember 2025 und Ist-Quoten am 31. Dezember der Jahre 2019 bis 2023 für das wissenschaftliche Personal (ohne verwaltungs-, technisches und sonstiges Personal) in Köpfen (nicht: VZÄ).

| Frauenquote – Entwicklung       |                      |                 |                    |                 |                      |                 |                    |                 |                      | Frauenquote – Ableitung und Ziel 2025 |                    |                 |                      |                 |                      |                                       |                               |                                       |                                            |                                            |                           |                                          |                                          |       |
|---------------------------------|----------------------|-----------------|--------------------|-----------------|----------------------|-----------------|--------------------|-----------------|----------------------|---------------------------------------|--------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------|
| IST 31.12.2019                  |                      |                 | IST 31.12.2020     |                 |                      | IST 31.12.2021  |                    |                 | IST 31.12.2022       |                                       |                    | Ist 31.12.2023  |                      |                 | Prognose 2020 – 2025 |                                       |                               | SOLL<br>31.12.2025                    | SOLL<br>31.12.2025                         | KIT                                        |                           |                                          |                                          |       |
| Anzahl<br>Personen              | Frauen-<br>quote (%) | davon<br>Frauen | Anzahl<br>Personen | davon<br>Frauen | Frauen-<br>quote (%) | davon<br>Frauen | Anzahl<br>Personen | davon<br>Frauen | Frauen-<br>quote (%) | davon<br>Frauen                       | Anzahl<br>Personen | davon<br>Frauen | Frauen-<br>quote (%) | davon<br>Frauen | Ableitg <sup>3</sup> | Weiter-<br>setzung mit<br>Publikation | Neue Stellen<br>(Publikation) | Besatzung der<br>Positionen<br>Gesamt | Besetzung mit<br>Fluktuation &<br>Abwärtig | Frauenquote<br>davon<br>Nebe-<br>setzungen | Ziel-Frauen-<br>quote (%) | Entwicklung<br>2019-2023<br>in %-Punkten | Entwicklung<br>2019-2023<br>in %-Punkten |       |
| 4                               | 0                    | 0,0%            | 4                  | 0               | 0,0%                 | 4               | 0                  | 0,0%            | 4                    | 1                                     | 25,0%              | 4               | 0                    | 0               | 0                    | 0                                     | 0                             | 0                                     | 0                                          | -                                          | 0,0%                      | 0,0%                                     | 25,0%                                    |       |
| 5                               | 1                    | 20,0%           | 5                  | 1               | 20,0%                | 5               | 1                  | 20,0%           | 5                    | 1                                     | 20,0%              | 5               | 1                    | 0               | 0                    | 0                                     | 0                             | 0                                     | 0                                          | -                                          | 20,0%                     | 20,0%                                    | 0,0%                                     |       |
| 34                              | 2                    | 5,9%            | 30                 | 3               | 10,0%                | 28              | 2                  | 7,1%            | 32                   | 3                                     | 9,4%               | 31              | 4                    | 12,9%           | 35                   | 5                                     | 0                             | 5                                     | 1                                          | 6                                          | 14,3%                     | 14,3%                                    | 7,0%                                     |       |
| 66                              | 11                   | 16,7%           | 71                 | 12              | 16,9%                | 79              | 15                 | 18,0%           | 81                   | 17                                    | 21,0%              | 91              | 17                   | 18,7%           | 70                   | 14                                    | 3                             | 15                                    | 4                                          | 19                                         | 20,0%                     | 20,0%                                    | 2,0%                                     |       |
| 21                              | 6                    | 28,6%           | 20                 | 5               | 25,0%                | 20              | 6                  | 30,0%           | 21                   | 5                                     | 23,8%              | 17              | 6                    | 35,3%           | 25                   | 9                                     | 14                            | 3                                     | 14                                         | 4                                          | 10                        | 33,3%                                    | 36,0%                                    | -4,0% |
| 52                              | 5                    | 9,6%            | 52                 | 7               | 13,5%                | 53              | 8                  | 15,1%           | 59                   | 10                                    | 16,9%              | 63              | 11                   | 17,5%           | 63                   | 11                                    | 8                             | 0                                     | 8                                          | 11                                         | 17,5%                     | 17,5%                                    | 7,3%                                     |       |
| 2                               | 0                    | 0,0%            | 2                  | 0               | 0,0%                 | 2               | 0                  | 0,0%            | 2                    | 0                                     | 0,0%               | 2               | 0                    | 0,0%            | 2                    | 0                                     | 0                             | 0                                     | 0                                          | 0                                          | -                         | 0,0%                                     | 0,0%                                     | 0,0%  |
| WT                              | -                    | -               | -                  | -               | -                    | 3               | 1                  | 33,3%           | 4                    | 0                                     | 0,0%               | 5               | 2                    | 40,0%           | 5                    | 2                                     | 5                             | 5                                     | 5                                          | 2                                          | 40,0%                     | 40,0%                                    | #WERT!                                   |       |
| E 5 U YOGUTV-L, A/B, S (BZ, B3) | 9                    | 11,1%           | 9                  | 1               | 11,1%                | 10              | 1                  | 10,0%           | 11                   | 1                                     | 9,1%               | 10              | 1                    | 10,0%           | 7                    | 1                                     | 2                             | 0                                     | 0                                          | 0                                          | -                         | 14,3%                                    | -11,1%                                   |       |
| E15 YOGUTV-L                    | 135                  | 13              | 9,6%               | 132             | 13                   | 9,8%            | 135                | 15              | 11,1%                | 133                                   | 16                 | 12,0%           | 140                  | 24              | 36                   | 2                                     | 36                            | 5                                     | 41                                         | 13                                         | 31,7%                     | 17,1%                                    | 2,4%                                     |       |
| E14 YOGUTV-L                    | 430                  | 81              | 18,8%              | 424             | 85                   | 20,0%           | 425                | 79              | 18,6%                | 442                                   | 84                 | 19,0%           | 450                  | 99              | 119                  | 25                                    | 119                           | 20                                    | 138                                        | 43                                         | 30,9%                     | 22,0%                                    | 0,2%                                     |       |
| E13 YOGUTV-L                    | 1.038                | 326             | 31,5%              | 1.117           | 336                  | 30,1%           | 1.306              | 399             | 30,5%                | 1.402                                 | 455                | 32,5%           | 1.558                | 527             | 908                  | 284                                   | 908                           | 14                                    | 922                                        | 312                                        | 30,7%                     | 30,7%                                    | 1,0%                                     |       |

## Kaskadenmodell: Erläuterungen zu den IST-Werten (Stand 31.12.2023)

| Bitte erläutern Sie in der Vergleichstabell, aus welchen Gründen sich die IST-Werte zum Teil nicht auf dem angestrebten Niveau der SOLL-Werte befinden. |                                                                                |                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SOLL-IST-Vergleich 2023                                                                                                                                 |                                                                                | IST - SOLL Frauenquote | Erläuterung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Führungsebenen <sup>1</sup>                                                                                                                             | Zentralsektion <sup>4</sup>                                                    | 26,00%                 | ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                         | Erste Führungsebene <sup>4</sup>                                               | 0,00%                  | ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                         | Zweite Führungsebene <sup>3</sup>                                              | -1,382%                | Hier zeigt sich seit 2021 ein leichter Anstieg bei den absoluten Zahlen (rel. Anzahl Frauen) und damit auch den prozentualen Frauenanteilen, die Differenz zum gesetzten Zielwert für 2025 hat sich dadurch verringert und liegt nur noch bei 1,4 Prozentpunkten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                         | Dritte Führungsebene <sup>1</sup>                                              | -1,319%                | Durch ans KIT beauftragte W3 Professorinnen, die im Jahr 2022 eine Leitungsfunktion innerhalb der dritten Führungsebene übernommen haben und durch interne, strukturelle Veränderungen hat sich in dieser Kategorie ein Zuwachs von insg. 10 Personen ergeben.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Vergütungsgruppen                                                                                                                                       | Leitung selbständiger Forschungs- und Nachwuchsforschungsbereiche <sup>2</sup> | -7,708%                | Auf der Ebene der Nachwuchsforschung ist im Vergleich zum Vorjahr ein Anstieg bei der absoluten Anzahl der Frauen und damit auch der Frauenanteile zu verzeichnen. Die Differenz zum gesetzten Zielwert für 2025 hat sich dadurch deutlich verringert.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                         | W3/C4                                                                          | 0,00%                  | ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                         | W2/C3                                                                          | 0,00%                  | ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                         | W1                                                                             | -40,00%                | In dieser Kategorie zeigt sich keine Veränderung im Vergleich zum Vorjahr. Für das Jahr 2024 steht jedoch die Erneuerung einer W1-Professorin in der Großforschungsaufgabe in Aussicht, was den Frauenanteil bei dieser kleinen Grundgesamtheit deutlich erhöhen wird. Die hier dargestellten absoluten Zahlen sind jedoch nicht repräsentativ für die gesamte W1-Positionen, da die W1-Positionen weiterhin jedoch auch in W3-Positionen der Großforschungsaufgabe verortet, was langfristig eine positive Prognose und Entwicklung des Frauenanteils bei den Professorinnen insgesamt mit sich bringen wird. |
|                                                                                                                                                         | E 15 U TVd/TV-L, ATB, S (B2, B3)                                               | -4,286%                | Durch den Austritt einer Mannes ist im Vergleich zum Vorjahr ein leichter Anstieg beim Frauenanteil zu verzeichnen. Die Einzelgruppe E15 U TVd wird nicht mehr eingestellt, daher ist insgesamt in dieser Kategorie ein Rückgang der absoluten Zahlen zu erwarten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                                         | E15 TVd/TV-L                                                                   | -5,604%                | In dieser Kategorie zeigt sich im Vergleich zum Vorjahr ein leichter Rückgang bei den absoluten Zahlen, auch der Frauenanteil hat sich um 0,5 Prozentpunkte verringert. Betrachtet man jedoch die Entwicklung seit 2019, so ist insgesamt ein Anstieg um 2,4 Prozentpunkte zu verzeichnen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                         | E14 TVd/TV-L                                                                   | -2,272%                | Hier zeigt sich im Vergleich zu den Jahren 2022 und 2021 erneut ein Anstieg bei den absoluten Zahlen der Frauen und damit auch den prozentualen Frauenanteilen, die Differenz zum gesetzten Zielwert für 2025 hat sich dadurch weiter verringert.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                         | E13 TVd/TV-L                                                                   | 0,111%                 | ...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |



## Kaskadenmodell: Begründungen für die Festlegung der Zielquoten bis 2025

|                              |                                                                                        | Begründung zu "ambitionierte, aber realistische Zielquote"                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zentrumsleitung <sup>1</sup> |                                                                                        | • Keine geplanten Veränderungen. Hinweis: In dieser Kaskade wird lediglich der Großforschungsbereich des KIT betrachtet. Bezogen auf Gesamt-KIT (inkl. Universitätsbereich) liegt der Frauenanteil im Präsidium bei 20%                                                                                                               |
| Führungsebenen <sup>1</sup>  | Erste Führungsebene <sup>1</sup>                                                       | • Keine geplanten Veränderungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                              | Zweite Führungsebene <sup>1</sup>                                                      | • Auf Ebene der Institutsleitungen wird maximal ein Aufwuchs um eine Position erwartet, hier sollen für drei der sechs besetzbaren Positionen Frauen gewonnen werden.                                                                                                                                                                 |
|                              | Dritte Führungsebene <sup>1</sup>                                                      | • Hier kann ein leichter Aufwuchs bei den absoluten Zahlen erwartet werden. Mindestens sechs der 18 neu- bzw. wieder zu besetzenden Stellen sollen weiblich besetzt werden.                                                                                                                                                           |
|                              | Leitung selbständiger Forschungs- und Nachwuchsgruppen/Forschungsbereiche <sup>2</sup> | • 2019 wurden erstmals nicht nur die HGF-NWGL ausgewertet, sondern alle KIT-NWGL im Großforschungsbereich. In der Folge stiegen im Vgl. zu 2018 die absoluten Zahlen und der Frauenanteil ist gesunken. Bis 2025 wird hier ein leichter Aufwuchs und durch neue ChG-Maßnahmen ein deutlicher Anstieg bei den Frauenanteilen erwartet. |
| Vergütungsgruppen            | W3/C4                                                                                  | • Aufgrund der geplanten Maßnahmen aus der Exzellenzuniversität wird hier ein Anstieg bei den absoluten Zahlen und den Frauenanteilen erwartet.                                                                                                                                                                                       |
|                              | W2/C3                                                                                  | • Für diese Zielkategorie ist kein Aufwuchs zu erwarten.                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                              | W1                                                                                     | • Die Einrichtung von Juniorprofessuren (W1) wird als wissenschaftliche Qualifikationsstufe voraussichtlich überwiegend im Universitätsbereich erfolgen, daher wird hier nur ein geringer Aufwuchs erwartet.                                                                                                                          |
|                              | E 15 Ü TVöD/TV-L, ATB, S (B2, B3)                                                      | • Die Entgeltgruppe E15 Ü TVöD wird nicht mehr eingestellt, insgesamt wird mit einem Rückgang der absoluten Zahlen in diesen Positionen gerechnet und keine Neu-/Wiederbesetzung angenommen.                                                                                                                                          |
|                              | E15 TVöD/TV-L                                                                          | • Hier wird ein leichter Anstieg bei den absoluten Zahlen und ein deutlicher Anstieg bei den Frauenanteilen erwartet.                                                                                                                                                                                                                 |
|                              | E14 TVöD/TV-L                                                                          | • Hier wird ein leichter Anstieg bei den absoluten Zahlen und den Frauenanteilen erwartet.                                                                                                                                                                                                                                            |
|                              | E13 TVöD/TV-L                                                                          | • Hier wird ein leichter Anstieg bei den absoluten Zahlen und den Frauenanteilen erwartet.                                                                                                                                                                                                                                            |

<sup>1</sup> Soweit nicht Teil der darüber liegenden Ebene

<sup>2</sup> Soweit nicht Teil der 1.-3. Führungsebene

<sup>3</sup> Bis 2025 geschätzter Stellenrückgang bzw. -zuwachs, davon geschätzte Fluktuation und neue Stellen (in Personen); Aufsatzzpunkt ist das IST zum 31.12.2019

<sup>4</sup> Soweit Personen der 1. Führungsebene zugleich die Funktion der Zentrumsleitung innehaben, erfolgt eine Ausweisung sowohl in der Kategorie "Zentrumsleitung" als auch der Kategorie "Führungsebenen".

## Kaskadenmodell: Strategien und Maßnahmen zur Erreichung der Zielquoten

| Welche Strategien und Maßnahmen ergreift Ihr Zentrum, um die ambitionierten, aber realistischen Zielquoten im Jahr 2025 zu erreichen?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Strategien:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgehend von den Ergebnissen der externen Evaluation der Chancengleichheitsarbeit am KIT durch das CEWS (2018) wird ein Kulturwandel unter Chancengleichheitsaspekten angestrebt: Erarbeitung eines gemeinsamen Verständnisses von Chancengleichheit, Weiterentwicklung der Wertschätzungskultur zur Chancengleichheit, Klärung der Governance der Chancengleichheitspolitik und Ausbau von Genderkompetenz bei Leitungskräften und allen Mitarbeitenden</li> <li>• Karriereförderung von qualifizierten Frauen, v.a. für obere Leitungs-/Führungspositionen</li> <li>• Strukturelle Verankerung der Chancengleichheit und Entwicklung fachspezifischer Ansätze</li> </ul> <p><b>Maßnahmen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abgeleitete Maßnahmen aus der Exzellenzstrategie: Young Investigator Group Preparation Programm; Gender Equity 1 (Kulturwandel und fachspezifische Chancengleichheitsansätze) und Gender Equity 2 (Finanzielle Förderung zur Rekrutierung herausragender Wissenschaftlerinnen)</li> <li>• Ausbau von Genderkompetenz/Gendersensibilisierung, z. B. durch Nutzung eines eigens entwickelten Online-Moduls zur Genderkompetenz (Zielgruppe: vor allem Leitungs-/Führungskräfte, Mitglieder von Berufungskommissionen sowie alle Mitarbeitende)</li> <li>• Vielfältige und umfangreiche Maßnahmen zur Vereinbarkeit von Beruf, Wissenschaft, Studium und Familie &amp; Pflege sowie allgemeine Personalentwicklungsmaßnahmen</li> </ul> <p>Die hier beschriebenen Strategien und Maßnahmen werden auch im neuen Chancengleichheitsplan 2022-2026 festgehalten.</p> |

Parallel zu den Zielquoten im Kaskadenmodell erstellt das KIT nach § 16 Abs. 5 KITG für die Dauer von fünf Jahren einen Chancengleichheitsplan für das gesamte KIT, welcher neben einer Bestandsaufnahme und einer beschreibenden Auswertung der Beschäftigtenstruktur konkrete Ziel- und Zeitvorgaben für die Entwicklung der Chancengleichheit von Frauen und Männern enthält. Der erste Chancengleichheitsplan des KIT (2014-2018) wurde für den Zeitraum vom 1. Januar 2019 bis 31. Dezember 2021 fortgeschrieben, um eine Synchronisation mit dem Struktur- und Entwicklungsplan des KIT herzustellen. Seit dem 1. Januar 2022 gilt der neue Chancengleichheitsplan 2022-2026, welcher auf Basis der Bestandsaufnahme und Bewertung der Entwicklungen des ersten Geltungszeitraums sowie den Anforderungen des zuständigen Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Baden-Württemberg, neue Zielkategorien und Zielwerte zur Erhöhung der Frauenanteile beinhaltet. Folgende Zielzahlen zur Erhöhung der Frauenanteile hat sich das KIT bis 2026 ausgehend vom IST-Stand zum 31. Dezember 2019 gesetzt:

| <b>Zielkategorie</b>                                               | <b>2019</b> | <b>2020</b> | <b>2021</b> | <b>2022</b> | <b>2023</b> | <b>Zielwert<br/>31.12.2026</b> |
|--------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------|
| <b>Wissenschaftliches Personal</b>                                 |             |             |             |             |             |                                |
| 1. Professuren (W1-W3)                                             | 14%         | 16%         | 17%         | 18%         | 19%         | <b>20%</b>                     |
| 2. davon Juniorprof. W1 mit TT                                     | 25%         | 17%         | 14%         | 27%         | 25%         | <b>40%</b>                     |
| 3. davon Juniorprof. W1 ohne TT                                    | 29%         | 36%         | 41%         | 33%         | 29%         | <b>40%</b>                     |
| 4. Abteilung-/ Arbeitsgruppenleitungen                             | 14%         | 16%         | 16%         | 18%         | 17%         | <b>17%</b>                     |
| 5. Nachwuchsgruppenleitungen                                       | 26%         | 26%         | 33%         | 26%         | 26%         | <b>37%</b>                     |
| 6. befrist. wiss. MA mit Dr.-Titel                                 | 32%         | 31%         | 29%         | 31%         | 31%         | <b>34%</b>                     |
| 7. befrist. wiss. MA o. Dr.-Titel                                  | 27%         | 27%         | 30%         | 28%         | 32%         | <b>30%</b>                     |
| <b>Wissenschaftsunterstützendes Personal</b>                       |             |             |             |             |             |                                |
| 8. Leitungspositionen der Dienstleistungseinheiten (etc.) *        | 48%         | 42%         | 49%         | 51%         | 45%         | <b>50%</b>                     |
| 9. Unbefr. beschäftigte Frauen der EG E5-E12 im technischen Dienst | 28%         | 27%         | 28%         | 28%         | 28%         | <b>31%</b>                     |
| 10. Weibl. Auszubildende in naturw., gewerbl.-techn. Berufen       | 30%         | 31%         | 30%         | 31%         | 32%         | <b>35%</b>                     |
| <b>Leitungspositionen und Gremien</b>                              |             |             |             |             |             |                                |
| 11. Präsidiumsmitglieder                                           | 17%         | 17%         | 17%         | 17%         | 20%         | <b>33%</b>                     |
| 12. Bereichsleiter/Bereichsleiterinnen                             | 20%         | 20%         | 20%         | 20%         | 20%         | <b>20%</b>                     |
| 13. Aufsichtsrat                                                   | 54%         | 54%         | 54%         | 45%         | 36%         | <b>54%</b>                     |
| 14. KIT-Senat                                                      | 24%         | 24%         | 22%         | 22%         | 28%         | <b>30%</b>                     |
| 15. KIT-Senatskommission Chancengleichheit & Diversität            | 69%         | 71%         | 75%         | 75%         | 70%         | <b>50%</b>                     |

\* Hierzu zählen auch die (zentralen) wiss. Einrichtungen, (zentralen) Betriebseinrichtungen und Stabsstellen.

Zudem werden seit dem Berichtsjahr 2021 die Frauenanteile bei den Professuren differenziert nach Altersgruppen dargestellt, um hier ein detaillierteres Bild aufzeigen zu können. Dabei werden alle Professuren des KIT (außer Vertretungs-/Honorarprofessuren) der Besoldungsgruppen W1-W3 (inkl. C3/C4) erfasst. Die nachfolgende Übersicht stellt die Frauenanteile in den Altersgruppen über/unter 50 Jahre für das Jahr 2023 dar:

|                                      | 2023   |    |       |
|--------------------------------------|--------|----|-------|
|                                      | Gesamt | w  | w (%) |
| <b>Prof. gesamt (W1-W3/C3/C4)</b>    | 402    | 77 | 19    |
| <b>Prof. ab 50 J. (W2/W3/C3/C4)</b>  | 255    | 38 | 15    |
| <b>Prof. bis 49 J. (W2/W3/C3/C4)</b> | 116    | 31 | 27    |
| <b>W1-Prof. gesamt</b>               | 31     | 8  | 26    |

## A.1.3 Strategische Zentrumsplanung

### A.1.3.1 Mittel- und langfristige Strategie des Zentrums

#### **Gestaltungsoptionen durch neue gesetzliche Rahmenbedingungen**

Seit Verabschiedung des 2. KIT-Weitentwicklungsgesetzes (2. KIT-WG) im Februar 2021 erfolgten in enger Zusammenarbeit mit den Ministerien auf Landes- und Bundesebene umfangreiche Weichenstellungen, sodass im Jahr 2023 das neue Kapitel des KIT aufgeschlagen wurde: Seit 1. Januar 2023 sind die Neuerungen des 2. KIT-WG in voller Breite gültig. Seither erfolgen Berufungen innerhalb der einheitlichen Personalkategorie „Hochschullehrerinnen bzw. Hochschullehrer am KIT“ entweder in die Universitäts- oder – für ein Helmholtz-Zentrum einmalig – direkt in die Großforschungsaufgabe. Entsprechend können alle „Universitätsprofessorinnen bzw. Universitätsprofessoren am KIT“ sowie „Juniorprofessorinnen bzw. Juniorprofessoren am KIT“ sowohl in der Universitäts- als auch in der Großforschungsaufgabe mitwirken. Die im Vorjahr durch Wahlen neu zusammengesetzten Gremien nahmen im Jahr 2023 ihre Arbeit auf. Nach Auflösung der Sondervermögen und Vereinheitlichung des Mittelzuflusses erfolgt auch der Zugang von Bundesmitteln für die Großforschungsaufgabe über das Land; Beschaffungen und Dienstreiseabrechnungen sind einheitlich auf Landesrecht umgestellt. Für die Übernahme der Bauherreneigenschaft des KIT auch für die Landesliegenschaften zum Jahresanfang 2024 gab es intensive Vorbereitungen und Abstimmungen mit den beteiligten Ministerien und Stellen im Land. Das Jahr 2023 stand so im Zeichen des Übergangs der neuen Möglichkeiten in den Arbeitsalltag, hin zu einer „neuen Normalität“, begleitet von vielfältigen Informationsformaten für die Beschäftigten und Studierenden des KIT. Solchermaßen aufgestellt wird die strategische Handlungsfähigkeit des KIT gestärkt, um Zukunft verantwortungsvoll zu gestalten.

#### **Profilbildung und -schärfung in den großen Forschungsprogrammen**

Die Forschung am KIT ist in gleicher Weise dem Erkenntnisgewinn verpflichtet wie der Herausforderung, wesentliche Beiträge für die Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft und den Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlagen zu leisten. Das Forschungsprofil des KIT baut auf einer breiten disziplinären Basis in Natur-, Ingenieur-, Wirtschafts- sowie Geistes- und Sozialwissenschaften auf. Die Profilschärfung in den gesellschaftlichen Bedarfsfeldern Energie, Mobilität und Information beruht auf interdisziplinären Programmen und Projekten. Hierzu tragen insbesondere die Exzellenzcluster „3D Matter Made to Order“ (gemeinsam mit der Universität Heidelberg) und „Post Lithium Storage“ (gemeinsam mit der Universität Ulm) bei. Das KIT verfolgt das Ziel, seine wissenschaftlichen Stärken zu fördern und im internationalen Vergleich in Spitzenpositionen zu halten – dazu zählen seine Research Foci „Chemical and Electrochemical Energy Storage“, „Nanomaterials“, „Quantum Technologies“, „Elementary Particle and Astroparticle Physics“, „Autonomous Systems and Robotics“, „Atmospheric Sciences“ – bzw. auch neue ‚emerging trends‘ zu erkennen und zu international konkurrenzfähigen Forschungsfeldern auszubauen – das betrifft die beiden im Antrag auf Exzellenzuniversität vorgestellten Emerging Fields „Cyber Security“ und „Technology Futures and Assessment“.

Einen wesentlichen Beitrag zur Profilschärfung des KIT leistet der neu etablierte „Kontinuierlicher Fachstrategieprozess Forschung“. Ziel des Vorgehens ist es, frühzeitig strategisch herausragende Zukunftsfelder zu identifizieren und die relevanten Stakeholder am KIT in einen intensiven Austausch zu bringen. Das orchestrierte Zusammenspiel aus Top-Down und Bottom-Up erlaubt eine breite Beteiligung aus der Wissenschaft wie auch eine enge Abstimmung der Fach- mit der Leitungsebene. Die Ergebnisse tragen zu einer kontinuierlichen und dynamischen Weiterentwicklung des Forschungsportfolios des KIT und seiner Profilbildung bei.

Im Jahr 2023 startete Mitte April ein neuer Durchlauf im Strategieprozess Forschung mit einem Aufruf zur Benennung von strategisch-relevanten Themen. Aus den eingegangenen Vorschlägen wurden die Themen „Kreislaufwirtschaft“ und „Mobilität“ ausgewählt. Bis Anfang Dezember blieb den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des KIT Zeit, vorläufige Gespräche zu führen und ihr Interesse an einer Bearbeitung der Themen mit einer Absichtserklärung zu bekunden.

Das multidisziplinär ausgerichtete „Karlsruhe Center for Optics und Photonics“ (KCOP) am KIT konnte 2023 Richtfest feiern und wird im Folgejahr fertiggestellt werden, woraufhin der Ausbau zu einer international herausragenden Forschungsplattform auf dem Gebiet der Optik und Photonik begonnen wird. Das KCOP wird eine fortgeschrittene (Reinraum-)Infrastruktur mit einem entsprechenden Gerätepark für Forschungsaktivitäten von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung in den Feldern Quantitative Lebenswissenschaften, Nanophotonik für die Energiewandlung, Teratronik, hoch entwickelte Detektor- und Sensorsysteme und photonische Nanofabrikation zur Verfügung stellen. In dem 2020 gegründeten Institut für Quantenmaterialien und Technologien (IQMT) konnten die Aktivitäten auf dem Gebiet der Quantentechnologie weiter ausgebaut werden und somit an Sichtbarkeit gewinnen.

Die vier Joint Labs von Helmholtz Information erhielten auch im Jahr 2023 über den Innovationspool eine zusätzliche Finanzierung. Vor allem die informationsbasierte Materialentwicklung und -charakterisierung haben in den Joint Labs „Virtual Materials Design“ und „Model and Data Driven Materials Characterization“ ein breites Netzwerk schaffen können, wovon der gesamte Forschungsbereich Information und auch die Helmholtz-Gemeinschaft profitieren.

Im Forschungsbereich Erde und Umwelt wurde die Modellierungsstrategie stetig weiterentwickelt: So wurden von den als „Cross Topic Activity“ (CTA) etablierten Projekten „Digital Earth“ (DE) und „Advanced Earth System Modelling Capacity“ (ESM) des Programms wesentliche Beiträge diesbezüglich geleistet. Verschiedene Projekte in den Inkubatorplattformen HMC und HAICU sowie die Aktivitäten des Programmtopics „Weather and climate“ ergänzen die Entwicklung. Vor allem der enge Austausch mit Helmholtz Information (z.B. Aspekte, die im Joint-Lab ExaESM bearbeitet werden) und eine sich entwickelnde Anbindung an das Nationale Hochleistungsrechnen (NHR) zeigt die erfolgreiche FB-übergreifende Zusammenarbeit. Im Bereich der atmosphärischen Modellierung – auch unter Berücksichtigung der Luftzusammensetzung (Aerosol, Ozon, etc.) – hat eine kontinuierliche Fokussierung durch die Beteiligung an der Governance (ICON Board) und einer engen Partnerschaft mit dem DWD auf ICON(-ART) stattgefunden. Gleichzeitig liefert das Programmtopic „Weather and climate“ wichtige Beiträge zum Aufbau des DataHub und der Nationalen Forschungsdaten-Infrastruktur für Erdsystemforschung (NFDI4Earth), welche für die fortschreitende Einbindung von Daten und KI-Methoden in die Modellierung essenziell sind.

Auf dem Weg zur Klimaneutralität Deutschlands sollen die Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 65% gegenüber 1990 reduziert werden. Doch kann nicht überall gleichbleibend Wind- oder Sonnenenergie erzeugt werden, und Energie wird oft auch abseits von ihren Erzeugungsorten benötigt, zu bestimmten Zeiten sind Spitzenlasten zu erwarten. Als Europas größte Forschungsinfrastruktur für erneuerbare Energie nimmt sich das Energy Lab 2.0 dieser

Herausforderung an und erforscht die intelligente Vernetzung von umweltfreundlichen Energieerzeugern und Speichermethoden, zudem werden auf der Basis von realen Verbraucherdaten Energiesysteme der Zukunft simuliert und getestet. Ein Anlagenverbund verknüpft elektrische, thermische und chemische Energieströme sowie neue Informations- und Kommunikationstechnologien, zudem umfasst das Energy Lab ein großskaliges Reallabor und ein Simulationszentrum. Ziel der Forschungsarbeit ist es, Transport, Verteilung, Speicherung und Nutzung des Stromes zu verbessern und damit die Grundlage für die Energiewende zu schaffen. Ab 2024 fungiert das „Energy Lab“ als Dachstruktur für verschiedene Energieforschungskomponenten und -labore und wird damit nochmals auf einer neuen Ebene zur Sichtbarkeit und Profilschärfung der Energieforschung des KIT beitragen. Für das Energienetz der Zukunft, das sich zu einem Netz mit dezentraler Erzeugung und bidirektionalem Leistungsfluss entwickeln wird, hat das KIT im Juli 2023 den Antrag für die Infrastruktur „High Power Grid Lab (HPGL)“ in das Helmholtz-Verfahren eingereicht, das im Falle einer Bewilligung ebenfalls Teil des Energy Labs sein wird. Die Entscheidung wird im ersten Halbjahr 2024 erwartet.

Neben zentralen Themen der Energieforschung mit Alleinstellungsmerkmalen auch für das KIT wie z.B. Technologieentwicklungen für negative Emissionen, Batterien, Photovoltaik oder Geothermie wird auch das Thema Wasserstoff aktuell für die Zukunft strategisch aufgestellt. Zudem hat die Fusionsforschung am KIT im Jahr 2023 sowohl durch wissenschaftliche als auch politische Entwicklungen und Weichenstellungen Aufwind erhalten.

Im Rahmen des beginnenden Strategieprozesses in Vorbereitung auf die PoF V hat der Themenbeirat des Forschungsbereichs Materie im Berichtsjahr die Profilbildung des Zentrums durch seine Empfehlung, den Betrieb der Priorisierten Infrastrukturen (PRI) KATRIN/TLK, GridKa und KARA fortzuführen, weiter bestätigt. Ziel von KATRIN ist die Messung der Neutrinomasse bis Ende 2024 mit bislang unerreichter Sensitivität und die Suche nach weiteren Effekten jenseits des Standardmodells. Im Sommer 2023 wurde mit KATRIN der wichtige Meilenstein von 100 Millionen gemessenen Elektronen im Auswertefenster des Tritium-Betaspektrums erreicht. Im Tritiumlabor Karlsruhe (TLK) wurden die inneren und äußeren Tritiumkreisläufe sowie die Tritiumquelle mit Kilogrammumsatz erfolgreich betrieben, um die geforderte Zahl von mehr als 200 Messtagen für KATRIN zu ermöglichen. Um den vier LHC-Experimenten genügend hochperformanten Datenspeicher für die nähere Zukunft zur Verfügung zu stellen und damit das KIT im Bereich der Hochleistungsrechner weiter zu profilieren, wurde 2023 der Onlinespeicher des Grid-Computing-Zentrum Karlsruhe (GridKa) auf insgesamt 99 Petabyte erweitert. Die neue Forschungsinfrastruktur KITTEN – eine Zusammenführung der Beschleunigertestanlage KARA mit dem Energy Lab 2.0 – schlägt inzwischen eine Brücke zwischen Energieforschung und Teilchenphysikforschung und konzentriert sich auf die Nachhaltigkeit und Energieeffizienz von Beschleunigern.

### **Attraktiver Studienort in Europa – Umsetzung der Einheit von Forschung und Lehre im gesamten KIT**

Die Ergebnisse des 2019 abgeschlossenen Leitprojekts „Einheit von Forschung und Lehre am gesamten KIT“ im Rahmen der Dachstrategie KIT 2025 tragen dazu bei, die Verzahnung von Forschung und Lehre am KIT weiter voranzutreiben. Im Rahmen des Leitprojekts wurde ein zukunftsweisendes Thesenpapier mit fünf Fokusthemen erstellt, die in der Umsetzung sind.

Über 5.000 neue Studentinnen und Studenten starteten im Wintersemester 2023/2024 in ihr Studium am KIT. Damit scheint die Talsohle, die das KIT während der Pandemie bei den Anfängerzahlen beobachten musste, nun deutlich überwunden zu sein. Am KIT haben Studierende die Wahl zwischen 44 Bachelor- und 59 Masterstudiengängen.

Im Wintersemester 2023/24 hat das KIT zwei neue zukunftsorientierte Studiengänge eingerichtet, den Bachelor- und den Masterstudiengang Digital Economics. Das Bachelorstudium bewegt sich inhaltlich an der Schnittstelle von Ökonomie, Computer Science und gesellschaftswissenschaftlichen Themen aus den Bereichen Soziologie, Philosophie und Rechtswissenschaften. Aus interdisziplinärer Perspektive nimmt es dabei die mit der fortschreitenden Digitalisierung verbundenen Transformationsprozesse in Wirtschaft und Gesellschaft in den Blick und untersucht deren wettbewerbspolitischen, makroökonomischen und gesellschaftspolitischen Auswirkungen. Der Studiengang ist zweisprachig (deutsch/englisch) angelegt (s. auch Kapitel „Weiterentwicklung der Lehre“ oben).

### **Ausgestaltung der Innovationsstrategie**

Als eine der Kernaufgaben des KIT schlägt Innovation eine Brücke zwischen Erkenntnis und Anwendung zum gesellschaftlichen Nutzen, wirtschaftlichem Wohlstand und Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlagen. Das KIT hat im Rahmen seiner Dachstrategie KIT 2025 im Jahr 2022 das bisherige Handlungsfeld Innovation zum Handlungsfeld Transfer erweitert und damit den Technologie- und Wissenstransfer am KIT strategisch zusammengeführt, um den Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft signifikant zu stärken.

Nach Erhebungen des Gründungsradar des Stifterverbands oder des Deutschen Startup Monitors gehört das KIT in Bezug auf Gründungen seit vielen Jahren zu den führenden Wissenschaftseinrichtungen in Deutschland. Aber auch die Stadt entwickelt sich zu einem attraktiven Gründungsstandort: In einer Studie des Startup Verbandes wurde Karlsruhe bei Neugründungen pro 100.000 Einwohnern nach Platz 7 in 2022 im Jahr 2023 auf Platz 3 gelistet. Vielfältige Angebote der KIT-Gründerschmiede tragen hier zur systematischen Stärkung der Gründungskultur bei.

Wissenstransfer in die Gesellschaft bedeutet Forschung erlebbar machen und in den Dialog treten. Um dies möglich zu machen, hat das TRIANGEL mit den „Wissenswochen“ ein Schaufensterformat geschaffen, bei dem ausgewählte Themen des KIT über mehrere Tage präsentiert werden. Im Jahr 2023 wurden neben vielen anderen Veranstaltungen gemeinsam mit Instituten aus dem KIT und externen Partnern vier Wissenswochen erfolgreich umgesetzt: Architektur & Bautechnologie, Mobilität, Umwelt & Ressourcen sowie die Tage der Demokratie. Stiftungen sind wichtige Partner, um das KIT bei seinen Aufgaben der exzellenten Wissenschaft, der praxisorientierten Lehre und dem nachhaltigen Transfer der Erkenntnisse in Wirtschaft und Gesellschaft zu unterstützen. Hier leisten die Fördernden wichtige Beiträge – sei es durch die Ermöglichung neuer wissenschaftlich-technischer Infrastruktur, herausragender Forschungsprojekte und innovativer Lehrkonzepte, die Unterstützung exzellenter Nachwuchskräfte oder durch die Vergabe von Stipendien an Studierende. Um den bestehenden Partnern Danke zu sagen aber auch weitere Stiftungen mit dem KIT vertraut zu machen, wurde im November 2023 der erste Stiftungstag am KIT durchgeführt.

Im Jahr 2023 fand die KIT-Karrieremesse nach drei Jahren erstmals wieder in Präsenz statt. Wie wichtig das Thema für alle Beteiligten ist, zeigte die Zahl von rund 200 teilnehmenden Unternehmen und einer sehr großen Zahl an Studierenden und Promovierenden. Im Mai 2024 gibt es die nächste Auflage der Karrieremesse als ein interaktives Open Air Job-Festival on campus.

## **Stärkung der regionalen Verbünde**

Das KIT wird in seiner Funktion als regionaler Knotenpunkt seine langjährigen intensiven Kooperationen mit den umliegenden Hochschulen und Forschungseinrichtungen weiter ausbauen. Außerdem ist das KIT auch als Teil der Helmholtz-Gemeinschaft maßgeblich in nationalen und internationalen Forschungsnetzwerken engagiert.

Eucor – The European Campus ist ein trinationaler Verbund von fünf Universitäten in der Oberrheinregion. Zu den Mitgliedern zählen die Universitäten Basel, Freiburg, Haute-Alsace, Strasbourg sowie das KIT. Gemeinsam bündeln die Universitäten Kompetenzen von 15.000 Forscherinnen und Forschern, 13.500 Promovierenden sowie 117.000 Studierenden. Der European Campus hat gemeinsame Schwerpunkte definiert, in denen die Forschung im Verbund besonders wettbewerbsfähig ist: Quantum Sciences and Technology, Personalised Health – Precision Medicine, Sustainability und European Identities. Im Jahr 2023 wurde Professor Thomas Hirth, Vizepräsident für Transfer und Internationales des KIT, als stellvertretender Eucor-Präsident für weitere drei Jahre bestätigt. Zum Jahreswechsel 2023/2024 beginnt für Eucor eine neue Strategieperiode. Mit dem siebenjährigen Strategieplan „Eucor-Strategie 2030“ bekräftigen die Leitungen der fünf Mitgliedsuniversitäten ihr Bestreben, die Kooperation in Forschung, Lehre und Transfer fortzuschreiben und zu verstetigen.

Die Intensivierung der Zusammenarbeit von Hochschulen und Städten am Oberrhein stand auch im Blickpunkt des zweiten „Eucor-Städte-Treffens“ am 12. Oktober 2023 in Karlsruhe. Zu der Zusammenkunft von Spitzenvertreterinnen und -vertretern des trinationalen Eucor-Verbunds und seiner Sitzstädte hatten das KIT und die Stadt Karlsruhe eingeladen. Gemeinsames Ziel ist es, die Region insbesondere als Innovationsstandort weiter zu stärken.

Grenzüberschreitend forschen und lehren – diese Möglichkeit nutzt Professorin Anja Metelmann vom KIT im Forschungsfeld Quantum Computing des oberrheinischen Hochschulverbunds Eucor – The European Campus. Mit dem im Jahr 2023 neu eröffneten Europäischen Quantenzentrum in Straßburg, das als Schwesterinstitut des Instituts für QuantenMaterialien und Technologien des KIT fungiert, wird die Wissenschaftlerin die Zusammenarbeit zwischen dem KIT und der Universität Straßburg als Brückenprofessorin weiter ausbauen. Dabei geht es um die Forschung an künstlichen Quantensystemen wie supraleitenden Schaltkreisen oder elektro-optomechanischen Systemen.

Die langjährige Zusammenarbeit des KIT mit der Universität Heidelberg war 2011 mit der Gründung des „Heidelberg-Karlsruhe Research Partnership (HEiKA)“ auf eine neue Stufe gestellt worden: HEiKA ermöglicht seitdem eine fachbereichsspezifische Kooperation und gemeinsame Positionierung in hochkompetitiven Forschungsfeldern. Dazu gehört der 2018 gemeinsam eingeworbene Exzellenzcluster „3D Matter Made to Order (3DMM2O)“, der die Verbindung weiter stärkt. Hier forschen beide Institutionen interdisziplinär an innovativen Technologien und Materialien für digitale und skalierbare Additive Fertigungsverfahren, um den 3D-Druck präziser, schneller und leistungsfähiger zu machen. Ziel ist es, die 3D-Fertigung und Materialverarbeitung vom Molekül bis zur Makrostruktur vollständig zu digitalisieren. Zusätzlich zur Förderung als Exzellenzcluster innerhalb der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder wird 3DMM2O durch die Carl-Zeiss-Stiftung gefördert. Im Jahr 2023 konnte das KIT innerhalb des Exzellenzclusters ein Verfahren vorstellen, mit dem sich Nanostrukturen aus Glas sinterfrei drucken lassen. Ein hybrides organisch-anorganisches Polymerharz dient als



Ausgangsmaterial für den 3D-Druck von Siliziumdioxid. Da das Verfahren ohne Sintern auskommt, sind die dazu erforderlichen Temperaturen deutlich niedriger als bisherige Prozesse. Zugleich ermöglicht eine höhere Auflösung Nanophotonik mit sichtbarem Licht.

Auf dem Gebiet der elektrochemischen Energiespeicher wurde 2018 mit der Gründung des „Center for Electrochemical Energy Storage Ulm & Karlsruhe (CELEST)“ die langjährige Zusammenarbeit des KIT mit der Universität Ulm sowie dem Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff Forschung Baden-Württemberg ebenfalls auf eine neue Stufe gehoben. Die Aktivitäten des seit 2019 durch die DFG geförderten Exzellenzclusters „Post Lithium Storage Cluster of Excellence (POLiS)“ tragen maßgeblich und auf höchstem Niveau zum CELEST Forschungsfeld „Post-Lithium Batteries“ bei. Am 2. Februar 2023 besuchte der baden-württembergische Ministerpräsident Winfried Kretschmann den Exzellenzcluster POLiS und die Forschungsplattform CELEST, um sich über den Stand der Batterieforschung zu informieren.

### **A.1.3.2 Risikoanalyse**

Risiken aus dem Forschungs- und Geschäftsbetrieb der Anlagen und Gebäude des KIT (inkl. Großforschungsbereich) werden jährlich in einem ausführlichen Risikobericht analysiert und bewertet. Im Ergebnis wird im Risikobericht des KIT 2023 festgestellt, dass keine bestandsgefährdenden Risiken für das KIT (inkl. Großforschungsbereich) bestehen.

## A.1.4 Entwicklung der Institute (Großforschungsaufgabe)

Die Institute des KIT erfüllen im Rahmen ihrer fachlichen Zuständigkeit und der Vorgaben der Organe der zentralen Ebene, des Bereichs, der zuständigen KIT-Fakultät und des zuständigen KIT-Programms die Aufgaben des KIT in Forschung, Lehre und Innovation. Die Aufgaben in Lehre, Studium und akademischen Angelegenheiten erfüllen sie im Rahmen der Zuständigkeit der jeweiligen KIT-Fakultät. Institute werden entsprechend der Aufgaben nach § 2 Absatz 1 KITG unterschieden in solche, die überwiegend Aufgaben in der Großforschung (Großforschungsaufgaben) wahrnehmen und solche, die überwiegend Aufgaben einer Universität (Universitätsaufgaben) wahrnehmen. Da der Fokus des vorliegenden Berichts auf den Fortschritten und Entwicklungen der Großforschungsaufgabe (GFA) liegt, ist das Kapitel „Entwicklung der Institute“ entlang der Institute oder Teilinstitute mit überwiegend Großforschungsaufgabe strukturiert. Jedes Institut ist einem der fünf disziplinär gebildeten Bereiche zugeordnet. Die Bereiche gestalten die fachliche Weiterentwicklung der Disziplinen als einen institutionalisierten Rahmen zur Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen und verteilen die Ressourcen strategisch. Die jeweiligen Bereichsleiterinnen und Bereichsleiter vertreten ihre Bereiche gegenüber dem Präsidium (s. Kapitel „Daten und Fakten“ oben, S. 12).

### A.1.4.1 Bereich I – Biologie, Chemie und Verfahrenstechnik

#### A.1.4.1.1 *Institut für Biologische Grenzflächen (IBG)*

Sprecher der kollegialen Leitung: Prof. Dr. Christof M. Niemeyer

##### A.1.4.1.1.1 *Teilinstitut für Biologische Grenzflächen 1 – Biomolekulare Mikro- und Nanostrukturen (IBG 1)*

#### **Leitende Person**

Teilinstitutsleiter: Prof. Dr. Christof M. Niemeyer

#### **Kurzdarstellung**

Das IBG-1 unter der Leitung von Prof. Dr. Christof M. Niemeyer ist in das Programm Materials Systems Engineering (MSE) im Topic 3 „Adaptive and Bioinspired Materials Systems“ eingebunden. Das Institut besteht aus den Arbeitsgruppen:

- Biomolekulare Mikro- und Nanostrukturen (Prof. Dr. Christof M. Niemeyer),
- Molekulare Evolution (Dr. Kersten S. Rabe).

Die Arbeitsgruppe Biomolekulare Mikro- und Nanostrukturen befasst sich mit der Entwicklung teilsynthetischer DNA-Protein-Konjugate und deren Anwendung zur Herstellung biofunktionalisierter Mikro- und Nanostrukturen. Die nanoskaligen Einheiten werden mit Hilfe kovalenter und nicht-kovalenter Methoden aufgebaut, indem die Selbstassemblierung von programmierbaren DNA-Gerüsten und Protein-Überstrukturen genutzt wird. Hierdurch ist eine große Breite

komplexer Molekülsysteme zugänglich, die als Reagenzien für die Immunanalytik in Mikrofluidiksystemen, für die Herstellung und Anwendung von Mikroarrays aus Enzymen, Antikörpern und anderen Molekülen und den Aufbau komplexer biomolekular-modifizierter Oberflächen für Zellkulturtechniken nutzbar sind. Insbesondere eignen sich diese Systeme für Anwendungen in Materialforschung und (Bio)Katalyse.

Ein erfolgreiches Anwendungsbeispiel sind die sogenannten „all-enzyme-hydrogel“ (AEH) Materialien. Diese sind programmierbare Hydrogele, die ausschließlich aus katalytisch-aktiven Proteinen bestehen. Für ihre Herstellung werden katalytisch-aktive Proteine genetisch so modifiziert, dass sie ähnlich wie Zweikomponentenkleber polymerisieren, wenn sie zusammengegeben werden. AEH Gele werden intensiv für Anwendungen in der industriellen Biokatalyse erforscht. Eine weitere Plattform sind Nanokompositmaterialien aus DNA, Proteinen und Nanopartikeln, die für nanostrukturierte Oberflächen oder als 3D-Hydrogele einsetzbar sind, um maßgeschneiderte Eigenschaften gezielt einstellen zu können. Diese Materialien eignen sich u.a. als Zellkultursubstrate mit programmierbarer Funktionalität und eröffnen damit ein breites, biotechnologisches Anwendungsspektrum, z.B. im Bereich neuartiger „Engineered Living Materials“ (ELM) für die zellbasierte Biokatalyse.

Die Arbeitsgruppe Molekulare Evolution beschäftigt sich mit der Entwicklung neuartiger mikrobieller Wirt- und Enzymsysteme für die Biotechnologie. So werden mithilfe gerichteter Evolution Mikroorganismen und freie Enzymsysteme entwickelt, mit denen werthaltige Feinchemikalien, möglichst auf der Basis von Reststoffen (z.B. Pflanzenabfälle) hergestellt werden können. Eng mit dieser Thematik verknüpft ist die Entwicklung neuartiger auf Mikroorganismen-basierender Materialsysteme für Anwendungen in der Biokatalyse. Dr. Rabe koordiniert das BMBF-geförderten Verbundprojekt „MicroMatrix“, dessen Ziel es ist, bisher unkultivierbare mikrobielle Organismen für die Forschung zugänglich zu machen, und ist gemeinsam mit Prof. Sylvia Erhardt Sprecher des neu etablierten Fokusbereiches „Self-assembled, adaptive and biomimetic materials systems“ innerhalb des KIT-Zentrums „Materials in Technical and Life Sciences“ (MaTeLiS).

Die gemeinsam vorangetriebene biotechnologisch ausgerichtete Forschung konzentriert sich auf die Entwicklung von mikrofluidischen Methoden für die Assemblierung von Materialsystemen und die Kultivierung, Charakterisierung und Anwendung von mikrobiellen Mischkulturen. Das Thema Biofilmentechnologie fokussiert sich dabei auf Arbeiten zur informationsgestützten Identifikation und Isolierung von Mikroorganismen aus komplexen Habitaten (in Kooperation mit dem IBG-5). In diesem Kontext konnte eine neuartige Plattform zur Anreicherung, Probenahme und In-Situ-Kultivierung von mikrobiellen Mischkulturen entwickelt und erfolgreich getestet werden. Hierzu wurden mikrofluidische Chips basierend auf makroporösen Silikon-schäumen (sogenannte MESIF-Chips (macroporous elastomeric silicone foam)) entwickelt, die in ersten Tests den derzeit verfügbaren kommerziellen Systemen deutlich überlegen sind. Ein übergeordnetes Ziel dieser Arbeiten besteht darin, neuartige Materialsysteme für die industrielle Biokatalyse zu entwickeln.

### **Highlights der Forschung**

Durch Nutzung der einzigartige Adressierbarkeit auf der Nanoskala von DNA-Origami-basierten Materialien, konnten grundlegenden Prozesse in biokatalytischen Kaskaden untersucht werden. Hierzu wurden anwendungsrelevante Modellsysteme aus stereoselektiven Ketoreduktasen und Cofaktor-regenerierenden Enzymen in verschiedenen räumlichen Anordnungen immobilisiert. Mit den so aufgebauten Enzymkaskaden konnte gezeigt werden, dass eine mikroskalige Kompartimentierung einen starken Einfluss auf die Produktivität der Kaskade ausübt,

während die nanoskalige Anordnung der Enzyme überraschenderweise nur einen sehr geringen Einfluss hat (<https://doi.org/10.1002/sml.202304578>).

Durch den Einsatz von Antigen-dekorierten DNA-Nanostrukturen konnte das Verständnis der molekularen Mechanismen von allergischen Reaktionen verbessert werden. So wurde gezeigt, dass die vom Antigen gesteuerte enge Verbindung von Antikörper-Rezeptor-Komplexen der entscheidende Faktor für die Aktivierung und Auslösung der Degranulation von Mastzellen ist (<https://doi.org/10.1021/acsnano.2c12647>).

Neuartige monodisperse Schäume, die vollständig aus gentechnisch-programmierten Enzymen bestehen (AEH-Gele), konnten für den Einsatz in der kontinuierlichen Durchfluss-Biokatalyse entwickelt werden. Die biokatalytischen Schäume können direkt in Mikroreaktoren integriert werden und zeigen nach dem Trocknen eine überraschend hohe Stabilität und biokatalytische Aktivität (<https://doi.org/10.1002/adma.202303952>).

## **Strategische Ereignisse**

Für die KI-gestützte Analyse und Vorhersage neuer Materialsysteme für die Biokatalyse wurde ein Konzept für eine neue automatisierbare Plattform erstellt. Mithilfe analytischer Methoden wie isothermale Titrationskalorimetrie (ITC), dynamischer Lichtstreuung (DLS) und zeitaufgelöste Erfassung kinetischer und thermodynamischer Parameter der Enzymkatalyse wird die Reproduzierbarkeit durch Standardarbeitsverfahren (SOP), programmierte Arbeitsabläufe für die Datenanalyse und Speicherung aller Daten in F.A.I.R.-Repositorien ermöglicht. Die multidimensionalen Datensätze werden in das umfassende Forschungsdatenmanagement des IBG-1 implementiert, das auf Basis von zwei ELN (electronic lab notebook) Systemen (elabFTW und Kadi4Mat) in Eigenregie kontinuierlich ausgebaut wird.

Die Kommerzialisierung der All-Enzyme Hydrogele durch ein Gründerteam aus dem Institut wird weiter vorangetrieben. Das Team um „Catavis“ konnte die Förderphase des Ausgründungsprogramms „Helmholtz Enterprise“ erfolgreich abschließen und bemüht sich derzeit um eine Anschlussfinanzierung, beispielsweise durch EXIST.

Unter Führung des IBG-1 wird ein Antrag für die Etablierung eines DFG-Graduiertenkollegs zum Thema „AI-assisted materials design for sustainable biotransformations“ (AIM4Bio) vorbereitet, der Anfang 2024 eingereicht werden wird. In AIM4Bio soll die Biokatalyse als praktische Anwendung der biologisch-chemischen Forschung genutzt werden, um KI-gestützte Analysen und Vorhersagen mit realen Daten abzugleichen. Auf diese Weise werden leistungsfähige Rückkopplungsschleifen geschaffen, die sowohl die Vorhersagequalität der KI als auch die Leistung der industriellen Biotechnologie deutlich verbessern können.

Unter Führung des IBG-1 wird ein Konsortium zum Thema „Mikroorganismische Landwirtschaft“ aufgebaut, das auf die Entwicklung neuer mikrobieller Methoden für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft in der Agrarindustrie abzielt. Erste Arbeiten zur Analyse und Beschreibung mikrobieller Gemeinschaften aus dem Bereich gekoppelter Indoor-Farming-Systeme (z.B. Algen-, Insektenzucht, Aquaponik) wurden publiziert und damit Kontakte zu bestehenden Netzwerken (Innovationsraum „Bioökonomie auf Marinen Standorten“) konsolidiert.

## **Längerfristige Kooperationen**

### Wirtschaft

Acheron GmbH und assoziierte Partner im Innovationsraum „Bioökonomie auf Marinen Standorten“

#### Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

- DNA- und Protein-basierte Kompositmaterialien und dazu passfähige integrierte Mikroreaktionsplattformen für die automatisierte Kultivierung und Analyse von eukaryotischen Zellverbündungen und mikrobiellen Gemeinschaften Anwendungen in Kooperation mit den Arbeitsgruppen (AG) Gescher (TU Hamburg), Horn (EBI, KIT), Bastmeyer (IBCS-BIP, ZOO), Hubbuch (BLT, KIT), Wöll (IFG, KIT)
- Entwicklung der „microfluidic droplet“ Technologie als Plattform für neuartige Mikrobioreaktoren als experimentelle Hochdurchsatzmethode zur Entwicklung einer computergestützten Materialsynthese auf Basis selbstassemblierender Materialsysteme mit den AGs Reischl (IAI), Wenzel (INT) und Nestler (IAM) des KIT.
- Informationsgestützte Identifikation und Isolierung von Mikroorganismen aus komplexen Habitaten zur Entwicklung neuartiger Materialsysteme für die industrielle Biokatalyse mit der AG Kaster (IBG-5, KIT).
- Entwicklung von Prozessketten für die Herstellung biokatalytisch-aktiver Materialsysteme und Durchführung biokatalytischer Verfahren in mikrofluidischen, kompartimentierten Bioreaktoren in Kooperation mit den AG Wöll, Franzreb (IFG, KIT).
- Anwendungsentwicklungen für die zellbasierte MOSAIC Plattform in Kooperation mit MPI Dortmund, Universität Heidelberg, Universität Freiburg, MPI Stuttgart, University of Applied Sciences Upper Austria School of Engineering.

#### **A.1.4.1.1.2 Teilinstitut für Biologische Grenzflächen – Molekulare Biophysik (IBG 2)**

##### **Leitende Person**

Teilinstitutsleiterin IBG-2: Prof. Dr. Anne S. Ulrich

##### **Kurzdarstellung**

Das Teilinstitut „Molekulare Biophysik“ erforscht im Programm Natural, Artificial and Cognitive Information Processing (NACIP) im Topic 4 molekulare Aspekte der **Informationsübertragung durch Biomembranen**. Zellen empfangen Signale der Außenwelt (Hormone, Neurotransmitter, Licht) zumeist über Transmembran-Rezeptoren. Die zugrundeliegenden Wechselwirkungen zwischen Liganden/Proteinen/Lipiden sind jedoch in der flüssigkristallinen Matrix nur schwer zu erfassen. Daher entwickelt das Teilinstitut „Molekulare Biophysik“ neue strukturelle biologische Ansätze und biophysikalische Konzepte, um die Informationsverarbeitung räumlich zu beschreiben (u.a. mit Festkörper-NMR), um sie auf höheren Ebenen der Komplexität zu interpretieren (Modulation durch andere Komponenten), und um dieses Grundlagenwissen schließlich gezielt anzuwenden (photoschaltbare Agenten und Pharmaka).

- 1) **Strukturaufklärung von Membranproteinen und Rezeptoren:** Transmembran-Rezeptoren und Ionenkanäle sind die klassischen Informationsüberträger in Membranen. Die Strukturaufklärung ihrer membranständigen  $\alpha$ -Helices gelingt jedoch nur selten auf konventionellem Wege (Kristallographie, Flüssig-NMR). Daher wurden spezielle Festkörper-NMR Methoden entwickelt, die auf selektiver Isotopen-Markierung (u.a. mit neuartigen  $^{19}\text{F}$ -Aminosäuren) und orientierten Membranproben (komplementär zu orientierter CD und ATR-IR) beruhen. Auf diese Weise werden nicht nur verwandte Tyrosinkinase-Rezeptoren (PDGFR $\beta$ , PDGFR $\alpha$ , EGFR, E5) charakterisiert, miteinander verglichen und kombiniert, sondern auch verschiedene porenbildende Proteine und Kanäle (TatA, MscS, Pinholin).

Durch systematische Messungen konnte die unkonventionelle Fähigkeit von kurzen Transmembran-Helices bestätigt werden, aus der Membran heraus zu flippen und dadurch eine neue Art der Signalgebung zu entfalten [Highlight 1].

- 2) **Modulation der Signalübertragung durch andere Komponenten:** Neben den o.g. Membranproteinen ist auch die Lipidmatrix maßgeblich an der Signaltransduktion beteiligt. Zum Beispiel können sich amphiphile Moleküle in die Lipiddoppelschicht einbetten und das laterale Druckprofil und/oder die lokale Krümmung verändern. Dadurch modulieren sie die Funktion von Ionenkanälen bzw. Carrier-Proteinen, was die Reizweiterleitung bzw. Reaktivität einer Zelle beeinflusst. Dahingehend werden amphiphile Wirkstoffe (Lokalanästhetika, Physiochopharmaka), sowie Peptide (MAP- und KIA-Derivate, Epsin-Analoga) untersucht. Als kleinste funktionell bedeutsame Komponente gilt das Wasser, dessen chemische Aktivität und H-verbrückte Ordnung sich an makromolekularen Oberflächen und insbesondere an Membranen deutlich ändert. Motiviert durch aufsehererregende Publikationen über eine neue Wasser-Phase, die an Membranoberflächen und Biomaterialien generiert wurde, konnte jedoch gezeigt werden, dass es sich dabei nur um Verunreinigungen und nicht um eine neue Entdeckung handelt [Highlight 2].
- 3) **Entwicklung und Anwendung photoschaltbarer Agenten:** Im Rahmen der Photopharmakologie haben Forschende am Teilinstitut „Molekulare Biophysik“ die synthetischen Methoden optimiert und strukturelle Prinzipien etabliert, um photoschaltbare Peptidomimetika zu generieren. Die Aktivität dieser Wirkstoff-Kandidaten lässt sich mit sichtbarem bzw. UV-Licht reversibel zwischen einem „Ein“- und einem „Aus“-Zustand hin und herschalten, so dass ihre Verabreichung zeitlich und räumlich präzise kontrolliert werden kann. So wurden bekannte Wirkstoffe gegen bakterielle Infektionen (Antibiotika), gegen Krebs (Zytostatika) und gegen Ionenkanäle (Schlangengifte) modifiziert. Um die besonderen Erfordernisse bei der Arbeit mit Licht-sensitiven Molekülen zu veranschaulichen – von der Synthese, über die physikochemische Charakterisierung, bis hin zu Testreihen in Tiermodellen – wurden die entsprechenden Video-Protokolle in einer designierten Fachzeitschrift dokumentiert [Highlight 3].

### Highlights der Forschung

- [1] E.R. Stockwald et al. (2023) Length matters: functional flip of the short TatA transmembrane helix. **Biophys. J.** 122, 2125-2146
- [2] F. Greil et al. (2023) „Iteratively nafionated water“ in its solid phase at room temperature is in fact a mixture of lyophilized biological and non-biological contaminants. **J. Mol. Liquids** 385, 122351
- [3] K. Horbatok et al. (2023). *In vitro* and *in vivo* evaluation of photocontrolled biologically active compounds - potential drug candidates for cancer photopharmacology. **J. Vis. Exp.** 199, e64902

### Strategische Ereignisse

**EU-Projekt:** ALISE („Anti-cancer light-controllable antibody-peptide conjugates“) läuft seit 2021 im Verbund mit Cambridge, Riga, Amsterdam und Kiew. Im Jahr 2023 war das IBG-2 Gastgeber bei der Zwischenevaluierung mit den Partnern sowie dem EU-Officer, der dies als Vorzeige-Projekt empfiehlt.

**Japanisches Austauschprogramm:** finanziert Forschungsaufenthalt von Prof. Fernando Artega (Hokkaido Universität) und seiner Mitarbeiterin Irtaza Qureshi am IBG-2, sowie den Gegenbesuch von Dr. Sergii Afonin als Tutor der Hokkaido summer-school und Sprecher beim „Trilateral Japan-Canada-Germany Symposium“.

**Stipendien und Preise:**

Dr. Serhii Koniev erhält eine DFG-Förderung für besonders qualifizierte Postdoktorandinnen und Postdoktoranden im Walter Benjamin Programm.

Nataliia Petlovana erhält einen Aspirant Grant des KHYS.

Michel Gramberg erhält einen Wolff & Sohn Preis.

**Karriere:** Gruppenleiter Dr. Daniel Gauder durchläuft außergewöhnlichen Werdegang am IBG-2: 2005 als Industriemechaniker in der Werkstatt, Weiterbildung zum Technischen Fachwirt und Betriebswirt, berufsbegleitendes Bachelor-Studium zum Wirtschaftsingenieur, MBA Studium in Production Management, Promotion in Maschinenbau im Jahr 2023.

**Längerfristige Kooperationen**

Wirtschaft

Mit dem Unternehmen Bruker BioSpin (Karlsruhe) wird spezielle Hardware für die Festkörper-NMR entwickelt.

Hochschulen

Kooperationen mit Universitäten in Kiew, Sydney, Kyoto, Hokkaido, Paris, Québec, u.v.m., gefördert durch die EU, DFG, DAAD und ICR.

***A.1.4.1.1.3 Teilinstitut für Biologische Grenzflächen – Makromolekulare Materialien (IBG 3)***

**Leitende Person**

Teilinstitutsleiter IBG 3: Prof. Dr. Patrick Théato

**Kurzdarstellung**

Das IBG 3 ist sowohl in das Programm P3-T2 „Optics & Photonics: Materials, Devices, and Systems“ als auch in das Programm P3-T3 „Adaptive and Bioinspired Materials Systems“ eingebunden.

Im IBG 3 inkl. dem Soft Matter Synthesis Laboratory (SML) werden grundsätzlich neue chemische Wege zur Synthese von Polymeren und den daraus resultierenden Materialien entwickelt. Dies lässt sich in mehrere Bereiche unterteilen: a) Schwefel als Ressource zur Polymer-synthese, b) Neue Methoden zur Polymersynthese und Polymermodifizierung, c) Hydrogele, d) Responsive und bioinspirierte Polymere, e) Automatisierung von Polymersynthesen sowie f) Polymere im Bereich der Energiespeicherung.

Im Bereich von Hydrogelen werden in Kooperationen neue Anwendungsfelder exploriert, die zukünftig im direkten 3D Druck ausgenutzt werden können. Als neuer Bereich wurden Entwicklungen zur Automatisierung von Polymersynthesen angestoßen. Erste Erfolge wurden erreicht und werden zukünftig weiter vertieft, um so in Kombination mit KI eine Selbstkontrolle von Materialsynthesen zukünftig zu ermöglichen.

So ergeben sich durch die Arbeiten am IBG3 und SML durch den kontinuierlich erweiterten synthetischen Zugang zu neuen funktionellen Polymeren mit spannenden Eigenschaften, womit sich weitere Möglichkeiten zu Struktur-Eigenschafts-Studien eröffnen.

### Highlights der Forschung

- Es konnte eine neue präzise Synthesemethode zu Sequenz-kontrollierten Polymeren entwickelt werden, die sich prinzipiell erweitern lässt.  
Schneider S, Schwalm BL, Theato P. „AROMA: Anionic ring-opening monomer addition of allyl glycidyl ether to methoxy poly(ethylene glycol) for the synthesis of sequence-controlled polymers.“ *Programmable Materials*. 2023;1:e8. doi:10.1017/pma.2023.7
- Eine Lichtkontrollierte Änderung von Polymereigenschaften gelang dem IBG3. So kann exemplarisch die Glassübergangstemperatur von Copolymeren mittels Licht reversibel geschaltet werden.  
V. Pruthi, Y. Akae, P. Théato, „Photoresponsive Spiropyran and DEGMA-Based Copolymers with Photo-Switchable Glass Transition Temperatures.“ *Macromol. Rapid Commun.* 2023, 44, 2300270. <https://doi.org/10.1002/marc.202300270>
- In Erweiterung von effizienten Polymersynthesen konnten eine vier-Komponenten Reaktion zur Synthese von Polymeren etabliert werden, womit sich eine synthetische Plattform zur systematischen Variation von Struktur-Eigenschaftsbeziehungen eröffnet.  
Meryem S. Akdemir, Birgit Huber, Marina Simian, Hatice Mutlu, and Patrick Theato, „Main Chain 1,5-Disubstituted-1H-Tetrazole-Based Polymers via Ugi-Azide-Four-Multicomponent Polymerization (UA-4MCP)“, *ACS Applied Polymer Materials* 2023 5 (8), 6643-6650 DOI: 10.1021/acsapm.3c01231

### Strategische Ereignisse

In 2022 hatte Dr. Hatice Mutlu, Nachwuchswissenschaftlerin am SML, einen Ruf auf eine Juniorprofessur an der Université de Haute-Alsace in Mulhouse, Frankreich, angenommen. Es konnte daher im Jahr 2023 als Nachfolger für Dr. Mutlu am SML Dr. Christian Schmitt gewonnen werden.

### Längerfristige Kooperationen

Wirtschaft: Arlanxeo

Hochschulen:

- National: HIU, TU Dortmund, Universität Münster
- International: National Taiwan University (Taipei, Taiwan China), Ningbo Institute of Materials Technology & Engineering (China), Jilin University (China), University of Notre Dame (USA), University of Leeds (UK), McMaster University (Kanada), UNSAM (Argentinien).



#### **A.1.4.1.1.4 Teilinstitut für Biologische Grenzflächen – Magnetische Resonanz (IBG 4)**

##### **Leitende Person**

Teilinstitutsleiter IBG 4: Prof. Dr. Burkhard Luy

##### **Kurzdarstellung**

Innerhalb der PoF IV ist das IBG 4 im Programm „Materials Systems Engineering“ (MSE) und darin im Topic 5 „Materials Information Discovery“ eingebunden:

- Methodenentwicklung in der Magnetischen Resonanz (Prof. Dr. Burkard Luy)
- Strukturbioogie und Metabolomics (PD Dr. Claudia Muhle-Goll)
- Hyperpolarisierte Magnetresonanz (HGF-NWG Dr. Benno Meier).

Die Forschungsaufgaben des Teilinstituts innerhalb des Programms umfassen die Untersuchung von unterschiedlichsten biologisch und synthetisch inspirierten Materialien auf atomarer und molekularer Ebene in Lösung.

Die Arbeitsgruppe unter der Leitung von Prof. Dr. Burkhard Luy widmet sich der Methodenentwicklung und Anwendung in der Magnetischen Resonanz. Im Jahr 2023 lagen die Hauptarbeiten im Bereich der Puls- und Pulssequenzentwicklung als moderne Quantentechnologie in der NMR-Spektroskopie sowie bei der Charakterisierung von intrinsisch ungeordneten Proteinen und Phasenübergängen von geordneten Polymersystemen. So wurden zwei weitere schnell pulsende 2D-Korrelationsexperimente zur Untersuchung von Diffusionseigenschaften und dem molekularen Aufbau von Makromolekülen entwickelt. Zudem wurden die Arbeiten der Arbeitsgruppe in der renommierten RSC Publishing Buchreihe *New Developments in NMR* zusammengefasst. Weiterhin wurde zusammen mit der HGF-NWG Benno Meier eine Apparatur zur Bestimmung rheologischer Einflüsse mit Hilfe der NMR-Spektroskopie implementiert. Im Bereich der Quantentechnologie wurde das Programm PulseAnalyzer zur neuartigen Analyse hochkomplexer Pulse zur Manipulation von Quantensystemen entwickelt.

Die Arbeitsgruppe von PD Dr. C. Muhle-Goll untersucht biologische und chemische Fragestellungen mit Mitteln der hochauflösenden NMR-Spektroskopie. Neben der seit mehreren Jahren etablierten Charakterisierung von Substrat-Enzyminteraktionen auf dem Gebiet der intramembranären Proteolyse konnte ein  $^{19}\text{F}$ ,  $^{13}\text{C}$  HSQC-Experiment etabliert werden, mit dem die photochemische Zyklisierung einer Serie von F-tagged, o-alkynylierten N-Alkylamiden zu Indolen verfolgt wurde. Des Weiteren wurden die molekularen Details der Interaktion von Cargomolekülen mit photochromen Hydrogelen charakterisiert. Im Bereich Metabolomics konnte zusammen mit Dr. Manuel Rodriguez Gomez vom Max Rubner-Institut eine Pilotstudie zu Metainflammation von Immunzellen mittels NMR-basiertem Profiling durchgeführt werden.

Die Nachwuchsgruppe von Dr. Benno Meier konnte im Jahr 2023 neben dem Abschluss der oben bereits erwähnten Arbeit zur Rheo-NMR die Kontinuität, mit welcher Hyperpolarisationsexperimente durchgeführt werden können, deutlich verbessern. Es wurden Liganden-Bindungs-Experimente im thermischen Gleichgewicht im Kontext von Fuel Cells veröffentlicht und erste hyperpolarisierte Liganden-Bindungs-Experimente in Kollaboration mit Alvar Gossert (ETH Zürich) durchgeführt. Hierzu wurde eine vielversprechende Erfindungsmeldung eingereicht. Ebenfalls in Kollaboration mit Alvar Gossert gelang 2023 die Detektion von lediglich 20 ng Pyruvat bei einer Konzentration von lediglich 250 nM. In einer neuen Kollaboration mit Dennis Kurzbach (Universität Wien) wird Hyperpolarisation auf die Untersuchung von Biomineralisation angewendet. Eine erste Arbeit wurde 2023 veröffentlicht, eine weitere wird 2024 folgen. In Kollaboration mit Aharon Blank (Technion Haifa, Israel) wurde die Verwendung von Karbonaten als langlebige Speicher von Spin-Hyperpolarisation demonstriert. In Kollaboration

mit Geoffrey Bodenhausen (ENS Paris) Forschende am Teilinstitut für Biologische Grenzflächen – Magnetische Resonanz erstmalig Protonen mittels Bullet-DNP hyperpolarisiert und diese Methode dann auf lang-lebige Spinzustände in aliphatischen Ketten angewendet.

### **Highlights der Forschung**

Es wurde ein Rheo-NMR-Gerät entwickelt, das in Couette-Geometrie Flüssigkeiten unterschiedlicher Viskosität mit Scherraten von bis zu 50 Hz pulssequenzgesteuert untersuchen kann. Ein erstes Highlight war dabei die kinetische Untersuchung scher-induzierter Phasenübergänge in der flüssigkristallinen Phase von Poly- $\gamma$ -benzyl-L-glutamat. An dem bereits sehr intensiv untersuchten Material konnten völlig neue Erkenntnisse am Phasenübergang beobachtet werden, mit neuen Ordnungsphänomenen und Übergangsstrukturen. Viele Anfragen von internationalen Arbeitsgruppen zeigen, dass großes Interesse an der neuartigen Messmöglichkeit herrscht.

Im Bereich der Erforschung an Alzheimer beteiligter Proteine konnte eine strukturelle Arbeit zum Notch Protein und mehreren Mutanten erfolgreich abgeschlossen werden. Die Studie zeigt mehrere Konformationen auf, die für die Interaktion dieses Substrats mit der  $\gamma$ -Sekretase von besonderer Bedeutung zu sein scheinen.

Die am IBG-4 entwickelte Bullet-DNP ist eine sehr allgemein anwendbare Methode zur Steigerung der Empfindlichkeit von Hochauflösungs-NMR-Spektren. Im Jahr 2023 konnten erstmals Probenmengen unter 25 ng detektiert werden, was im Vergleich zu konventioneller Spektroskopie am identischen Spektrometer etwa einen Intensitätsgewinn um den Faktor 500 entspricht. Durch Verwendung moderner Hochfeld-NMR-Spektrometer mit Kryoprobenköpfen oder durch Mikrofluidik-NMR wird sich die Massensensitivität um mindestens eine weitere Größenordnung verbessern.

### **Strategische Ereignisse**

Im Jahr 2023 wurde die Helium-Rückgewinnungsanlage in Betrieb genommen, und sämtliche Magnete wurden an die He-Rückführung angeschlossen. Durch diese Infrastrukturmaßnahme wird die Abhängigkeit des Teilinstituts von He-Preisschwankungen, die in den vergangenen Jahren sehr groß waren und den Institutsetat finanziell sehr schwer belastet haben, deutlich reduziert und zudem rückgewonnenes Helium nachhaltig in einen Kreislauf überführt.

In einer weiteren Infrastrukturmaßnahme wurde Ende 2023 der bereits ein Jahr zuvor gelieferte Diffusionsprobenkopf installiert und in ein bestehendes Messsystem integriert. Erste Messungen zeigen, dass damit große Makromoleküle, wie etwa Proteine, RNA/DNA, sowie technische Polymere auf ihre Molekulargewichtsverteilungen innerhalb einer Mischung bestimmt werden können.

Im Labor von Dr. Benno Meier wurde ein Field-Cycling-System (Schenkung der Universität Nottingham) in Betrieb genommen und umfangreich modernisiert. Hiermit wurden bereits erfolgreich Experimente durchgeführt, die sowohl fundamentale Fragen der Magnetresonanz als auch praktische Fragestellungen für die Anwendbarkeit der Spin-Hyperpolarisation adressieren.

## **Längerfristige Kooperationen**

### Wirtschaft

- Entwicklung neuer Pulse und Pulssequenzen für diverse Anwendungsgebiete mit dem Unternehmen Bruker BioSpin GmbH, Rheinstetten.

### Hochschulen

- Entwicklung massiv paralleler NMR-basierte Ligandenbindungsdetektion im Rahmen des ERC Synergy Projekts HiScore zusammen mit J.G. Korvink (IMT, KIT), G. Bodenhausen (ENS Paris), A. Kentgens (RU Nijmegen) und A. Gossert (ETH Zürich),
- Kooperation zur Biomineralisation mit Dennis Kurzbach (Universität Wien),
- Kooperation zur Polarisations-speicherung in Karbonaten (Technion Haifa),
- Entwicklung von Pulssequenzen zur Untersuchung von intrinsisch ungeordneten Proteinen mittels NMR-Spektroskopie in Zusammenarbeit mit der Eötvös Lorand Universität Budapest,
- Strukturbio-logische Untersuchungen an Alzheimer-assoziierten Proteolysevorgängen in Zusammenarbeit mit der TU München und der LMU München,
- Identifizierung von Metaboliten in Embryoextrakten, die die Entwicklung von induzierten pluripotenten Stammzellen in Medaka Fischlinien beeinflussen, in Zusammenarbeit mit der Universität Heidelberg assoziiert an den Exzellenzcluster 3DMM20.

### **A.1.4.1.1.5 Teilinstitut für Biologische Grenzflächen – Biotechnologie und Mikrobielle Genetik (IBG 5)**

#### **Leitende Person**

Teilinstitutsleiterin IBG 5: Prof. Dr. Anne-Kristin Kaster

#### **Kurzdarstellung**

Das IBG 5 besteht aus der Arbeitsgruppe „Mikrobielle Genetik und Biotechnologie“ und ist in das Programm 3 Materials Systems Engineering (MSE) Topic 3 „Adaptive and Bioinstructive *Materials* Systems“ der PoF IV im FB Information eingebunden. Das Spektrum des IBG 5 erweitert sich kontinuierlich von der Erforschung der sog. „microbial dark matter“ zur sog. „functional dark matter“ und kombiniert In-Vivo, In-Vitro und In-Silico-Methoden. Die Kompetenz in Bezug auf KI (machine und deep learning Algorithmen) sowie big data mining werden am Teilinstitut weiter ausgebaut, um biobasierte Konzepte für die Transformation der chemischen und agrartechnischen Industrie zu einer nachhaltigeren Kreislaufwirtschaft zu ermöglichen. Hier spielen in letzter Zeit die Themen Einzelzellproteine aus Mikroorganismen für eine nachhaltige Proteinproduktion in Kollaboration mit den KIT-Instituten IKFT, LVT und BLT, sowie neue und bessere biotechnologisch relevante Enzyme wie z.B. Hydrogenasen in Kollaboration mit dem IBG-1 eine zunehmende Rolle. Das IBG 5 beherbergt die einzige europäische Pipeline für prokaryotische Einzelzell-Genomik und -Transkriptomik (single cell omics, SCO), die sowohl aerobe als auch anaerobe Mikroorganismen erforschen kann und die kontinuierlich verbessert wird. Neben einem Reinraum mit Zellsortierern, liquid handling Systemen und Next Generation Sequencing Instrumenten gehören auch bioinformatische Computer Cluster zur

Infrastruktur am Teilinstitut, die im letzten Jahr insbesondere auf Hinblick von Strukturvorhersagen von Proteinen erweitert wurden. 2023 wurden 16 Manuskripte publiziert.

### Highlights der Forschung

Ein Review zu Anwendung von Künstlicher Intelligenz auf Omics Daten, um funktionelle Annotationen von Proteinen zu ermöglichen (Arden et al. *FEMS Microbiology Reviews*, Impact Factor 15), sowie ein Originalartikel zu einer neuen selektiven Markierungsmethode basierend auf Stoffwechseleigenschaften von Mikroorganismen für die Einzelzellgenomik (Lo et al, *mSystems*, Impact Factor 6.5) erschienen im Jahr 2023. Des Weiteren wurde eine neue kultivierungsunabhängige Methode, die sog. „Midi-Metagenomik“, etabliert (Vollmers et al. *BioRxiv*), die bei der Zusammensetzung von mikrobiellen Genomen aus Umweltproben der Standard-Metagenomik überlegen ist. Eine vollständige Publikationsliste ist unter <https://www.kasterlab.com/publications/> zu finden.

### Strategische Ereignisse

Die Arbeitsgruppe besteht aus neun wissenschaftlichen Mitarbeitenden (Dr. John Vollmers, Dr. Sandra Wiegand, Dr. Jochen Müller, Dr. Florian Lenk, PD Dr. Andreas Ott, Dr. **Habibu Aliyu**, Dr. Mohammad Mojarrad, Dr. Islam Khattab, Dr. Gunnar Sturm; zwei davon zur Zeit in Teilzeit), 1,5 Stellen für technisches Personal, vier Doktorandinnen und Doktoranden, sowie Bachelor- und Masterstudierenden. Prof. Dr. Anne Kaster wurde erneut zum Bereichsratsmitglied sowie in den CRYs gewählt, sie engagiert sich im KHYS und ist Vice-Dean der BIFIGS grad school. Außerdem vertritt sie die Universitätsprofessorinnen und -professoren im KIT-Senat.

### Längerfristige Kooperationen

#### Wirtschaft

- Cytena, Freiburg, Entwicklung eines Single Cell Printers für prokaryotische Organismen
- Acheron, GmbH, Sequenzierung von mikrobiellen Gemeinschaften aus Photobioreaktoren und Biofiltern in der Landwirtschaft

#### Hochschulen

- Prof. Christof Niemeyer, IBG 1, KIT, siehe Publikationsliste
- Prof. Pavel Levkin, IBCS, KIT, Miniaturisierung von Amplifizierungs-Reaktionen
- Prof. Thomas Schwartz, IFG, KIT, Erforschung von Mikrobiomen und ihrer Reaktion auf Umwelteinflüsse und Schadstoffe
- Prof. Craig Criddle, Stanford University, Erforschung von HGT bei Bioremediation
- Prof. Fernando de la Cruz, University of Cantabria, ARG Transmission im Meer
- Prof. Shay Tal, Israel National Center for Mariculture, marines Plasmidome
- Prof. Johannes Gescher, TUHH, Entwicklung einer neuen Kultivierungsplattform für microbial dark matter
- Prof. Jörg Sauer, IKFT, KIT, Fermentationsprozesse für die Herstellung von mikrobiellem Protein
- Prof. Alexander Grünberger, BLT, KIT Entwicklung von Einzelzellplattformen
- Prof. Dirk Holtmann, BLT, KIT, Sequenzierung von Bioelektronischen Mikroorganismen

#### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

- Helmholtz Center for Environmental Research, UfZ Leipzig
- DKFZ Heidelberg, gemeinsame Doktorandin mit Prof. Benedikt Broers, Erforschung des Bias in SCO

- Universitätsklinikum Heidelberg (Sektion Neuropädiatrie und Stoffwechselmedizin) , gemeinsame Doktorandin mit Thomas Opladen, Erforschung des Mikrobioms von Patientinnen und Patienten mit seltenen genetischen Stoffwechselerkrankungen

#### **A.1.4.1.2     *Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG)***

##### **Leitende Person**

Institutsleiter: Prof. Dr. Christof Wöll

##### **Kurzdarstellung**

Die Forschungsstrategie des Instituts für Funktionelle Grenzflächen basiert auf einer Kombination moderner analytischer Verfahren mit der Entwicklung leistungsfähiger Modellsysteme, roboterunterstützter Experimente und Machine-Learning Ansätzen. Die wichtigsten Themenfelder sind die Heterogene Katalyse, die Entwicklung von biologisierten Funktionsmaterialien, die Konzeption neuartiger biotechnologischer Verfahren sowie die Oberflächenfunktionalisierung mineralischer Partikel. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Entwicklung additiver Fertigungsverfahren (3D-Druck) zur Synthese funktioneller Bauteile und Hybridmaterialien sowie magnetischer Partikel und die Charakterisierung dieser Materialien mit modernsten Verfahren. Das IFG ist Teil des Programms Materials Systems Engineering (MSE) im FB Information und darin Teil des Topics T3 (Adaptive and Bioinstructive Materials Systems Engineering).

##### **Highlights der Forschung**

Es konnte zum ersten Mal gezeigt werden, dass SURMOF-basierte Dünnschichten, die mittels roboterunterstützter Synthese erzeugt wurden, hinsichtlich ihrer Eigenschaften unter Anwendung von Machine-Learning-Algorithmen optimiert werden können

(<https://doi.org/10.1002/admi.202201771>).

Es wurde ein elektrochemischer Wirbelbettreaktor entwickelt, der eine bisher unerreichte Skalierbarkeit elektrobiotechnologischer bzw. elektrochemischer Prozesse erlaubt. Dieser Reaktor stellt einen wichtigen Schritt hin zu einer nachhaltigen Herstellung von organischen Wertstoffen und Chemikalien (Power-to-Chemicals) dar und wurde zum Patent angemeldet. In Zusammenhang mit dieser Entwicklung steht auch eine weitere Patentanmeldung über die in situ Herstellung von beschichteten Partikeln aus elektrisch geladenen Bestandteilen. Diese Partikel können beispielsweise in Wirbelschichtreaktoren als Elektrodenmaterial oder Katalysatormaterial zum Einsatz kommen.

##### **Strategische Ereignisse**

###### **Abteilung Bioprozesstechnik und Biosysteme**

Ein wichtiges strategisches Ereignis im Berichtsjahr 2023 war die erfolgreiche Einwerbung einer CZS Nexus Förderung der Carl-Zeiss-Stiftung durch Frau Dr. Gözde Kabay. Mit der Fördersumme von 1,5 Mio Euro über einen Zeitraum von fünf Jahren bearbeitet die AG von Frau Kabay aktuelle Fragestellungen der Biosensorik, insbesondere die Entwicklung neuartiger Biosensoren für eine schnelle Diagnose akuter Nierenschädigungen. In der AG von Herrn Prof. Franzreb wurde im Rahmen eines ZIM-Netzwerks ein Projekt zur KI-gestützten Geschmackserkennung sowie zur wissensbasierten, enzymatischen Geschmacksverbesserung

veganer Milchalternativen begonnen. In der AG von Frau Prof. Dr. Schepers konnte zusammen mit dem Unternehmen Evonik Industries AG eine neue Strategie zur Funktionalisierung von veganen rekombinanten Collagen-basierten Hydrogelen entwickelt werden, die in der Anmeldung von drei Patenten zur Herstellung ultraschnell aushärtender, veganer Collagengele für das 3D-Bioprinting mündete. Die Gruppe Schepers konnte im Rahmen der Exzellenzförderung das Future Fields Projekt NeuRoN (400 TEuro) einwerben, das zu einem SFB ausgearbeitet werden soll. Weitere Förderungen aus dem Strategiefond erfolgten für das Konsortium Auto.MAP, in dem ein self driving Lab für die Biomaterialentwicklung und den 3D Biodruck entwickelt werden soll (370 TEuro) und der Datenplattform KARE für KI gesteuerte KI Entwicklung zur Interoperabilität von Gesundheitsdaten und Forschungsdaten (1 Mio. Euro). Der AG von Herrn Prof. Gottwald gelang im Berichtsjahr die Entwicklung sogenannter Mito Stress Tests in 3D-Kulturen. Mit diesen ist es weltweit erstmals möglich den Sauerstoffgehalt und seine Gradienten in der direkten Mikroumgebung von Organoiden optisch zu bestimmen. Ein entsprechender Assay wurde zum Patent angemeldet.

### **Abteilung neue Polymere und Biomaterialien (NPB)**

Die Abteilung NPB wird Teil des „NanoRAM“-Konsortiums, einem EU-geförderten Doktorandenetzwerk im Rahmen der HORIZON-TMA-MSCA-Initiative. Geführt von der Aarhus University (Dänemark) besteht das Konsortium insgesamt aus 19 Partnern aus zwölf unterschiedlichen Ländern. Insgesamt werden ab 2024 14 Doktoranden gefördert, mit dem Ziel die nächste Generation an Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mit dem Fokus auf die Entwicklung und Anwendung von Nanowerkzeugen zur Handhabung und Charakterisierung von weicher Materie auszubilden. Die Abteilung NPB beteiligt sich unter der Führung von Prof. J. Lahann und Dr. M. König mit einem Projekt zur „Digitalisierung der Biomaterialforschung über einen Deep Learning Ansatz“.

### **Abteilung Chemie oxydischer und organischer Grenzflächen**

Zusammen mit Dr. Christoph Kreisbeck, Dr. Yi Luo und Prof. Dr. Pascal Friederich gründete PD Dr. Tsotsalas das Spinoff Aixelo. Aixelo bietet Unternehmen aus der Chemie- und Materialbranche die Möglichkeit, ihre Forschungs- und Entwicklungsprozesse durch den Einsatz von KI der nächsten Generation zu verbessern, um die Produktentwicklung zu beschleunigen und bahnbrechende Innovationen zu ermöglichen.

PD Dr. Tsotsalas warb ein Feodor Lynen Experienced Researcher Fellowship der Alexander von Humboldt-Stiftung ein, welches ihm einen Forschungsaufenthalt in der AG Prof. Randall Snurr an der Northwestern University, USA ermöglicht.

Prof. Dr. Wöll organisierte das 787. WE-Heraeus-Seminar mit dem Titel: „Accelerated Discovery of New Materials“, das vom 15. bis zum 18. Mai 2023 stattfand.

Außerdem wurde durch Dr. Gliemann die Implementierung des RoSyMod-Systems in die MAP@KIT-Plattform vorangetrieben.

### **Längerfristige Kooperationen**

#### Wirtschaft

KMPT-Andritz; Endress & Hauser; GlyXera; micromod; Evonik; PreSens; Schlötter AG; Wiotec; Harro Höfliger Verpackungsmaschinen GmbH, Germany; DFE Pharma GmbH, Germany; Hosokawa Micron B.V., The Netherlands; MeKo Manufacturing e.K.

### Hochschulen

University of Birmingham, GB; MIT, USA; RWTH Aachen; TU München; Universität Freiburg; Universitätsklinik Heidelberg; Universitätsklinik Mannheim; Medizinische Hochschule Hannover; Shanghai Tech University, China; Fairmat Consortium; Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Schweiz; Technion, Israel Institute of Technology, Israel.

### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Dalian, China; Dr. M. Veronica Ganduglia-Pirovano, Institute of Catalysis and Petrochemistry, CSIC, Madrid, Spain; Helmholtz-Zentrum Hereon; INM – Leibniz-Institut für Neue Materialien Saarbrücken.

## **A.1.4.1.3     *Helmholtz-Institut Ulm (HIU)***

### **Leitende Personen**

Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. Maximilian Fichtner

### **Kurzdarstellung**

Das Helmholtz-Institut Ulm (HIU) beschäftigt sich mit der Erforschung und Entwicklung von elektrochemischen Energiespeichern der nächsten und übernächsten Generation. Dazu forscht das internationale Team am HIU an zukunftsfähigen Zellkonzepten sowie Batteriematerialien für den stationären und mobilen Einsatz.

Das HIU wurde gemeinsam vom KIT und der Universität Ulm, zusammen mit zwei weiteren assoziierten Partnern, dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) sowie dem Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) gegründet. Das Institut ist auf dem Campus der Universität Ulm angesiedelt und schlägt eine Brücke zwischen den beiden Standorten Ulm und Karlsruhe.

Das HIU bündelt die unterschiedlichen Kompetenzen der vier Partner in sich und ermöglicht so einen multiperspektivischen Fortschritt in der Erforschung innovativer Energiespeicherformen. Am HIU arbeiten Chemikerinnen und Chemiker, Physikerinnen und Physiker, Materialwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler, Mathematikerinnen und Mathematiker sowie Ingenieurinnen und Ingenieure Hand in Hand. Grundlagen- und anwendungsnahe Forschung werden ebenfalls unter einem Dach zusammengefasst, um den Transfer zwischen Wissenschaft und Industrie möglichst effizient zu gestalten.

Das Direktorium, oberstes Leitungsgremium des HIU, setzt sich wie folgt zusammen: Prof. Dr. Joachim Ankerhold (Vizepräsident der Universität Ulm), Prof. Dr. Maximilian Fichtner (Geschäftsführender Direktor, KIT), Prof. Dr. Arnulf Latz (DLR), Dr. Margret Wohlfahrt-Mehrens (ZSW) und Prof. Dr. Oliver Kraft (Vizepräsident des KIT). Am 1. Oktober 2023 löste Prof. Dr. Andrea Robitzki (Leiterin Bereich 1) Prof. Dr. Oliver Kraft im HIU-Direktorium ab.

Ende 2023 arbeiteten 194 Personen am HIU, davon 176 Mitarbeitende in Ulm, 18 Mitarbeitende am Standort Karlsruhe. Darunter waren 66 Promovierende und 26 wissenschaftliche Mitarbeitende angestellt. 14 Mitarbeitende waren in der Administration des HIU tätig, davon sieben Angestellte im Bereich IT und technisches Personal. Projektunterstützend waren 13 Mitarbeitende tätig. Am HIU waren 14 Forschungsgruppenleiterinnen und -leiter (davon fünf intern) und vier assoziierte Forschungsgruppenleiterinnen und -leiter angebunden.

Am HIU gab es im Jahr 2023 zwei Professuren:

- Prof. Dr. Maximilian Fichtner, Festkörperchemie, Universität Ulm
- Prof. Dr. Arnulf Latz, Multiphysikalische Modellierung, Universität Ulm

Das HIU wird mit einem Grundhaushalt von 5,5 Mio. Euro pro Jahr – über das KIT zu 90 % vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) – und zu zehn Prozent vom Land Baden-Württemberg finanziert. Im Jahr 2023 war das HIU als reguläres Institut wissenschaftlich in die programmorientierte Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft integriert und deckte alle Forschungsaktivitäten des Topic 2 „Electrochemical Energy Storage“ im Programm „MTET: Materials and Technologies for the Energy Transition“ ab.

### **Highlights der Forschung**

**Universal & efficient extraction of lithium for Li-ion battery recycling using mechanochemistry:**  
Forschende des HIU und des KIT haben ein preisgünstiges und umweltverträgliches Wiederverwertungsverfahren für Lithium entwickelt. Ihre Publikation erschien in „Nature Communications Chemistry“. Darin geben die Forschenden an, aus Batterieabfällen bis zu 70 Prozent des Lithiums zurückzugewinnen zu können, ohne dass korrosive Chemikalien, hohe Temperaturen oder eine vorherige Sortierung der Materialien erforderlich sind. Die Methode erlaubt somit ein kostengünstiges, energieeffizientes und umweltverträgliches Recycling unterschiedlichster Lithium-Ionen-Batterien.

**Anion Storage Chemistry of Organic Cathodes for High-Energy and High-Power Density Divalent Metal Batteries:**

Die Forschenden entwickelten ein neues organisches Kathodenmaterial, das bei zukünftigen Magnesium- sowie Calcium-Batterien zur Anwendung kommen könnte. Die Kombination des neuen Elektrodenmaterials mit einer Anode aus einer Kalzium-Zinn-Legierung ermöglichte eine besonders lange Akkulaufzeit (3.000 Zyklen) bei einer Zellspannung von 2.8 V, sowie eine beachtlich hohe Energiedichte (ca. 300 Wh/kg) und Leistungsdichte (ca. 3.000 W/kg), die sich außerordentlich positiv von allen bisher bekannten Batterieformen dieser Art absetzt.

**Single-Ion Conducting Multi-block Copolymer Electrolyte for Lithium-Metal Batteries with High Mass Loading NCM811 Cathodes:**

Lithium-Metall-Batterien gelten potenziell als sicher und bieten perspektivisch eine sehr hohe Leistungs- sowie Energiedichte für zukünftige Energiespeicher. Allerdings stellt die Zellchemie auch hohe Anforderungen an die erforderliche Grenzflächenstabilität des Elektrolyten, sofern die Zellen schnell geladen werden sollen. Die HIU-Forschenden berichten über die Neu-Entwicklung eines sog. „Multiblock-Copolymerelektrolyten“, der eine hohe Ionen-leitfähigkeit sowie eine sehr hohe Grenzstromdichte sowie eine geeignete anodische Stabilität erreicht. Diese neue Materialienkombination könnte somit besonders schnelle Laderaten von Batterien ermöglichen, während sie gleichzeitig die Sicherheit dieser Zellen gewährleisten könnte.

### **Strategische Ereignisse**

*ERC-Consolidator-Grant für HIU-assozierte Forschungsgruppe*

Prof. Birgit Esser erhält für ihr Projekt „NanOBatt“ einen Consolidator-Grant des Europäischen Forschungsrats (ERC) in Höhe von 2 Mio. Euro für die Forschung an organischen Elektrodenmaterialien. Mit NanOBatt sollen organische Elektrodenmaterialien für Batterien der nächsten Generation erforscht werden. Prof. Esser ist assoziierte Forschungsgruppenleiterin am HIU.



## **Längerfristige Kooperationen**

Kooperationen mit wissenschaftlichen Partnern:

- Argonne National Laboratory (USA)
- Technical University of Denmark (Dänemark)
- Fundacion Cidetec (Spanien)
- Ulsan National Institute of Science and Technology (Südkorea)
- Nanyang Technological University (Singapur)

## **Kurzdarstellung von wissenschaftlichen Kooperationsprojekten**

2023 gab es viele wissenschaftliche Kooperationsprojekte am HIU. Zehn Projekte wurden von der Europäischen Kommission gefördert, 18 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), drei vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und vier vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Ferner wurden drei Projekte von der Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und zwei von der Vector-Stiftung unterstützt. Das Chinesisch-Deutsche Zentrum für Wissenschaftsförderung (CDZ) und das Samsung-Research-Institute-Japan (SRJ) unterstützten jeweils ein Projekt.

### **A.1.4.1.4     *Institut für Katalysatorforschung und -technologie (IKFT)***

#### **Leitende Person**

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Jörg Sauer

#### **Kurzdarstellung**

Das Institut für Katalysatorforschung und -technologie (IKFT) entwickelt Katalysatoren und Prozesstechnologien für katalytische Reaktionen zur Herstellung von chemischen Energieträgern für die sich zunehmend verändernde Rohstoffbereitstellung und Energieerzeugung. Im Forschungsbereich Energie liegen die Hauptaufgaben in den Topics 3 „Chemical Energy Carriers“ und 5 „Resource and Energy Efficiency“ des Programms „Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET)“.

Das IKFT verbindet dabei die Erforschung der relevanten Prozesse von der molekularen Ebene bis hin zur Erprobung von Verfahren in Pilotanlagen, aufbauend auf Expertise in der theoretischen Modellierung, in operando-Methoden unter Realbedingungen, im Scale-up technischer Katalysatoren und zur Integration innovativer Prozessschritte in Wertschöpfungsketten. Mittels neuer Katalysatoren und angepassten Prozessen werden vor allem die Herstellung von chemischen Wasserstoffspeichern (Methanol, DME, LOHC, zukünftig  $\text{NH}_3$ ) und Kraftstoff-Komponenten auf Basis regenerativer Rohstoffe für Anwendungen, in denen langfristig Kohlenwasserstoffe benötigt werden, untersucht. Die entsprechenden Forschungsthemen reichen von der Grundlagenforschung (Herstellung von Modellsystemen für die Katalyse, operando-Methoden, quantenmechanische Modelle) bis hin zum Prozessdesign (Reaktionskinetik und Prozesssimulation, Betrieb von parallelisierten und halbtechnischen Versuchsanlagen). Der Zugang zu kohlenstoffbasierten chemischen Energieträgern mittels biogener Zwischenprodukte, die durch thermochemische Prozesse aus Restbiomasse erzeugt werden, ist ein weiterer Schwerpunkt. Ergänzt wird das Forschungsportfolio durch Beiträge zur Einbindung der

energieintensiven Kohlenstoff-Kreislaufwirtschaft in das Energiesystem im Programm „Energy System Design“ (ESD), Topic 2 „Digitalisierung und Systemtechnik“ zur Bewertung kohlenstoffbasierter Wertschöpfungsketten. In der Lehre werden von den Dozenten und Dozentin Prof. Jörg Sauer, Prof. Nicolaus Dahmen, Prof. Olaf Deutschmann (ITCP/IKFT), Prof. Jan-Dierk Grunwaldt (ITCP/IKFT), Prof. Felix Studt, Frau Prof. Silke Behrens (IKFT) Lehrveranstaltungen in den KIT-Fakultäten für Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik (CIW) sowie für Chemie und Biowissenschaften (ChemBio) durchgeführt.

## Highlights der Forschung

Forschungsaktivitäten zur Olefinsynthese aus Methanol in der Abteilung „Theoretische Katalyse“ haben ermöglicht, den Einfluss des Si/Al Verhältnisses auf die Olefinselektivität grundlegend vorherzusagen. [doi.org/10.1021/acscatal.2c04694]

In der Abteilung „Katalysatormaterialien und Prozessentwicklung“ wurde ein neues Verfahren entwickelt, durch das aus „grünem“ Dimethylether ein für spätere Anwendungen sehr günstiges Produktspektrum aus Olefinen mit Kettenlängen von bis zu 11 C-Atomen zugänglich wird. Maßgeblich sind hierbei neu entwickelte Zeolith-Katalysatoren mit zylindrischen Porensystemen. [doi.org/10.1016/j.apcata.2023.119021; DE102021133788A1]

Im reFuls-Projekt konnte durch die Herstellung und Testung von Kraftstoffen, die in der bioliq®-Anlage im Tonnenmaßstab hergestellt wurden, die vollständige Kompatibilität zu den geltenden Abgasnormen nachgewiesen werden. Zudem wurden alternative Varianten des bioliq®-Prozesses auf ihre Kohlenstoff- und Energieeffizienz hin untersucht und vergleichend bewertet, wobei die Kombination von erneuerbarem Wasserstoff mit Biomasse als Kohlenstoffquelle besondere Vorteile bietet. [doi.org/10.1021/acs.energyfuels.3c04524]

## Strategische Ereignisse

### Gesamt-Institut

Für das Bauvorhaben zur Errichtung des neuen IKFT-Forschungsgebäudes wurden im Jahr 2023 die Leistungsphasen 3 (Entwurfsplanung) und 4 (Genehmigungsplanung) erfolgreich abgeschlossen. Der Baubeginn wird nach Stand 12/2023 im August 2024 sein.

### Abteilung „Theoretische Katalyse“

Das IKFT hat sich an der Beschaffung des neuen Rechenclusters des KIT-SCC beteiligt.

### Abteilungen „Katalysatormaterialien und Prozessentwicklung“ und „Skalierung von Prozessen mit erneuerbaren Kohlenstoffquellen“

Das IKFT hat die Errichtung des Forschungslabors CDC „Central platform for accelerated catalyst development“ beschlossen und vorgeplant, in dem ab 2024/25 innovative Technologien zur Herstellung von Katalysatoren, deren Scale-up und Formgebung sowie die prozessnahe Katalysatortestung erforscht werden. Mittelfristig soll das CDC um ein integratives Querschnittsmodul zur Prozesskontrolle und zum Datenmanagement erweitert werden, um einen umfassenden Optimierungszyklus für Katalysatormaterialien zu realisieren.

Das bioliq®-Projekt wurde 2023 erfolgreich beendet. Das Energy Lab wird ab 2024 als Priorisierte Infrastruktur (PRI) im Forschungsbereich Energie betrieben, mit dem Carbon Cycle Laboratory als einem von derzeit fünf Elementen, in dem Schlüsseltechnologien für Schließung des Kohlenstoff-Kreislaufs auf einem TRL von 4 bis 6 erforscht werden. Die Kerntechnologien der bioliq®-Anlage werden in das neue Carbon Cycle Laboratory überführt, in dem das IKFT für die Module „Biomasse-Pyrolyse“, „Pyrolyseöl-Hydrierung“ verantwortlich ist und sich zudem im Power-to-X-Lab am Projekt eXPlore beteiligt sowie die modulare Versuchsanlage „MOSYS“ für den Betrieb im Energy Lab vorbereitet. Zu diesem Zweck wird die Pilotanlage

zur Schnellpyrolyse stillgelegt und zurückgebaut. Die daran und an der kleineren Prozessentwicklungsanlage (PDU) des Instituts gewonnenen Erkenntnisse münden in die Neukonzeption einer verbesserten, flexibleren PDU. Hinzu kommt eine Hydrieranlage zur produktspezifischen Weiterverarbeitung von Synthese-Rohprodukten und Pyrolyseölen zur Herstellung von spezifikationsgerechten Kraft- und Brennstoffkomponenten

## **Längerfristige Kooperationen**

### Hochschulen

- Seit 2015 bzw. 2018: Forschungs- und Lehrkooperation zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Bioraffinerien mit der Universität Hohenheim.
- Seit 2018: In 5 Teilprojekten des DFG-Schwerpunktprogramms „Katalysatoren und Reaktoren unter dynamischen Betriebsbedingungen für die Energiespeicherung und -wandlung“ unter der Koordination von Prof. Grunwaldt (ITCP/IKFT).
- Seit 2020: Helmholtz European Partnership for Technological Advancement (HEPTA) mit der Aristoteles Universität in Thessaloniki (AUTH)
- Seit 1. Januar 2021: SFB 1441 „Tracking the Active Site in Heterogeneous Catalysis for Emission Control (TrackAct)“ mit Beteiligung mehrerer Forschungsgruppen des IKFT.

### Gemeinsame Kooperationen mit Wirtschaft, Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen

- Seit 1. Juni 2021: BMWK-Verbundvorhaben „3D-Process - Disruptive Reaktorkonzepte durch Additive Fertigung: Vom digitalen Design in die industrielle Umsetzung“ zusammen mit Evonik (Hanau) und Siemens (Berlin) sowie dem KIT-IMVT im Rahmen eines mit 1,8 Mio. Euro geförderten Teilprojekts.
- Seit 12. Oktober 2022: Internationales Forschungsprojekts CARE-O-SENE (Catalyst Research for Sustainable Kerosene) unter Koordination von Sasol Germany mit mehreren beteiligten IKFT-Arbeitsgruppen sowie dem Helmholtz Zentrum Berlin, dem Fraunhofer IKTS und Ineratec.
- Seit 1. Dezember 2022: BMDV-Verbundvorhaben REF4FU (Erneuerbare Kraftstoffe aus Grünen Raffinerien der Zukunft); mit KIT-Instituten (Förderanteil: 3,4 Mio. Euro für IKFT, IMVT, EBI-ceb, IFKM, IIP) und weiteren Partnern von DLR, DBFZ, TU Bergakademie Freiberg, CAC Chemnitz, EDL Anlagenbau und Ineratec sowie MiRO, Porsche und ASG als assoziierte Partner.

## **A.1.4.1.5    *Institut für Mikroverfahrenstechnik (IMVT)***

### **Leitende Person**

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Roland Dittmeyer

### **Kurzdarstellung**

Das IMVT war 2023 an den Helmholtz-Programmen Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET) und Energy System Design (ESD) beteiligt. Der Schwerpunkt der Forschung ist die Erzeugung strombasierter chemischer Energieträger wie z.B. flüssige Kohlenwasserstoffe (e-Fuels), Methan, Methanol oder Ammoniak aus CO<sub>2</sub>, Stickstoff und grünem

Wasserstoff mit Hilfe neuartiger modularer Synthesetechnologien im MTET-Topic „Chemical Energy Carriers“. Es werden Themen über die gesamte PtX-Prozesskette bearbeitet, d.h. von der Gewinnung von CO<sub>2</sub> aus Luft über „Direct Air Capture“-Verfahren oder verteilten biogenen Punktquellen bis hin zur Aufarbeitung der Syntheseprodukte zu spezifikationsgerechten Kraftstoffen, insbesondere zu synthetischem paraffinischem Kerosin zur Defossilisierung der Luftfahrt und Methanol für die Schifffahrt. Die Forschung zielt primär auf lastflexible Technologien, die einer variablen Stromerzeugung aus Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen zumindest teilweise folgen können. Sie schließt auch die Aktivierung von CO<sub>2</sub>, Wasser oder Stickstoff durch den Einsatz von Nichtgleichgewichts-Plasmaverfahren und alternativ Solarstrahlung ein, ebenso wie die direkte elektrochemische Reduktion von CO<sub>2</sub> zu höheren Kohlenwasserstoffen. Die stoffliche und wärmetechnische Integration der einzelnen Prozessstufen von PtX-Verfahren und die Anforderungen an dezentrale Anlagen für netzintegrierten oder Inselbetrieb an verschiedenen Einsatzorten stellen wichtige Aspekte der Untersuchungen dar. Das IMVT betreibt Power-to-X-Pilotanlagen zur strombasierten Synthese von Fischer-Tropsch-Kraftstoffen und Methanol ausgehend von verschiedenen Elektrolyseverfahren im „Energy Lab“ und nahm zusammen mit dem Institut für Automation und angewandte Informatik (IAI) auch die Gesamtprojektleitung des Energy Lab 2.0 wahr. Mit Daten aus den Power-to-X-Anlagen des Energy Lab 2.0 sowie entsprechenden digitalen Zwillingen trägt das IMVT darüber hinaus ESD-Topic „Digitalization and Systems Technologies for Flexible Solutions“ bei.

Auf der methodischen Seite verfolgt die Forschung am IMVT den Ansatz, mit modularen mikrostrukturierten Apparaten verfahrenstechnische Prozesse entscheidend zu verbessern oder durch neue Prozessfenster, die mit konventioneller Technologie nicht zugänglich sind, neue Produkte oder deutlich verbesserte Produkteigenschaften zu ermöglichen. Dies zielt auf erhöhte Ausbeute und Selektivität, reduzierten Energieverbrauch, verkürzte Entwicklungszeit sowie attraktive Kosten und hohe Flexibilität und Dynamikfähigkeit der Anlagen. Innovative Fertigungsverfahren bilden die Grundlage für die entwickelten Komponenten und Apparate, wobei additive Fertigungsverfahren für die Prozessintensivierung einen besonderen Schwerpunkt bilden.

Neben den beschriebenen Anwendungen im Kontext der Energiewende wird auch an neuen kontinuierlichen Verfahren zur stoff- und energieeffizienten Herstellung von Feinchemikalien, Nahrungsergänzungsmitteln und anderen chemischen Produkten geforscht. Kontinuierliche elektrochemische Synthesen in neuartigen Elektrolyseuren bilden in diesem Zusammenhang einen neuen Forschungsschwerpunkt am IMVT, wobei die Arbeiten primär an erfolgreiche Materialforschung anknüpfen und auf die Entwicklung leistungsfähiger Komponenten und Apparate fokussiert sind.

## **Highlights der Forschung**

Im Rahmen der Projekte Kopernikus P2X und PowerFuel wurde eine erste größere Charge von 50 Liter e-Kerosin für Verbrennungsversuche am DLR über die Fischer-Tropsch-Synthese, hydrierende Spaltung und Isomerisierung sowie anschließende destillative Fraktionierung hergestellt. Die begleitenden Analysen zeigen, dass ein normkonformer Treibstoff, der alle Parameter der ASTM D7566 erfüllt, erzeugt werden konnte.

Für seine Beiträge zur Erforschung und Entwicklung innovativer Verfahren zur Herstellung nachhaltiger strombasierter synthetischer Kraftstoffe insbesondere im Kopernikus-Projekt P2X wurde das IMVT im Februar 2023 mit dem von auto motor und sport gestifteten internationalen Paul Pietsch Preis 2023 ausgezeichnet.

Ein Fotoreaktor zur solaren Produktion von z.B. Wasserstoff auf Hausdächern oder in großen Solarfarmen wurde entwickelt. Das Fotoreaktorkonzept, das sich durch besonders niedrige Kosten, eine hohe Effizienz und einfache Übertragbarkeit auf viele Fotoreaktionen auszeichnet, wurde patentiert und konnte in einer Veröffentlichung in Joule publiziert werden. Kostengünstige Fotoreaktoren nach dieser Technologie könnten perspektivisch einen wichtigen Baustein einer erfolgreichen Energiewende darstellen.

## **Strategische Ereignisse**

Das IMVT hat in der neuen priorisierten Forschungsinfrastruktur Energy Lab des KIT die Leitung des PtX-Lab übernommen. Das Spektrum der Anlagen im PtX-Lab wird unter Einbeziehung wichtiger Drittmittelprojekte weiter ausgebaut: In der Inbetriebnahme befindet sich eine neue Container-Anlage zur kombinierten CO<sub>2</sub>-Abtrennung aus Gasen mit höherem CO<sub>2</sub>-Anteil und Synthese von e-Methanol. Darüber hinaus wird eine Anlage zur simultanen Hochtemperatur-Elektrolyse von CO<sub>2</sub> und Wasserdampf mit der e-Fuels-Syntheseanlage gekoppelt. Im Engineering befindet sich eine Power-to-Methanol Container-Anlage für das vom IMVT koordinierte Verbundprojekt PtX-Wind im Wasserstoff-Leitprojekt H<sub>2</sub>Mare. Weiterhin läuft die Beschaffung einer 500 kW AEM-Elektrolyseanlage, um den erhöhten Bedarf an grünem Wasserstoff für die verschiedenen Synthesen im PtX-Lab sowie die geplante Hydrogen Integration Plattform abzudecken. Und mit dem im Aufbau befindlichen DAC-Rooftop-Lab am IMVT wird eine neue Plattform zur Untersuchung der Integration von DAC-Technologien in Gebäude-Lüftungsanlagen geschaffen, die genutzt werden soll, um die Vision verteilter, in die gebaute Infrastruktur integrierter DAC-Anlagen als mögliche Umsetzung technischer Verfahren zur CO<sub>2</sub>-Entnahme aus der Atmosphäre weiter voranzutreiben.

Das IMVT engagiert sich auch im Bereich des Wissenstransfers zu den Themen PtX, e-Fuels und DAC. Mit Interviews und Beiträgen in verschiedenen Formaten wird die allgemeine Öffentlichkeit erreicht. Genannt seien hier die Ausstellung „Power-to-Change“, die bereits in verschiedenen Museen gezeigt wurde, Kurzvideos, die Beteiligung an Fernsehsendungen und der Dialog mit Abgeordneten auf Kreis-, Landtags- und Bundestagebene, vor allem bei deren Besuchen im Energy Lab. Im Rahmen der Helmholtz Klimainitiative HiCAM, des Kopernikus-Projekts P2X und des Wasserstoff-Leitprojekts H<sub>2</sub>Mare wurden zahlreiche Publikationen für die interessierte Öffentlichkeit und fachkundige Expertinnen und Experten erstellt. Dies wurde unterstützt durch Beiträge an der Weiterbildung für Journalistinnen und Journalisten der Akademie Leopoldina mit dem Thema ‚Kraftstoffe der Zukunft auf See produzieren‘. In einer Reportage zum Thema klimaneutrales Fliegen von energiewende tv gehen Mitarbeitende des IMVT in drei Video-Beiträgen ausführlicher auf die Forschung im Bereich nachhaltiger Flugkraftstoffe ein.

## **Längerfristige Kooperationen**

### Wirtschaft

INERATEC, ICODOS, Sunfire, Climeworks, thyssenKrupp Uhde, Cargill, Siemens AG, Siemens Energy, Evonik, Bayer AG, Eilenburger Elektrolyse- und Umwelttechnik GmbH, Glasomer, BASF SE, ESIM Chemicals, EDF, Cloud Fluid

### Hochschulen

University of Toronto (CA), TU Berlin, FAU Erlangen, Uni Dortmund, Bergakademie Freiberg, Uni Stuttgart, Uni Freiburg, Universitat Politècnica de València (ES)

#### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

DLR, FZ Jülich, hereon, UFZ, GFZ, HZB, DECHEMA, VTT (FI), IPP Garching, Differ (NL), CSIRO (AUS), EIFER

### **A.1.4.1.6    *Institut für Technische Chemie (ITC)***

#### **Leitende Person**

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Dieter Stapf

#### **Kurzdarstellung**

Die Forschung am ITC befasst sich mit den verfahrenstechnischen Grundlagen und der Entwicklung energie- und ressourceneffizienter thermochemischer Prozessketten für eine nachhaltige, klimaneutrale Kreislaufwirtschaft mit den Technologieschwerpunkten Pyrolyse, Vergasung, Reststoffverbrennung, sowie Kalzinierung. Der Kompetenzschwerpunkt liegt auf Hochtemperaturverfahren bei gemischten, festen Einsatzstoffen (organische sowie mineralische Abfallströme wie Mischkunststoffabfälle und Abfallbiomasse) mit dem Hauptziel der stofflichen Nutzung als Sekundärrohstoffe und der Abtrennung von Schad- und Störstoffen. Grundlegende Untersuchungen finden im Labor und anwendungsnahe Tests im halbtechnischen Maßstab sowie an Pilotanlagen statt. Modelltheoretische Arbeiten sind Teil dieser multiskaligen Vorgehensweise, um das verfahrenstechnische Prozessdesign und Scale-up auf Basis von Simulationsrechnungen zu ermöglichen. Der Schwerpunkt der analytischen Kompetenzen liegt in der hochauflösenden Materialanalyse der chemischen und mineralischen Zusammensetzung, physikalischer Eigenschaften, der Partikelanalyse sowie der organischen Analyse komplexer Stoffgemische.

Das ITC ist in den 5 Abteilungen Vergasungstechnologie, Technische Mineralogie, Verbrennungs- und Partikeltechnologie, Pyrolysetechnologie sowie Betrieb Pilotanlagen organisiert. In der Großforschungsaufgabe verantwortet letztere den Betrieb der Forschungsinfrastruktur Carbon Cycle Lab als Teil der Energy-Lab-Infrastruktur, u.a. mit der Demonstrationsanlage zur Synthesegaserzeugung durch Flugstromvergasung und gemeinsam mit dem IKFT, und der Anlage BRENDA zur Untersuchung von Fragestellungen der energetischen Verwertung gefährlicher Abfälle.

In der PoF IV-Periode ist der überwiegende Teil der Arbeiten des ITC zur Schließung des Kohlenstoffkreislaufs und zur Schließung mineralischer Kreisläufe im Forschungsbereich Energie, Programm MTET, im durch das ITC koordinierten Topic „Resource and energy efficiency“ abgebildet, in dem die Helmholtz-Programmforschung zur Thematik „Kreislaufwirtschaft“ stattfindet. Zusätzlich ist das ITC am Programm ESD, Topic „Digitalisation and system technology“ beteiligt, wie auch mit dem Karlsruher Expositionssystem (Air-Liquid-Interface) an den forschungsgebietsübergreifenden Aktivitäten zur Partikelexposition und Humantoxikologie im Programm NACIP, Topic „Molecular and cellular information processes“.

Darüber hinaus verantwortet das ITC das Thema Ressourceneffizienz und Dekarbonisierung im Programm- und Forschungszentren-übergreifenden Innovationspoolprojekt „Energiewende und Kreislaufwirtschaft“.

Gemeinsam mit dem MTET Topic 5 Forschungspartner (Helmholtz Institut Freiberg) sowie dem Umweltforschungszentrum Leipzig untersucht das ITC Optionen zur Kreislaufführung von

Kunststoffadditiven im Kooperationsprojekt „FINEST particulate anthropogenic material flows in a sustainable circular economy“ der Helmholtz-Sustainability-Initiative. Das Projekt beinhaltet u.a. eine Graduate School der beteiligten Promovierenden sowie umfangreiche Transferaktivitäten.

Im Helmholtz-Zeitenwende-Projekt „Rohstoffsicherung“ plant das ITC ein Kunststoffpyrolyse-Pilotanlage auf Basis Wirbelschichttechnologie für das Carbon Cycle Lab, um transferrelevante Forschung auf dem Gebiet des chemischen Recyclings von Mischkunststoffabfällen zur Reduktion der Industrieabhängigkeit von fossilen Rohstoffen zu beschleunigen.

### **Highlights der Forschung**

Erstmaliger Transfer einer Pyrolysetechnologie für Mischkunststoffabfälle in den industriellen Demonstrationsmaßstab (KIT):

Pyrolyseverfahren gelten als zentraler Baustein einer Kreislaufwirtschaft für Kunststoffe und sollen ein ressourcen- und energieeffizientes Recycling eines großen Teils der Mischkunststoffabfälle ermöglichen, die bisher nicht recyclingfähig sind und zur Kunststoffproblematik beitragen. Dies ist von besonderer Bedeutung für eine klimaneutrale Defossilisierung und Transformation der chemischen Industrie zur Schließung des anthropogenen Kohlenstoffkreislaufs. Basierend auf den grundlegenden Forschungsarbeiten am KIT und der Technologieentwicklung bis zum TRL 5 hat die Arcus Greencycling Technologies GmbH unter Nutzung der KIT-Lizenz die Schneckenpyrolysetechnologie für Mischkunststoffabfälle skaliert und eine erste Demonstrationsanlage für 4.000 t/a erfolgreich in Betrieb genommen. Integriert in den Chemiepark Höchst produziert die Anlage als Muster für dezentrale Pyrolyse recycelte Rohstoffe für die Polymerherstellung in Deutschland.

### **Strategische Ereignisse**

Aktuell läuft das Berufungsverfahren für die Professur „Verfahrenstechnik chemischer Rohstoffe und Energieträger“ (Nachfolge Prof. Kolb), verbunden mit der Leitung des Engler-Bunte-Instituts Bereich chemische Energieträger / Brennstofftechnik in der Universitätsaufgabe, die mit der Leitung der Abteilung Vergasungstechnologie des ITC in der Großforschungsaufgabe verbunden ist.

### **Längerfristige Kooperationen**

#### Wirtschaft

- Kooperation mit den Unternehmen Air Liquide Global E&C Solutions Germany sowie Air Liquide Forschung und Entwicklung für die Hochdruck-Flugstromvergasung im Bereich der Prozessoptimierung
- Kooperation mit Arcus Greencycling Technologies GmbH zur Technologie der Pyrolyse von Kunststoffabfällen im Schneckenreaktor
- Kooperation mit Basell Polyolefine GmbH zur katalytischen Pyrolyse von Polyolefinen
- Kooperation mit Lanxess AG zur Verwertung von Kunststoffen, die Flammschutzmittel enthalten, durch Pyrolyse
- Kooperation mit der Vitrocell Systems GmbH zur Weiterentwicklung und Vermarktung des Karlsruher Expositionssystems.

#### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

- Kooperation mit der Bundesanstalt für Materialforschung zur Untersuchung des Abbaus Polyfluorierter Alkylsubstanzen (PFAS) bei der Thermischen Verwertung von Abfallstoffen.

### **A.1.4.1.7    *Institut für Biologische und Chemische Systeme (IBCS)***

Kollegiale Institutsleitung:

Prof. Dr. Stefan Bräse (IBCS-FMS, Sprecher), Prof. Dr. Martin Bastmeyer (IBCS-BIP)

#### **A.1.4.1.7.1    *Teilinstitut für Biologische Informationsprozessierung (IBCS-BIP)***

##### **Leitende Person**

Teilinstitutsleiter: Prof. Dr. Martin Bastmeyer

##### **Kurzdarstellung**

Der Schwerpunkt der Arbeiten des Teilinstituts IBCS-BIP liegt in der Aufklärung der molekularen Mechanismen, die der biologischen Informationsverarbeitung in Zellen und Modellorganismen zugrunde liegen. Ziel ist es, dieses Wissen in „proof-of-principle“-Anwendungen unmittelbar in der Informationstechnologie und Biotechnologie sowie mittelbar in der Medizin einzubringen. Die Arbeiten sind im Forschungsbereich Information im Programm Natural, Artificial and Cognitive Information Processing (NACIP) verortet.

Dabei spielen die Charakterisierung und quantitative Erfassung von molekularen Netzwerken, die der Zellproliferation, der Zelldifferenzierung und den pathologischen Prozessen zugrunde liegen, eine bedeutende Rolle. Die methodischen Ansätze am IBCS-BIP reichen von der Molekular- und Zellbiologie über Mikroskopie, Proteomik, Genomik, Modellierungen bis hin zur komplexen Genetik. Hierbei werden Modellorganismen wie Maus, Zebrafisch und Medaka sowie humane Zelllinien und Stammzellen verwendet. Der Zebrafisch eignet sich insbesondere für systematische Studien, weil er ein leicht zugängliches Modellsystem für die Vertebratenentwicklung darstellt. Seine Embryonen sind transparent und können mit Hilfe zeitlich-räumlich hochauflösender mikroskopischer Methoden quantitativ über längere Zeit analysiert werden.

##### **Highlights der Forschung**

Im Jahr 2012 wurde das European Zebrafish Ressource Center (EZRC) gegründet, welches am IBCS-BIP betrieben wird.

Zebrafische teilen ca. 75% ihrer Gene mit dem Menschen und 84% der menschlichen Gene, die mit Krankheiten assoziiert sind, findet man auch im Zebrafisch. Das macht sie zu idealen Modellorganismen für die Untersuchung der Ursachen zahlreicher Krankheiten. Das EZRC fördert den Tierschutz in der Forschung, da Tierexperimente in mehrfacher Hinsicht durch die Arbeit des EZRC vermieden werden, da es mutante Zebrafischlinien aus aller Welt in Form von gefrorenen Spermaproben einlagert. Durch die Vorhaltung der Mutanten leistet das EZRC einen wertvollen Beitrag zum 3R-Prinzip (Replace, Reduce, Refine). Alle Linien werden über einen Webshop angeboten und können nach In Vitro-Fertilisation an die Interessenten verschickt werden. Im Jahre 2020 überschritt die Zahl der eingelagerten Linien die 30.000 Marke und ist seither kontinuierlich ansteigend. Somit wurde die Stammsammlung, die für die zukünftigen Arbeiten zur Biologischen Informationsprozessierung eine herausragende genetische Ressource darstellt, weiter ausgebaut. Es ist auch eine zunehmende Zahl von Kunden aus



der Industrie zu verzeichnen. Das EZRC wurde in der PoF IV-Begutachtung als besonders wertvolle Infrastruktur gesehen, die zusammen mit dem Screening Centre eine weltweit einzigartige Infrastruktur darstellt.

Obgleich wir alle das gleiche Genom haben, sind wir dennoch leicht unterschiedlich, sodass wir zum Beispiel auf Medikamente unterschiedlich reagieren können. Diese Aspekte der personalisierten Medizin sind in ihren Ursachen noch wenig verstanden. Um diese Fragen anzugehen, wurde ein Panel von mehr als 100 Medaka-Inzuchtlinien erstellt. In Zusammenarbeit mit der Universität Heidelberg und dem EBI Cambridge soll dieses Panel im Rahmen des ERC Synergy-Projects „INDIGENE“ Aufschluss geben, wie solche unterschiedlichen Antworten genetisch bedingt sind. Dieses Panel an Medaka-Inzuchtlinien ist weltweit einzigartig und ist auch nicht in irgendeiner anderen Wirbeltierspezies möglich.

Die beiden Fischarten Zebrafisch (*Danio rerio*) und Medaka (*Oryzias latipes*) haben sich zu unverzichtbaren Modellsystemen für die Untersuchung von Genfunktionen bei Vertebraten entwickelt. Im Rahmen der neuen EU Gesetzgebung zur Durchführung von Tierversuchen (Direktive 2010/63/EU), sind von den Experimentatoren spezifische Kenntnisse im Umgang mit den Tieren nachzuweisen. In Antwort auf diese neue Gesetzgebung wurde der Internationale Zebrafisch und Medaka Kurs (IZMC) am KIT eingerichtet ([www.izmc.ezrc.kit.edu](http://www.izmc.ezrc.kit.edu)). Dieser Kurs ist Vorreiter auf diesem Gebiet und erhielt als erster Fischkurs in Europa das Gütesiegel der Federation of European Laboratory Animal Science Association (FELASA). Im Berichtsjahr 2023 wurde der Kurs bereits zum zweiten Mal im Rahmen eines Audits für weitere fünf Jahre akkreditiert und von der Expertenkommission herausragend bewertet.

Die Theorieteile werden den Kursteilnehmenden als Online-Material über die Webseite der IZMC zur Verfügung stehen, und zwar grundsätzlich zweisprachig. Lehrinhalte des Theorie-teils sind u.a. die tierschutzrechtlichen Regelungen in Deutschland, die Ethik des Tierversuches wie auch das 3R-Konzept und Alternativverfahren. Wichtige Themen sind zudem die Biologie, Zucht, Haltung und Ernährung von Zebrafisch und Medaka, aber auch Fragen der Gesundheitsüberwachung der Tiere sowie relevante Erkrankungen. Andere Fischmodelle und ihre Bedeutung für die Toxikologie und die biomedizinische Forschung werden ebenfalls adressiert.

Der Kurs wird mit einer Erfolgskontrolle in Form einer Multiple-Choice-Prüfung abgeschlossen. Teilnehmende, die sowohl den Kurs als auch die Prüfung erfolgreich absolviert haben, erhalten ein Zertifikat, um die gesetzlichen Erfordernisse zur Arbeit mit Fischen nachweisen zu können. Im Berichtsjahr wurde die Anzahl der angebotenen Kurse stark erhöht, um die Wartelisten der vergangenen Jahre zu kompensieren.

## **Strategische Ereignisse**

Zum weiteren Ausbau innovativer und manipulativer Mikroskopie- und von biophysikalischen Forschungsansätzen hat im Februar 2023 Dr. Moritz Kreysing vom Max-Planck Institut für molekulare Zellbiologie und Genetik in Dresden seine Forschungsaktivitäten am KIT aufgenommen und die Professur für „Experimentelle Biophotonik in den Lebenswissenschaften“ angetreten. Seine Forschungsgruppe ist unter anderem bekannt für FLUCS, opto-fluidisch gesteuerte ‚live‘ Eingriffe in Zellen und Entwicklungsprogrammen, die am IBCS-BIP und unter Einbeziehung des Screening-Centers weiter ausgebaut und verfeinert werden sollen, und somit richtungsweisende Impulse für die Programm-orientierte Forschung (PoF) setzen. Als zweite Forschungslinie bringt Prof. Dr. Kreysing das ERC geförderte Programm „GHOSTs“ nach Karlsruhe, das beabsichtigt die optische Qualität lebender Zellen und Gewebe zu verbessern, um so die Abbildungsqualität etlicher lichtmikroskopischer Verfahren zu steigern. Strategisch soll die Forschungsprofessur von Moritz Kreysing die Vernetzung des Teil-Instituts mit der KCOP

und den hiesigen Materialwissenschaften stärken und im Sinne des Teilinstitutsziels Anwendungen, etwa in der Informationstechnologie, Biotechnologie oder Medizin, durch Interaktionen mit dem Innovationssektor, realisieren.

Innerhalb der PoF-programmübergreifenden Aktivitäten ToxiDUST: Toxicity and Characterisation of Health Relevant Atmospheric Fine-Dust from Emerging Sources werden mit Hilfe von Air-Liquid-Interfaceexpositionen (ALI) Aerosole unterschiedlicher Herkunft und Zusammensetzung (u.a. natürlich vorkommende und technisch hergestellte Aerosole) hinsichtlich ihrer biologischen Wirkungen analysiert und bewertet.

## **Längerfristige Kooperationen**

### Wirtschaft

BASF, Heidelberg, ImClone KNF, Leica, Olympus, Vuja De Sciences, VITROCELL

### Hochschulen

National: Universitäten Bochum, Erlangen, Freiburg, Heidelberg, Jena, Mainz, Marburg, LMU München, TU München, Oldenburg, Rostock

International: Universitäten Wien (A), Liege (B), Bern (Schweiz), Fribourg (CH), ETH Zürich (CH), Lanzhou University (CHN), Tsinghua Peking (CHN), Murcia (ES), Bordeaux (F), La Reunion (F), Paris (F), Strasbourg (F), Ferrara (I), Trento (I), Messina (I), Neapel (I), Federico II Neapel (I), Tel-Aviv (IL), Soochow University (J), Sendai (J), Okayama University (J), Nova Lissabon (P), Porto (P), Linköping (S), Bilkent (TUR), Marmara (TUR), Birmingham (UK), Queen Mary und St. Georges, London (UK), Oxford (UK), Manchester (UK), Southampton (UK), UCLA (USA), Clemson (USA), Colorado (USA), Denver (USA), North Carolina State University (USA) [ BIP], Miami (USA), Uppsala (SE), Groningen (NL).

### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

National: Helmholtz-Zentrum München, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ, FZ Jülich, DKFZ, Hereon, Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen DZNE, DPZ Göttingen, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, MPI Entwicklungsbiologie Tübingen, MPI für medizinische Forschung Heidelberg, MP Zentrum für Physik und Medizin, Friedrich-Löffler-Institut Jena, EMBL Heidelberg.

International: Shanghai Institutes of Biological Sciences (CHN), ZF BioLabs S.L Madrid (ES) [EZRC], CNRS Paris (F), INSERM (F), IGBMC Straßburg (F), CEA (F), Stazione Zoologica Anton Dohrn Napoli (I), Hubrecht Institute (NL), Wellcome Trust Sanger Institute (UK) [EZRC], EMBL-EBI (UK), Hinxton (UK), Zebrafish International Resource Center, ZIRC (USA) [EZRC], NKI Amsterdam (NL). National BioResource Project *NBRP* (J), Centro de Regulación Genómica *CRG* (ES), Karolinska Institut (SWE), Woods Hole Oceanographic Institution (USA), Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing (CHN), Tokyo Institute of Technology (J), Crick Institute (UK).

#### **A.1.4.1.7.2 Teilinstitut für Funktionelle Molekulare Systeme (IBCS-FMS)**

##### **Leitende Person**

Teilinstitutsleiter: Prof. Dr. Stefan Bräse

##### **Kurzdarstellung**

Die neun Arbeitsgruppen (Profs. Bräse, Cato, Davidson, Levkin, Meier, Orian-Rousseau, Erhardt, Waldvogel und Dr. Pianowski) plus zentrale Strukturen im Teilinstitut sind in drei Abteilungen (Molekular, (Bio)medizinische und Materialsysteme) gegliedert.

Mit der Begutachtung im Oktober 2019 wurden die wissenschaftlichen Fragestellungen des Instituts neu ausgerichtet. Für die jetzige PoF-Periode sind die wissenschaftlichen Schwerpunkte im Forschungsbereich Information in P3: Materials Systems Engineering (MSE), mit Topic 2: Optics & Photonics: Materialien, Geräte und Systeme, Topic 3: Adaptive und bioinspektive Materialsysteme (Schwerpunkt) und Topic 5: Entdeckung von Material-Informationen unterwegs. Die internationale Graduiertenschule (BIF-IGS) wird gemeinsam von beiden Teilinstituten in den Programmen P2 und P3 weitergeführt.

Übergeordnetes Ziel des Teilinstituts ist die Entwicklung neuartiger kombinatorischer oder parallelisierter Ansätze und Werkzeuge, um Zellen im Organismus oder im Bioreaktor gezielt zu beeinflussen. Hochdurchsatz-orientierte chemisch- oder synthetisch-biologische Verfahren werden genutzt, um Gewebebildung, Reparatur und Regeneration zu untersuchen und spezifisch zu steuern. Dies erfolgt insbesondere an Krankheitsmodellen wie der Tumorbildung. Als Modellorganismen dienen vorwiegend Nager und zum Teil auch Zebrafische. Biomaterialien sind ein verbindendes Thema des gesamten Instituts. Die Arbeiten werden in enger Zusammenarbeit von Biologinnen und Biologen, Chemikerinnen und Chemikern sowie Informatikerinnen und Informatikern durchgeführt. Dieses interdisziplinäre Umfeld führte in den letzten Jahren zur Gründung oder Gründungsvorbereitung mehrerer Unternehmen.

Der interdisziplinäre Charakter des Instituts hilft Forschenden bei mehreren laufenden biologischen Projekten. Ein Beispiel ist die methodische Untersuchung der Glykosylierung (Modifikation von Zuckermolekülen) von Zelloberflächenrezeptoren und deren Rolle in der Regulierung der zellulären Signalübertragung oder deren Potential zur Erzeugung einer neuen Generation von photoschaltbaren Antimitotika, die Zytoskelettdynamik mit Licht hemmen können.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des IBCS-FMS konnten auch im Berichtsjahr 2023 neue Drittmittel durch Klein- und Großprojekte einwerben. Wichtige Pfeiler sind die Beteiligung an der NFDI4Chem in tragender Rolle und dem CZS Zentrum SynGen mit der Universität Heidelberg. Das IBCS-FMS beteiligt sich im Rahmen verschiedener Initiativen an RDM-Projekten, z.B. dem Leibniz-Wissenschaftscampus (DiTraRe).

Weiterhin tragen die Arbeiten im Wissenschafts- als auch Infrastrukturbereich durch Teilprojekte zum Erfolg verschiedener koordinierter Forschungsprojekte bei, z.B. zum Exzellenz Cluster 3DMM2O, SFB 1324, GRK 2039 und EURIdoc Programm European Horizon 2020 - Marie Skłodowska-Curie. Desweiteren ist das IBCS-FMS an einem Core-to-Core-Grant (Förderer JSPS mit Japan Canada, UK) und an einem EU-Netzwerk (Non-isocyanate Polyurethane NiPU) beteiligt. Die Gruppe von Prof. Waldvogel (J.G.-Universität Mainz, jetzt MPI CMC Mülheim) ist angebunden, der den Cluster4Future ETOS – *Elektrifizierung Technischer Organischer Synthesen* (BMBF gefördert) eingeworben hat und koordiniert.

## Highlights der Forschung

Durch Zusammenführung von experimentellen und digitalen Methoden konnten erste Arbeiten hin zu einer systematisch FAIRen und digitalisierten Prozessimplementierung erarbeitet werden (<https://doi.org/10.1002/adfm.202303615>).

Dem Team von Prof Andrew Cato gelang es, in Kollaboration mit ComPlat und der AG Orian-Rousseau, neuartige imidazopyridine-basierende Compounds zu entdecken, welche als potenzielle Krebstherapeutika gegen Prostata- und Brustkrebs angewendet werden könnten (<https://doi.org/10.1158/2767-9764.CRC-23-0111>).

In einer Gemeinschaftsarbeit (INT/FMS) wurde eine Methode entwickelt, um Tausende von Hydrogel-Mikropads mithilfe der Tröpfchen-Array-Plattform zu synthetisieren und anschließend ihre Photoabbaueigenschaften zu untersuchen. Die Datenverarbeitung wurde mittels maschinellen Lernens in Zusammenarbeit mit INT durchgeführt, um die Struktur-Funktions-Beziehung erfolgreich zu modellieren (<https://doi.org/10.1002/smt.202300553>).

## Strategische Ereignisse

Die Compound Plattform (ComPlat) des KIT (Abteilung 1) hat im Berichtsjahr 2023 die Kooperationen insbesondere national und international weiter ausgebaut und biologisch forschende Gruppen durch die Bereitstellung von nicht käuflichen Bibliotheken kleiner Moleküle sowie durch Resynthese von aktiven Verbindungen aus Primärassays unterstützt. Der Bestand an eigenen Substanz-Bibliotheken wurde durch Forschungsprojekte und die Einbindung externer Kooperationspartner aus der chemischen Synthese erweitert und in das Molekülarchiv der Compound Plattform integriert. Die eigenen Forschungsvorhaben zur chemischen Synthese konzentrierten sich im Jahr 2023 auf die Methodenentwicklung u.a. an fluorierten Modellsystemen zur effizienten Synthese neuer *N*-Heterozyklen. Es wurden neue Verfahren zur schnellen und zuverlässigen Synthese und effizienten Aufreinigung von Substanz-Bibliotheken mittlerer Größe für biologische und materialwissenschaftliche Anwendungen entwickelt. Durch Zusammenarbeit mit Arbeitsgruppen des KIT aus der Universitätsaufgabe konnte ein neues Arbeitsfeld (katalytische Reduktion von CO<sub>2</sub>) aufgebaut werden. Die Aktivitäten der Plattform im Bereich Forschungsdatenmanagement und Datenverarbeitung wurden ausgedehnt und die Entwicklung der eigenen Software-Module für fachspezifische und generische Anwendungen erweitert (ELN und Repository Chemotion und neuerdings LabIMotion). Diese Aktivität unterstützt die ELN-Strategie des Programms Material Systems Engineering (MSE) im Forschungsbereich Information. Der Datenbankaufbau für analytische Methoden, z.B. die Aktivitäten auf dem Gebiet der Vorhersagen für molekulare Kenngrößen, wurde ausgebaut.

In der Automatisierungsanlage ChemASAP (Automated Chemical Reactions and Analysis Plattform, Investitionsvolumen 4 Mio. Euro) wurden die benötigten Komponenten akquiriert und überwiegend etabliert. Durch ChemASAP trägt IBCS zur Erweiterung der KNMFi innerhalb des Lab 3 bei. Der Umzug in Gebäude 330 wird vorbereitet, um die zunächst finale Ausbaustufe zu ermöglichen.

Nagerhaltung in Forschung und Innovation (Abteilung 2): Am IBCS-FMS ist die zentrale Nageranlage zur Zucht und Haltung von Mäusen und Ratten angegliedert. Die Nager-Einrichtung bietet zahlreiche Dienstleistungen an, darunter die Entnahme von Blut- und Gewebeproben, Operationen, Überwachung des Tumorwachstums und Metastasierungstests. Das Nagerhaltung ist von zentraler Bedeutung für den Beitrag zu den PoF IV-Programmen. Die Mausanlage wird zukünftig in ein „Preclinical Research Center“ umgewandelt und im neuen KIT-Zentrum Health Technologies (Gründung 1. März 2023) in die Plattform „3RockKIT“ integriert werden. Das Konzept für die Plattform „3RockKIT“ wurde maßgeblich durch das IBCS-FMS und

das IFG entwickelt. Es werden modernste Organoidtechnologie in Kombination mit CRISPR/Cas eingesetzt, um die Funktionen von Genen in Gesundheit und Krankheit zu entschlüsseln. Mini-Darm, Mini-Leber, Darm- und Bauchspeicheldrüsenkrebs-Organoid sowie Gehirn-Organoid werden entwickelt. Personalisierte Patienten Organoid (PDOs) werden bald etabliert.

Die Forschung in der Abteilung 3 (Materialsysteme) konzentriert sich auf die Entwicklung innovativer Materialien und Technologien für funktionelle weiche Polymermaterialien, funktionelle 3D-Strukturen, Oberflächen mit spezieller Benetzbarkeit und Anwendungen funktioneller Oberflächen in der personalisierten Onkologie und im Hochdurchsatz-Zellscreening.

## **Längerfristige Kooperationen**

### Wirtschaft

Aquarray, BASF, Bayer, Kodiak, Implexsys ScreenFect, ScreenSYS, Silorix, Symrise.

### Hochschulen

Nationale Universitäten/Hochschulen: Aachen, FU Berlin, Bayreuth, Bochum, Bonn, TU Braunschweig, TU Darmstadt, Düsseldorf, TU Dresden, Erlangen, Freiburg, Göttingen, Greifswald, Heidelberg, TU Ilmenau, Jena, Kaiserslautern, Köln, Konstanz, Leipzig, Mainz, Marburg, Mannheim, LMU München, TU München, Paderborn, Stuttgart, Ulm, Wuppertal.

Internationale Universitäten: Monash (AUS), Queensland (AUS), QUT (AUS), Wollongong (AUS), Leuven (B), Liege (B), Basel (CH), Bern (CH), Minia (EG), Barcelona (ES), Bordeaux (F), Nizze (F), Montpellier (F), Strasbourg (F), Helsinki (FI), Florenz (I), Kyoto (J), Leiden University Medical Center (NL), Nova Lissabon (P), Poznań (PL), Durham (UK), Southampton (UK), St. Andrews (UK), UC Berkeley (USA), New York (USA), Stanford (USA), Kapstadt (ZA).

### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

National: Helmholtz-Zentrum München, FZ Jülich, HZI, HZB, DKFZ, Hereon, DESY Hamburg, Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen DZNE, FIZ Karlsruhe, Leibniz IPB Halle, Leibniz FMP, DPZ, Leibniz Lungenzentrum Borstel, MPI Dortmund, EMBL Heidelberg, TIB-Hannover.

International: INSERM (F), IGBMC Straßburg (F), Schweizerisches Tropen- und Public-Health-Institut (CH), Hopital Civil, Straßburg (F), Erasmus Medical Center, Rotterdam (NL).

## **A.1.4.2 Bereich II – Informatik, Wirtschaft und Gesellschaft**

### **A.1.4.2.1 *Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)***

#### **Leitende Person**

Institutsleiter: Prof. Dr. Armin Grunwald

#### **Kurzdarstellung**

Das ITAS unter Leitung von Prof. Dr. Armin Grunwald erarbeitet und vermittelt Wissen für die Gestaltung und über die Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen. Dabei werden ethische, ökologische, ökonomische, soziale, politisch-institutionelle und kulturelle Forschungsfragen inter- und transdisziplinär bearbeitet. Die am Institut untersuchten Forschungsthemen ergeben sich einerseits aus dem Beratungsbedarf von Politik, Gesellschaft, Wissenschaftssystem und Wirtschaft, andererseits aus dem wissenschaftlichen Bedarf nach Methodenentwicklung und -erprobung in diesem inter- und teils transdisziplinären Feld. Konstitutiver Teil der Technikfolgenabschätzung und damit der Arbeit des ITAS ist neben Forschung auch der Wissenstransfer.

Die grundfinanzierten Forschungsarbeiten des ITAS sind in den Helmholtz-Programmen Energy Systems Design (ESD) des Forschungsbereiches Energie sowie Engineering Digital Futures (EDF) des Forschungsbereiches Information angesiedelt. Im Rahmen dieser Programme arbeitet das ITAS mit anderen Helmholtz-Einrichtungen zusammen an Fragen der Transformation des Energiesystems sowie des digitalen Wandels der Gesellschaft.

#### **Highlights der Forschung**

##### ***ITAS gewinnt erneut die Ausschreibung für den Betrieb des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag***

Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages hat in seiner Sitzung am 21. Juni 2023 einstimmig beschlossen, das ITAS weiterhin mit dem Betrieb des TAB bis Ende August 2028 zu betrauen. Dieser Entscheidung war ein mehrstufiges Bewerbungsverfahren vorausgegangen, in dem sich das Beratungsangebot des KIT gegen starke Mitbewerber durchsetzen konnte. Zu einer künftig noch passgenaueren Identifikation von Handlungsoptionen für das Parlament wird das TAB ein erweitertes und breit gefächertes Methodenspektrum einsetzen, beispielsweise digitale Datenanalysen und partizipative Szenariomethoden. Weiter ausgebaut und zugleich geschärft werden die Foresight-Aktivitäten mit Fokus auf Innovation und transformative Resilienz. Besonders gestärkt wird zudem die Wissenschaftskommunikation im Dialog mit Politik und Gesellschaft, um die TA-Sichtbarkeit innerhalb und außerhalb des Bundestages zu erhöhen.

##### ***Technikfolgenabschätzung in einer globalisierten Welt***

Ein neues Buch mit dem Titel „Technology Assessment in a Globalized World. Facing the Challenges of Transnational Technology Governance.“ befasst sich mit koordinierenden Maßnahmen und Governance im Bereich der Wissenschaft, Technologie und Innovation (WTI). Das Buch untersucht die Bedeutung des Konzepts der Technikfolgenabschätzung (TA) auf internationaler Ebene und reflektiert die Herausforderungen und Chancen einer globalen

Technologiepolitik. Dazu werden Fallstudien aus dem Bereich der WTI zu Themen wie Energie, Biotechnologie, künstliche Intelligenz und Gesundheitstechnologie sowie TA-Aktivitäten auf nationaler und internationaler Ebene vorgestellt.

Die Publikation bietet außerdem eine eingehende Betrachtung der aktuellen staatlichen WTI-Kulturen und -Systeme in verschiedenen Ländern und skizziert die strategischen Prioritäten, die für koordinierte und effektive WTI-Interventionen in der Politikgestaltung und der öffentlichen Debatte auf globaler Ebene erforderlich sind (<https://doi.org/10.1007/978-3-031-10617-0>).

### **Strategische Ereignisse**

Am ITAS wurde Ende 2022 eine Professur zur Methodenforschung an und in Reallaboren eingerichtet und mit Prof. Dr. Daniel Lang prominent besetzt. Im Zuge dessen wurden im Laufe des Jahres 2023 die Arbeiten des Instituts auf dem Gebiet der Reallaborforschung weiter ausgebaut, insbesondere durch die Gründung einer von Daniel Lang geleiteten Forschungsgruppe „Reallaborforschung gestalten“. Sie widmet sich vor allem der Frage, wie sich diese neuen Experimentierräume, in denen Wissenschaft und Akteure aus anderen Gesellschaftsbereichen gemeinsam an zukunftsfähigen Lösungen für gesellschaftliche Fragen arbeiten, so gestalten lassen, dass übergeordnete Erkenntnisse gewonnen und Ergebnisse auf unterschiedliche Kontexte übertragen werden können. Diese Aktivitäten wurden und werden mit Mitteln der Exzellenzuniversität KIT in vier Reallabor-Tandems über die Transformation zur urbanen Nachhaltigkeit hinaus erweitert. Des Weiteren wurde Daniel Lang 2023 zum Co-Vorsitzenden der neu gegründeten „Gesellschaft für transdisziplinäre und partizipative Forschung“ gewählt und ist aktuell Inhaber des UNESCO Chair „Hochschulbildung für nachhaltige Entwicklung“

Das von Mitarbeitenden des Instituts konzipierte und getragene, im Wintersemester 2021/2022 an der Fakultät für Sozial- und Geisteswissenschaften am KIT erstmals angebotene Wahlpflichtfach „Technikfolgenabschätzung“ wurde weiter gefestigt. In diesem dreijährigen Bachelor-Studiengang, der sich an Studierende unterschiedlicher Disziplinen richtet und vertiefte Einblicke in die Art und Weise bietet, wie technische und naturwissenschaftliche Innovationen gesellschaftliche Relevanz entfalten und nach Werten wie Nachhaltigkeit gestaltet werden können, läuft nunmehr im dritten Jahr. Damit wird die Aufbauphase abgeschlossen. Im Rahmen der Etablierung der Technikfolgenabschätzung als Fachgebiet an der KIT-Fakultät für Geistes- und Sozialwissenschaften wurden zahlreiche Dissertationen in diesem Fachgebiet abgeschlossen. Die erste Habilitandin in diesem Fachgebiet hat bereits nach kurzer Zeit einen Ruf auf eine W2-Professur erhalten und angenommen. Weitere Habilitationen mit der Venia Legendi für Technikfolgenabschätzung sind geplant. Damit baut das ITAS seine Vorreiterrolle in der akademischen Positionierung des Faches weiter aus.

Konstitutiv für die Technikfolgenabschätzung sind zahlreiche Formate des Zusammenwirkens zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. Aus den zahlreichen Veranstaltungen, die im Jahr 2023 durchgeführt wurden, ist neben dem KIT-Bürgerdialog zum Themenfeld der Nachhaltigkeit vor allem die Themenwoche „Karlsruhe – Roboterhauptstadt?“ zu erwähnen. Im Rahmen dieser Woche beschäftigten sich insgesamt knapp über 100 Bürgerinnen und Bürger unterschiedlicher Altersgruppen bei drei vom ITAS organisierten Veranstaltungen mit Fragen wie „Wie wollen wir mit Robotern zusammenleben?“ „Können Roboter uns bei der Pflege unterstützen?“ „Und welche Form von Robotern wünschen wir uns?“ Hierbei nahmen sie vielfältige Chancen und Herausforderungen rund um den Einsatz von Robotern und verschiedene Entwicklungsziele in den Blick. Ort des Geschehens war unter anderem das im Jahr 2023 neu eröffnete „Karl 9 – Wissenschaftslokal für Technik und Gesellschaft“ des ITAS.

## **Längerfristige Kooperationen**

### Wirtschaft

Aufgrund seines Schwerpunktes in der forschungsbasierten Politik- und Gesellschaftsberatung ist das ITAS bei Kooperationsvorhaben mit der Wirtschaft zurückhaltend. Es gibt eine Fülle von Einzelkooperationen in Projekten. Längerfristige Kooperationen werden jedoch vermieden, um nicht den Eindruck von mangelnder Unabhängigkeit zu erwecken.

### Hochschulen

School for the Future of Innovation in Society, Arizona State University (ASU); School for Sustainability, Arizona State University (ASU), 4TU.Centre for Ethics and Technology (4TU.Ethics) in den Niederlanden, insbesondere die Technische Hochschule Delft; Universidade NOVA de Lisboa.

### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

Das ITAS ist – oftmals als koordinierender Partner – in unterschiedliche europäische Netzwerke der Technikfolgenabschätzung (Netzwerk TA (NTA), European Technology Assessment Group” (ETAG) und European Parliamentary Technology Assessment Network (EPTA) eingebunden. Es ist darüber hinaus Gründungsmitglied des Global TA Network, dem gegenwärtig Institutionen aus 27 Staaten angehören.

Langjährige bilaterale wissenschaftliche Kooperationen verbinden das Institut insbesondere mit dem Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA) der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, mit dem gemeinsam die Politikberatung für das Österreichische Parlament durchgeführt wird, der Stiftung für Technologiefolgen-Abschätzung als Kompetenzzentrum der Akademien der Wissenschaften Schweiz (TA-SWISS) und dem Rathenau Instituut of The Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences Den Haag.

## **A.1.4.2.2 Steinbuch Centre für Computing (SCC)**

### **Ab 1.1.2024: Scientific Computing Center (SCC)**

#### **Leitende Personen**

Prof. Dr. Martin Frank  
Prof. Dr. Bernhard Neumair  
Dr. Martin Nussbaumer  
Prof. Dr. Achim Streit

#### **Kurzdarstellung**

Das SCC verfolgt in integrierter Weise seine vier Hauptaufgaben:

- a) Forschung und Entwicklung auf den Gebieten Wissenschaftliches Rechnen und Datenanalyse, Management großskaliger Forschungsdaten und Datenintensives Rechnen sowie zur Sicherheit in IT-Föderationen;
- b) Betrieb der IuK-Infrastruktur sowie Bereitstellung der IT-Grundausstattung des KIT in Verbindung mit weiteren Systembetreibern und Diensteanbietern in den Organisationseinheiten des KIT;



- c) Entwicklung und Bereitstellung von IT-Anwendungssystemen, Management von Anwendungssoftware, Schulung von Anwendern und Administratoren sowie Endgerätesupport;
- d) Betrieb von Großgeräten für wissenschaftliches Hochleistungsrechnen und datenintensive Wissenschaften im Rahmen von sicheren IT-Föderationen.

Das SCC ist an zwei Helmholtz-Programme beteiligt: das LK-II Großgerät GridKa ist dem Programm „Matter and the Universe“ im Forschungsbereich Materie zugeordnet. Mit gewohnt hoher Zuverlässigkeit wurden im Jahr 2023 den LHC-Experimenten, Belle II und IceCube insgesamt 415 Millionen CPU-Kern-Stunden Rechenzeit für 20 Millionen Rechenjobs bereitgestellt. Die Gesamtressourcen von GridKa umfassten ~48.000 CPU-Kerne, 56 NVIDIA V100S und A100 GPU-Karten, ~100 PetaByte skalierbaren Online-Plattenspeicher und mehr als 120 PB zuverlässigen Offline-Datenspeicher für die Datenarchivierung.

Die Entwicklung der COBaID/TARDIS-Software für opportunistisches Rechnen wurde fortgesetzt. In einem Proof-of-Concept wurden Rechenressourcen von Lancium erfolgreich integriert; Lancium ist ein in den USA/Texas ansässiges Unternehmen, das Rechenzentren in der Nähe von Windkraftanlagen mit überschüssiger erneuerbarer Energie betreibt. Über COBaID/TARDIS wurden diese Ressourcen opportunistisch in GridKa für die MonteCarlo-Produktion eingebunden – ca. 500.000 CPU-Kern-Stunden während des Proof-of-Concept. Damit demonstrierte das SCC die Möglichkeit, Teile eines großen LHC Tier-1 Datenzentrums klimaneutral zu betreiben.

Im Programm Engineering Digital Futures (EDF) ist das SCC Teil des Topic 1 „Enabling Computational- & Data-Intensive Science and Engineering“. In den domänenspezifischen SimDataLabs (SDLs) wurden u.a. für die Materialforschung eine domänenspezifische Sprache zur Materialmodellierung, Simulation und Datenanalyse entwickelt und im Hochdurchsatz-Screening von Katalysatormaterialien im Rahmen des JointLabs VMD eingesetzt. Das Online „Metadata Extraction and Mapping Tool“ wurde für die Rasterelektronenmikroskopie entwickelt und in NFDI-MatWerk, dem europäischen Projekt NEP und dem JointLab MDMC eingesetzt. Im Bereich der Ingenieurwissenschaften wurde in Zusammenarbeit mit der Helmholtz AI Plattform die Forschung zu Perowskit-Solarzellen durch den Einsatz von KI-Methoden zur Vorhersage der Energieausbeute und der Kristallisationsprozesse optimiert. Im Bereich der Erdsystemforschung wurde gezeigt, dass neuronale Netze (NNs) klassische Vorhersagen in großen numerischen Simulationen der Atmosphärenchemie ersetzen können. Das neu gestartete Projekt ICON-SmART (gefördert durch den Deutschen Wetterdienst (DWD)) untersucht den Einsatz von NNs für Simulationen in ICON-ART. Im DFG-Projekt ISABEL wird die Entwicklung einer virtuellen Forschungsumgebung für die Geowissenschaften vorangetrieben.

In der domänen-übergreifenden Forschung stand im Thema energieeffizientes Rechnen und Performance Engineerings die Entwicklung von Werkzeugen und Methoden zur Messung und Reduzierung des Stromverbrauchs von HPC- und KI-Anwendungen im Fokus. Im Quanten Machine Learning wurde an der Übertragbarkeit der Tripletverlust-Trainingsmethode aus dem klassischen Maschinellen Lernen auf Quantencomputer geforscht. Im Datenmanagement wurden zusammen mit der Helmholtz Metadaten Collaboration (HMC) Plattform sowie NFDI4Ing und NFDI-MatWerk Softwaretechnologien für Vokabulare und Wissensgraphen für Datensammlungen entwickelt und veröffentlicht. Im föderierten Identitäts- und Zugriffsmanagement wurde die Architektur der Helmholtz-AAI und ihre allgemeinen Richtlinien (die zusammen mit der HIFIS-Plattform entwickelt wurden) von allen NFDI-Konsortien (über den IAM4NFDI Base Service) übernommen; zusätzlich wurde die Entwicklung fortgeschrittener, föderierter AAI-Lösungen im neuen EU-Projekt Geant5-1 gestartet. Das SCC engagiert sich weiterhin im Aufbau der European Open Science Cloud (EOSC). In EOSC Future entwickelt das SCC das

Helpdesk-System für EOSC. In AI4EOSC wird eine KI-Plattform entwickelt. In iMagine und AqualNFRA werden verschiedene Anwendungsgebiete an die EOSC herangeführt. In Skills4EOSC entsteht eine Ausbildungsplattform und das interTwin Projekt arbeitet an der Entwicklung digitaler Zwillinge. In der mathematisch-numerischen Forschung wurde eine neue Methode zur effizienten Quantifizierung von Unsicherheiten in Berechnungsmodellen z.B. zur kontrollierbaren Abschätzung von Risikomaßen entwickelt.

### **Highlights der Forschung**

Die zunehmende Bedeutung künstlicher Intelligenz (KI) führt zu einer steigenden Nachfrage nach Rechenleistung, die von leistungsstarken Supercomputern mit Grafikprozessoren (GPUs) bereitgestellt wird, die jedoch übermäßig viel Energie verbrauchen. Dies droht die versprochenen positiven Auswirkungen von KI-Innovationen zunichtezumachen. Damit KI nachhaltiger wird, ist es entscheidend, den Energieverbrauch von KI-Hardware und -Software zu quantifizieren und zu vergleichen. Daher ist die Bereitstellung von Werkzeugen und Methoden zur Messung und Reduzierung des Energieverbrauchs von KI-Workloads ([https://doi.org/10.1007/978-3-031-39698-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-39698-4_2)) und die Entwicklung energieeffizienter KI-Ansätze von entscheidender Bedeutung. Ein Artikel in Nature Machine Intelligence (<https://doi.org/10.1038/s42256-023-00750-1>), der in Zusammenarbeit mit Helmholtz AI verfasst wurde, hat dieses wichtige Thema aufgegriffen und diskutiert. Ein vielversprechender Ansatz zur Steigerung der Energieeffizienz von KI ist das Lernen aus Evolution durch asynchrone Vermehrung von Populationen in der massiv parallelen genetischen Optimierung ([https://doi.org/10.1007/978-3-031-32041-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-32041-5_6)).

In GridKa, dem Tier-1 Daten- und Analysezentrum im weltweiten LHC Computing Grid, wurde eine Erweiterung des Online-Datenspeichers um 71 PetaByte in Betrieb genommen und die Datenmigration dorthin erfolgreich abgeschlossen. Insgesamt stehen in GridKa nun 99 PetaByte an Online-Datenspeicher der internationalen Nutzendengemeinschaft der LHC-Experimente ALICE, ATLAS, CMS, LHCb und den weiteren Experimenten Belle-II, Pierre Auger Observatory, Icecube und DARWIN zur Verfügung. Als software-defined Storage-Ebene kommt IBM Storage Scale zum Einsatz, das die neuen hoch-dichten Seagate Systeme mit 4.664 18-Terabyte-Festplatten, 70 Servern und Infiniband-Switches anspricht.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des SCC erzielten insgesamt drei Auszeichnungen für ihre Forschungsleistungen auf internationalen Konferenzen und Veranstaltungen. Für die simulationsbasierte Erforschung laminarer Flammen erhielt ein internationales Team, zu dem auch ein SCC-Wissenschaftler gehörte, einen Distinguished Paper Awards beim International Combustion Symposium. Auf der Jahrestagung der Materials Research Data Alliance (MaRDA), hat ein Team von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des SCC eine Auszeichnung für das beste Poster zum Thema „Metadaten Extraktion und Schema Mapping“ erhalten. Auf der neunten Tagung des Verbandes „Digital Humanities im deutschsprachigen Raum“ erreichte eine Wissenschaftlerin des SCC den 1. Platz beim Poster Slam zum Thema „Schrifttradition digital – Rituell reine Torarollen in der jüdischen Diaspora“; die Arbeit entstand im Rahmen des BMBF-Projektes „Materialisierte Heiligkeit“.

### **Strategische Ereignisse**

Um das immer wichtiger werdende Thema Research Software Engineering (RSE) breit am KIT zu unterstützen, nahm das SCC den neuen GitLab-Dienst in Betrieb, der aufbauend auf der dezentralen Versionsverwaltung ‚git‘ eine skalierbare web-basierte Lösung für Projektma-

nagement, Dokumentation, Bug Tracking, Builderstellung und Deployment inklusive Continuous Integration darstellt. Weiterhin organisierte das SCC den ersten KIT-weiten Workshop zum Thema Forschungssoftware und RSE, an dem über 60 Interessierte aus allen Bereichen und Disziplinen des KIT teilnahmen.

Dr. Charlotte Debus, Leiterin der Juniorforschungsgruppe „Robust and Efficient AI“ ist Preisträgerin des Maria-Gräfin-von-Linde-Preises 2023 des Verbandes baden-württembergischer Wissenschaftlerinnen, der alle zwei Jahre vergeben wird. Katharina Flügel, Doktorandin in der Helmholtz AI Plattform im SCC, ist die Preisträgerin des Erna-Scheffler-Preises 2023 für ihre Masterarbeit über einen alternativen, biologie-inspirierten Ansatz zur Backpropagation in neuronalen Netzen.

Im September 2023 feierte das SCC mit einem internen Festkolloquium 40 Jahre Hochleistungsrechnen in Karlsruhe. In beiden Vorgängereinrichtungen des KIT und SCC wurden über diesen Zeitraum zahlreiche Supercomputer betrieben. Bereits 1983 wurde ein Cyber 205 System gemeinsam von Universität/TH Karlsruhe und Forschungszentrum Karlsruhe beschafft und betrieben. Die Rechenleistung des heutigen HoreKa-Systems ist um acht Zehnerpotenzen größer, was einer Beschleunigung um den Faktor 100 ungefähr alle zehn Jahre entspricht.

Ende 2023 wurde die Umbenennung des SCC zum Jahreswechsel 2024 vom KIT beschlossen und in die Umsetzung gebracht. Karl Steinbuch gilt als Mitbegründer der Informatik. Das Informationstechnologie-Zentrum des KIT trug seit 2008 den Namen „Steinbuch Centre for Computing“. Neue Erkenntnisse zeigen nun, dass sich Karl Steinbuch, der in Karlsruhe forschte und lehrte, bereits als junger Mensch während der NS-Zeit mit nicht zu billigen Kriegshandlungen identifizierte. Unabhängig von seinen fachlichen Leistungen distanziert sich das KIT aufgrund der neuen Forschungsergebnisse von Steinbuch und hat daher das Informationstechnologie-Zentrum des KIT in „Scientific Computing Center“ zum 1. Januar 2024 umbenannt.

## **Längerfristige Kooperationen**

### Wirtschaft

Das SCC forscht gemeinsam mit Siemens (Healthcare in Erlangen und Digital Industries in Karlsruhe) im Themengebiet der angewandten Künstlichen Intelligenz. Im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts „Smart Data Innovation Services (SDI-S)“ arbeitet das SCC mit Firmen (u.a. IBM und SAP) zusammen im Feld der Aufbereitung, Verarbeitung und Analyse von großen Datenmengen mittels KI-Methoden auf hochperformanten Rechnersystemen.

### Hochschulen

Im Land Baden-Württemberg besteht eine besonders enge Kooperation mit der Universität Stuttgart bzgl. Supercomputing auf den Ebenen Tier-1 und Tier-2 sowie der Universität Heidelberg zur Nutzung und Archivierung der LSDF für Daten aus der Systembiologie, Hydrologie und anderen Forschungsdisziplinen; weiterhin zu allen universitären Rechenzentren im Land hinsichtlich gemeinsamer Landeskonzeppte zu den Themen HPC auf Ebene Tier-3, große Daten/Forschungsdatenmanagement sowie IT-Dienste.

Über die Landesgrenzen hinaus sind es: TU-Dresden, RWTH-Aachen, TU-Darmstadt, FAU-Erlangen, Université de Bordeaux in Frankreich. Weiterhin arbeitet das SCC innerhalb des NHR eng mit allen anderen Standorten an Hochschulen zusammen.

### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

Das SCC arbeitet in den Themen Supercomputing, Big Data, Computational & Data Science, AI, förderierte IT-Dienste eng zusammen mit: Forschungszentrum Jülich, DESY, GSI, HMGU, HZDR, HZB, Fraunhofer-IWM, DKRZ, DKFZ, AWI, BADW-LRZ, MPCDF, CNRS/IN2P3 in

Frankreich, STFC in Großbritannien, IFCA/CISC in Spanien, INFN in Italien, CSC in Finnland, Oak Ridge National Laboratory, University of Tennessee Knoxville und University of Notre Dame in den USA, und dem CERN. Durch die Mitgliedschaften u.a. in WLCG, EUDAT CDI, der EOSC Association sowie verschiedenen EU-Projekten bestehen zahlreiche weitere Kontakte auf internationaler Ebene.

#### **A.1.4.2.3 KASTEL (Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit)**

Sprecher der kollegialen Institutsleitung: Prof. Dr. Jörn Müller-Quade

##### **A.1.4.2.3.1 Teilinstitut Entwicklung sicherer Systeme (KASTEL-ESS)**

###### **Leitende Person**

Teilinstitutsleiter KASTEL-ESS: Prof. Dr. Jörn Müller-Quade

###### **Kurzdarstellung**

Das Teilinstitut KASTEL-ESS verfolgt im Topic 3 „Engineering Secure Systems“ (ESS), Programm „Engineering Digital Futures“ (EDF, Helmholtz Information), die ingenieurwissenschaftlich geprägte Entwicklung sicherer Systeme für kritische Infrastrukturen. Mit der fortschreitenden Digitalisierung kommt der Cybersecurity-Forschung eine zentrale gesellschaftliche Bedeutung zu. Lösungsansätze werden in drei Forschungsgruppen zur Methodenentwicklung und drei Security-Labs in den sicherheitsrelevanten Anwendungsbereichen Energie, Mobilität und Produktion entwickelt. Ein Leitgedanke ist dabei die Quantifizierung von Sicherheit.

- Forschungsgruppe Quantifying Security (Sprecher: Prof. Dr. Jörn Müller-Quade),
- Forschungsgruppe Secure Computation and Communication (Dr. Andy Rupp, Prof. Dr.-Ing. Anne Koziolk),
- Forschungsgruppe Human and Societal Factors (Prof. Dr. Melanie Volkamer),
- Energielabor (Prof. Dr. Veit Hagenmeyer),
- Mobilitätslabor (Prof. Dr.-Ing. Ina Schaefer),
- Produktionslabor (Prof. Dr.-Ing. Jürgen Beyerer).

###### **Highlights der Forschung**

Im Jahr 2023 gelang die Einwerbung des Sonderforschungsbereichs 1608 „Convide“: Konsistenz in der sichtenbasierten Entwicklung cyber-physikalischer Systeme (CPS). Im Mittelpunkt der Arbeit steht die Erforschung neuer Entwicklungsmethoden für CPS wie moderne PKW oder Produktionsanlagen, um deren Zuverlässigkeit, Sicherheit und Anpassungsfähigkeit zu erhöhen. Der im Oktober 2023 gestartete SFB wird während der ersten Förderphase mit ca. 3,2 Mio. Euro jährlich gefördert.

Die Schwachstellenanalyse in Energiesystemen [1] beinhaltet die Bewertung von physischen, virtuellen und hybriden Testumgebungen für Smart Grids aus verschiedenen Perspektiven der

Cybersicherheit. Spezifische Eigenschaften wurden bewertet: (a) Leistungsmerkmale wie Kosten, Genauigkeit und Flexibilität und (b) die Eignung von Ansätzen für die realitätsnahe Simulation von Angriffsexperimenten. Es wurde gezeigt, dass verschiedene Implementierungen von Testumgebungen spezifische Einschränkungen für konkrete Anwendungsfälle zur Folge haben. Zur Evaluierung aus der IT- und OT-Perspektive, die als Grundlage für die Entwicklung von Verteidigungsansätzen dient, werden einige Schwachstellen von Komponenten im „KASTEL Security Lab Energy“ und „EPIC“-Testbed und von Industrieprotokollen genutzt. Zur weiteren Analyse wurde ein hybrider Risikobewertungsprozess mit Fuzzy-Analyse-Hierarchieprozessen entwickelt [2].

- [1] A. Mumrez, A., M.M. Roomi, H.C. Tan, D. Mashima, G. Elbez, V. Hagenmeyer, *Comparative Study on Smart Grid Security Testbeds Using MITRE ATT&CK Matrix. 2023 IEEE International Conference on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids (SmartGridComm), Glasgow, 2023, 1–7 (2023).*
- [2] S. Canbolat, G. Elbez, V. Hagenmeyer, V., *A new hybrid risk assessment process for cyber security design of smart grids using fuzzy analytic hierarchy processes. at-Automatisierungstechnik, 71 (9), 779–788 (2023).*

Aufbauend auf den Aktivitäten des Vorjahres wurde der Rechtsrahmen zur IT-Sicherheit in Intelligenen Verkehrssystemen (IVS) weiterentwickelt. Zentrales Ziel war es, durch eine geeignete Regelungsmethodik auch bei verteilten Systemen mit mehreren Beteiligten eine Ende-zu-Ende-IT-Sicherheit zu gewährleisten. Dieses Ziel wurde erreicht und am Exempel des virtuellen Blaulichts in einer rechtswissenschaftlichen Fachzeitschrift veröffentlicht [3].

- [3] L. Sterz, Ch. Werner, O. Raabe: *Intelligente Verkehrssysteme – IT-Sicherheit in offenen Infrastrukturen Teil 2. Recht der Datenverarbeitung, 39 (2), 97–105 (2023).*

## **Strategische Ereignisse**

Im Jahr 2023 konnten drei weitere Pls für das Topic gewonnen werden: Jun.-Prof. Dr. Emilia Graß (Building Healthcare Resilience against Cyberattacks), Prof. Dr. Raffaella Mirandola (Self-Adaptive Software-Intensive Systems), TT-Prof. Dr. Frederike Zufall (Chair for Public Law and Computer Science at ZAR). Mit ihrer Kompetenz verstärken sie das interdisziplinäre Team von derzeit insgesamt 24 Pls.

KASTEL-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler trugen in Leitungsfunktionen mit ihrer Expertise zu den Aktivitäten forschungspolitischer Beratungsgremien bei. Dazu gehören Arbeitsgruppen der Plattform „Lernende Systeme“ der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften acatech und des BMBF, das acatech Themennetzwerk Sicherheit, die Initiative „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS) von acatech, Leopoldina, Akademieunion und BMBF, die BMWK-Expertengruppe „Transformation der Automobilindustrie“, die Wissenschaftliche Arbeitsgruppe des Cyber-Sicherheitsrates (BMI), des „Fraunhofer Strategischen Forschungsfeldes Künstliche Intelligenz“ und des Fraunhofer-Leistungsbereiches Verteidigung, Vorbeugung und Sicherheit (VVS). Weitere Pls sind Mitglieder der acatech Themennetzwerke Sicherheit und Gesundheitstechnologie, der Interdisziplinären Kommission für Pandemieforschung (DFG) und der Landesagentur e-Mobility Baden-Württemberg.

## **Längerfristige Kooperationen**

Durch die Einbindung des FZI Forschungszentrums Informatik sowie des Fraunhofer-Instituts für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (Fraunhofer IOSB) verfügt KASTEL-ESS am Standort Karlsruhe über bedeutende Kooperations- und Transferpartner mit engen Industriekontakten.

Wichtige Kooperationsprojekte mit der Wirtschaft wurden fortgeführt, z.B. mit EnBW Energie Baden-Württemberg („Towards better Development of Applications on DLT“), ETAS GmbH („Automotive Security“), Huawei Research Germany („Auditable Security“), IBM Research

(„Group Verifiable Random Functions“), LogMeln (GoTo Group) (Frühe Feedbackzyklen in Softwareentwicklungsprozessen für verteilte und plattformübergreifende Systeme), Mercedes-Benz AG („VINCRYPTOR“: Pseudonymisierung von Vehicle Identification Numbers), NEC Laboratories Europe („Repliable Onion Routing“), Pionix GmbH (Identifikation von Sicherheitsanforderungen der Software „Everest“) und SAP SE („Secure Federated Machine Learning“, „Secure and Robust Machine Learning for IoT Systems“). Weitere Kooperationen mit Partnern aus Wirtschaft und Industrie werden z.B. in von Drittmittelprojekten gepflegt.

Im Board of Directors des EIFER – European Institute for Energy Research (Énergie de France and KIT) ist mit Prof. Dr. Veit Hagenmeyer ein Topic-PI vertreten. Die am Teilinstitut beteiligten Arbeitsgruppen unterhalten enge Kooperationen mit Forschungseinrichtungen wie ATHENE (Darmstadt), dem Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI, Bonn), dem Centrum Wiskunde & Informatica (CWI, Amsterdam), CeTi (Dresden), CISPA (Saarbrücken), Fraunhofer AISEC (Garching), Fraunhofer SIT (Darmstadt), dem Idaho National Lab, Mines ParisTech und ZEVEDI (Darmstadt). Innerhalb gemeinsamer Forschungsarbeiten bestehen zzt. außerdem Kooperationen mit weiteren 55 nationalen und 31 internationalen Forschungsinstituten.

#### **A.1.4.2.3.2 Teilinstitut Verlässlichkeit autonomer dynamischer Systeme (KASTEL-VADS)**

##### **Leitende Person**

Teilinstitutsleiter KASTEL-VADS: Prof. Dr. André Platzer

##### **Kurzdarstellung**

Das Teilinstitut KASTEL-VADS befasst sich mit den Prinzipien der Verlässlichkeit autonomer dynamischer Systeme, wie sie etwa für das Studium der Korrektheit von cyber-physischen Systemen (CPS) nötig sind. Ziel ist die Entwicklung von Techniken mit denen man Computern vertrauen kann, physikalische Prozesse zu steuern. Dies ist eine zentrale Herausforderung für die Computerunterstützung in lebenswichtigen Bereichen wie Automobil, Flugzeug und Zugsystemen sowie in der Robotik. Um dieses Ziel zu erreichen, betreibt KASTEL-VADS eine Forschungsgruppe:

- Alexander von Humboldt-Professur für Logik autonomer dynamischer Systeme (Prof. Dr. André Platzer).

Eine zentrale Rolle in der Theorie, Praxis und Anwendung spielen dabei Programmiersprachen mit Logiken, die Beweise als Korrektheitsgarantien liefern.

Mit der Genehmigung des HGF-Pilotprogramm Kerninformatik Mitte 2023 übernahm KASTEL-VADS die zentrale Koordination des Programmes und stellt den Sprecher sowie Geschäftsführer.

##### **Highlights der Forschung**

Control Envelope Synthesis via Angelic Refinements (CESAR) stellt einen neuen Ansatz zur Synthese von beweisbar korrekten control envelopes von hybriden Systemen dar [TACAS'24], der auf Prinzipien der federführend in der LADS Gruppe entwickelten hybriden Spieltheorie fußt. CESAR füllt Lücken in hybriden Systemsteuerungen maximal zulässig aus, so dass das

Resultat ein gegebenes Sicherheitsziel erfüllt. Die dabei durch CESAR identifizierten Steuerungsconstraints sind folglich so flexibel wie nur möglich und erlauben weitere Optimierung. Ebenso werden Systemannahmen so flexibel wie möglich ausgefüllt, sofern dies für die Systemsicherheit erforderlich ist. Die Korrektheit der Antwort wird durch einen formalen Beweis begründet, während Optimalität, sofern möglich, ebenso aus einer spieltheoretischen Charakterisierung beweisbar ist.

Uniforme Substitution für die neue differential dynamic logic von kommunizierenden hybriden Programmen (dLCHP) [CADE'23] löst die langwierige offene Frage, wie man einfache korrekte Beweise für parallele hybride Systeme führen kann. Parallelität ist ein weit verbreitetes Phänomen in hybriden Systemen, führt aber auch schon in ganz gewöhnlichen diskreten Programmen zu Herausforderungen, die so schwierig sind, dass es bislang nur sehr komplizierte Verifikationswerkzeuge für diskrete parallele Programme und gar keine für parallele hybride Programme gab. Dank der vereinfachenden Kraft der uniformen Substitution ergibt sich ein stark modularisiertes Axiomensystem mit dem kommunizierende parallele hybride Programme bewiesen werden können und zwar ohne in die tückischen Abgründe von schematischen Verifikationsprinzipien mit subtilen Seitenbedingungen absteigen zu müssen, die für parallele Systeme so sagenhaft schwierig sind.

### **Strategische Ereignisse**

Das HGF-Pilotprogramm Kerninformatik konnte erfolgreich eingeworben und gestartet werden. Ziel des Pilots ist die Etablierung von information-mathematischen Grundlagenforschung im Bereichen des Algorithmen- und Software-Engineerings, künstlicher Intelligenz und Hardwaredesigns im Rahmen der Helmholtz-Gemeinschaft.

### **Längerfristige Kooperationen**

Prof. Dr. Platzer arbeitet weiterhin intensiv mit seiner Gruppe am Logical Systems Lab der Carnegie Mellon University sowie mit seinem Doktoranden an der Ludwig-Maximilians-Universität München sowie seinen Kollegen an der DePaul University zusammen. Ein Teil seiner Forschung fand in einem gemeinsamen Federal Railroad Administration (FRA) Projekt mit Siemens statt.

## **A.1.4.3 Bereich III – Maschinenbau und Elektrotechnik**

### **A.1.4.3.1 *Institut für Automation und angewandte Informatik (IAI)***

#### **Leitende Person:**

Institutsleiter: Prof. Dr. Veit Hagenmeyer

#### **Kurzdarstellung**

Das Institut für Automation und angewandte Informatik (IAI) betreibt Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet innovativer, anwendungsorientierter Informations-, Automatisierungs- und Systemtechnik für zukunftsfähige Energiesysteme sowie komplexe Industrie- und Laborprozesse. Die FuE-Vorhaben umfassen alle Entwicklungsphasen vom Konzeptentwurf bis zur

Prototypenherstellung und praktische Erprobung und beinhalten neben der Systemrealisierung auch die Entwicklung neuartiger Informatik- und Automatisierungsmethoden und -werkzeuge, die im Rahmen der Systemherstellung eingesetzt und weiterentwickelt werden.

Das Institut ist im Rahmen der programmorientierten Förderung PoF IV der Helmholtz-Gemeinschaft in zwei Forschungsbereichen (FB) aktiv: FB Energie und FB Information.

FB Energie:

- Programm Energy System Design (ESD),  
Topic 2 „Digitalization and system technology“

FB Information:

- Programm Material Systems Engineering (MSE)  
Topic 1 „Functionality by Information-guided Design: from Molecular Concepts to Materials“  
Topic 2 „Optics & Photonics: Materials, Devices, and Systems“
- Programm Natural, Artificial and Cognitive Information Processing (NACIP)  
Topic 4 „Molecular and Cellular Information Processing“
- Programm Engineering Digital Futures (EDF)  
Topic „Engineering Secure Systems“ (IAI-Arbeitsgruppe in KASTEL)

Das IAI ist am Aufbau, Betrieb und der Weiterentwicklung des Energy Lab am KIT beteiligt. Neben dem Smart Energy System Simulation and Control Center (SEnSSiCC) mit seinen Simulationslaboren und dem Experimentierfeld gehören zum IAI-Teil das Reallabor „Living Lab Energy Campus“ (LLEC) und das Cyber-Security-Lab „Engineering Security for Energy Systems“. Diese Arbeiten werden ergänzt durch Experimente im realitätsnahen Laborumfeld des „KASTEL Security Lab Energy“.

Der Beitrag des IAI im Programm ESD zu den Arbeiten im FB Energie liegt in der systemischen Betrachtung des Energiesystems der Zukunft. Die zukünftig erforderliche Kopplung der unterschiedlichen Energiesektoren und die Fluktuation der Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen stellt eine enorme Herausforderung für die Steuerung und Regelung des Energiesystems der Zukunft dar. Die Arbeiten am IAI liefern Lösungen für die systemtechnologischen Herausforderungen und den digitalen Umbau hin zu einem integrierten und sektorgekoppelten Energiesystem. Es werden dafür Methoden, Modelle und Werkzeuge für Design, Betrieb und Regelung eines integrierten, dezentralen Energiesystems erforscht. Die technische Umsetzbarkeit der vielfältigen Hardware- und Software-Lösungen wird direkt in intelligenten Energiesystemlaboren und Infrastrukturen getestet und integriert.

Die Arbeitsgebiete in ESD umfassen:

- die Stromnetz-Modellierung und -Simulation, die die gesamte Bandbreite und Spannungsebenen vom Europäischen Verbundnetz bis hin zum Niederspannungsnetz in Wohnquartieren umfasst;
- den Aufbau und Betrieb von „Smart Areas“ inkl. Bereitstellung von validierten Betriebsdaten zum Scheduling und Steuerung der Anlagen als Grundlage für den optimierten Betrieb;
- die Flexibilisierung und Optimierung energieintensiver industrieller Prozesse;
- die Entwicklung von Methoden zur frühzeitigen Erkennung und Unterbrechung realistischer Cyber-Angriffe auf Energiesysteme;
- Arbeiten zur Dekarbonisierung und Flexibilisierung von Recyclingprozessen „Energy Transition and Circular Economy“ (Innopool);



- weitere Forschungsaktivitäten im Bereich Sektorkopplung, Optimierung, Forecasting, Netzstabilität, etc. innerhalb in ESD und in komplementären Projekten (Förderprojekte, Industrieprojekte).

Im Programm MSE des FB Information entwickelt das IAI Modellbildungs- und Simulationsverfahren. Für die Realisierung komplexer elektronischer und photonischer Systeme mit neuen funktionalen Nanomaterialien werden Softwarewerkzeuge zur informations- und datengetriebenen Automatisierung von hochauflösendem 2D- und 3D-Druck-, Postprocessing-, Montage- und Packagingverfahren entwickelt. In Kooperation mit den KIT-internen und -externen PoF-Partnern und dem Exzellenzcluster POLiS werden KI-Methoden für vollautomatische Labore in der Batterieforschung entwickelt.

Die Arbeitsgebiete in MSE umfassen:

- die Entwicklung digitaler, additiver Fertigungsprozesse;
- die Erarbeitung neuartige Aufbau- und Verbindungsverfahren und Kapselungsverfahren;
- die Entwicklung von Verfahren zur optischen Inspektion und Aufklärung der 3D-Nanostruktur;
- die Auswertung automatisiert generierter Messungen, insb. von Spektrogrammen, Diffraktogrammen und bildgebenden Verfahren mit KI-Methoden.

Im Programm NACIP werden KI-basierte Segmentierungs- und Trackingalgorithmen inkl. der zugehörigen Open Source Implementierungen entwickelt. Ein weiterer Schwerpunkt sind robotergestützte Screeningverfahren.

Die Arbeitsgebiete in NACIP umfassen

- die Entwicklung von Verfahren zur Bewegungsanalyse von Zebrabärblingen,
- KI-basierte Verfahren zu Organoiden und zum Bakterienwachstum,
- die Entwicklung von Hardwaresystemen und Softwareverfahren zur Insektenidentifikation.

### **Highlights der Forschung**

- ESD Meilenstein M3.1 „Provision of validated operating data of the three smart areas“: Bereitstellung von validierten Betriebsdaten für die drei smarten Areale - Energy Lab in Karlsruhe, Living Lab Energy Campus (LLEC) in Jülich und DLR NESTEC in Oldenburg
- Kopernikus Projekt ENSURE 2: Erfolgreicher Abschluss des Projekts und Übergang in das Umsetzungsprojekt ENSURE 3
- Etablierung von KI-Methoden: Erfolgreiche Verortung der am IAI entwickelten KI-Methoden in allen Programmen: ESD, MSE und NACIP

### **Strategische Ereignisse**

- HGF-Inkubator Helmholtz.AI W1/W3-Tenure Track Professur:  
Berufung von Dr. Benjamin Schäfer auf die TT-Professur „Künstliche Intelligenz für das Energiesystem“
- Aufnahme in das Exzellenzcluster POLiS:  
Integration der Arbeiten von Prof. Markus Reischl im Bereich der Datenanalyse mittels KI-Methoden in die POLiS-Arbeiten

## **Längerfristige Kooperationen**

### Wirtschaft

Brüker GmbH, D; EnBW Energie Baden-Württemberg AG, D; Électricité de France (EDF), F; Hitachi Energy, D; Netze BW GmbH, D; Notion GmbH, D; Siemens AG, D; Siemens Energy, D; Stadtwerke Karlsruhe, D; TenneT TSO GmbH, D; TransnetBW GmbH, D; vialytics GmbH, D.

### Hochschulen

EPFL Lausanne, CH; Friedrich-Alexander-Universität Nürnberg-Erlangen, D; RWTH Aachen, D; Universität Gustave Eiffel, F; Universität Heidelberg, D; Universität Singapur, SGP; Universitätsaugenklinik Rostock, D; Technische Hochschule Ulm, D; Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), D; University of California, Berkeley, USA; University of Illinois at Urbana-Champaign, USA; University of North Carolina Charlotte (UNCC), EPIC-Center, USA.

### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

Deutsches Krebsforschungszentrum DKFZ, D; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, D; EIFER – European Institute for Energy Research, DE & F; Forschungszentrum Informatik FZI, D; Forschungszentrum Jülich, D; Fraunhofer Institut IOSB, D; Helmholtz-Zentrum Hereon, D; Museum für Naturkunde, Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung, D; National Renewable Energy Laboratory (NREL), USA; OFFIS – Institut für Informatik Oldenburg, D; Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), USA.

## **A.1.4.3.2    *Institut für Angewandte Materialien (IAM)***

Sprecher der kollegialen Institutsleitung: Prof. Dr. mont. Christoph Kirchlechner

### **A.1.4.3.2.1 *Teilinstitut Angewandte Werkstoffphysik (IAM-AWP)***

#### **Leitende Person**

Teilinstitutsleiter: Prof. Dr. Hans Jürgen Seifert

#### **Kurzdarstellung**

Das IAM-AWP unter der Leitung von Prof. Dr. Hans Jürgen Seifert erforscht und entwickelt innovative metallische und nichtmetallische Funktions- und Strukturwerkstoffe sowie Verbundwerkstoffe. Im Mittelpunkt stehen die Werkstoffmodellierung sowie Fragen zu Struktur- und Eigenschaftsbeziehungen sowohl für Bulk- als auch für Dünnschichtmaterialien. Die Aktivitäten sind in die Helmholtz-Programme Fusion, Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research (NUSAFE) und Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET) des Helmholtz-Forschungsbereichs Energie sowie in das Helmholtz-Programm Materials Systems Engineering (MSE) mit KNMF des Helmholtz-Forschungsbereichs Information eingebettet. Darüber hinaus werden Forschungsprojekte bearbeitet und koordiniert, die von nationalen Trägern (Land Baden-Württemberg, DFG, BMBF, BMWK, BMUV), der Europäischen Union

sowie Industriepartnern gefördert werden. Das IAM-AWP ist über mehrere multilaterale Kooperationen auch programmübergreifend vernetzt. Es ist durch Forschung und Lehre an den KIT-Fakultäten Maschinenbau sowie Elektrotechnik und Informationstechnik umfangreich in den Universitätsbereich des KIT eingebunden.

Im Helmholtz-Forschungsbereich Energie werden systemspezifische Strukturwerkstoffe für hochbelastbare Komponenten in der Fusionstechnologie und für solarthermische Kraftwerke auf Basis von 9-14 % Cr-Stählen, oxiddispersionsgehärteten ODS-Legierungen und Refraktärlegierungen erforscht (Helmholtz-Programme Fusion, MTET). In dem Helmholtz-Programm MTET werden mechanische Eigenschaften und die Korrosionsresistenz austenitischer Stähle in flüssigen Metallen untersucht. In dem Programm Fusion hat die am Teilinstitut entwickelte Herstellungsrouten der (ODS) ferritisch-martensitischen Stähle zu einer wesentlichen Erhöhung der Einsatztemperaturen geführt. Insbesondere die Duktilisierung des Refraktärmetalls Wolfram wird im Rahmen des europäischen Projekts EUROfusion untersucht. Im Feld Großkomponenten für das internationale Fusionsexperiment ITER werden Mikrowellen-Einkopplungseinheiten entwickelt. Des Weiteren werden Torusfenster basierend auf künstlich erzeugten Diamantscheiben entwickelt, die eine Schlüsseltechnologie für ITER und Folgeanlagen darstellen.

Im Programm NUSAFE werden wichtige Beiträge zum Hochtemperaturverhalten von in Kernkraftwerken eingesetzten Materialien bei Betriebs- und Störfallbedingungen geleistet. Die Mitarbeitenden des IAM-AWP beteiligten sich hier aktiv und verantwortlich in verschiedenen internationalen Kooperationsprogrammen.

In den Helmholtz-Programmen MTET, MSE und in DFG-geförderten Projekten bearbeitet das IAM-AWP materialspezifische Fragen in den Themenfeldern Dünnschichttechnologie und Lasertechnologie sowie Thermodynamik und Thermophysik. Mit den Forschungsgebieten Thermodynamik und Thermophysik der Werkstoffe setzt das IAM-AWP Schwerpunkte, die auch die Untersuchung funktioneller Komponenten der Energietechnik z.B. von Lithium-Ionen-Batterien umfassen. Im Programm MTET wird auch die elektrokatalytische Wandlung von CO<sub>2</sub> zu Treibstoffen und Chemikalien sowie die Erzeugung von solarem Wasserstoff mittels Hochtemperatur-Festoxid-Elektrolysezellen (SOEC) untersucht.

Die Arbeiten des Instituts in den Programmen werden durch diverse DFG-Vorhaben, BMBF- und EU-Projekte sowie direkte Industriekooperationen auf den Gebieten der Grundlagenforschung, der Materialentwicklung sowie des nachhaltigen Industrietransfers erfolgreich strategisch verstärkt.

### **Highlights der Forschung**

- Synthese neuartiger Elektrodenmaterialien für Lithium- sowie Natrium-Batterien und Einsatz der Lasertechnik zur Herstellung von elektrochemischen 3D-Zellen. Quantitative Analyse des Batteriealterungs- und Sicherheitsverhaltens mit kalorimetrischen Methoden.
- Analyse und Modellierung des Schädigungsverhaltens von Werkstoffen für nukleare Kernfusionsreaktoren durch Neutronenstrahlung. Neutronenbestrahlungsexperimente in drei internationalen Testreaktoren.
- Thermodynamische und thermophysikalische Modellierungen und Experimente für die Erforschung von Hochtemperaturwerkstoffen für die Energiewende, z.B. Wasserstofftechnologie.

## **Strategische Ereignisse**

Die GFA-Aktivitäten von Prof. Dr. Ulrike Krewer wurden zum 1. Januar 2023 an das IAM-AWP angegliedert. Prof. Krewer wurde in das Direktorium des IAM-AWP aufgenommen.

## **Längerfristige Kooperationen**

### Wirtschaft

BMW AG, Mercedes-Benz AG, St. Gobain Performance Plastics Biolink GmbH Waakirchen, Pulsar Photonics GmbH Herzogenrath, EAS Batteries GmbH Nordhausen, MOEWE Optical Solutions GmbH Mittweida, EdgeWave GmbH (EDGE) Würselen, Custom Cells GmbH Tübingen, Zoz GmbH Wenden, Diamond Materials GmbH Freiburg, KBHF GmbH Karlsruhe, SAFT Frankreich, ARKEMA S.A. Frankreich, Sovema Group S.p.A. Italien, Pipistrel Slowenien, Westinghouse USA, EdF Frankreich, FRAMATOME Frankreich, Ulba Metallurgical Plant Kazakhstan, NGK Insulators Ltd. Japan, Materion Corp. USA

### Hochschulen

Justus-Liebig-Univ. Gießen, Univ. Ulm, TU Bergakademie Freiberg, Univ. des Saarlandes Saarbrücken, Univ. Münster MEET, Univ. Duisburg-Essen, TU Ilmenau, Univ. Kaiserslautern, Central South Univ. PR China, Tianjin Univ. China, Changchun Univ. of Science and Technology PR China, Univ. of Science and Technology Beijing PR China, UNIFESP São Paulo, IFSP São Paulo Brasilien, Univ. of Warwick UK, Aarhus Univ. Dänemark, TU Wien, National Formosa Univ. Taiwan, Königliche Techn. Hochschule Stockholm Schweden, Univ. of Helsinki, Finland

### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), HIU Ulm, DECHEMA-Forschungsinstitut, Frankfurt a.M., Forschungszentrum Jülich (FZJ), Fraunhofer-Institut für Lasertechnik Aachen, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT Pfinztal, GRS gGmbH Garching,

Austrian Institute of Technology, CIDETEC Spanien, RISE IVF AB Schweden, CNRS Orléans Frankreich, ORNL USA, INL USA, CEIT Spanien, JRC Petten, Niederlande, CEA Frankreich, IRSN Frankreich, CNL Kanada, PSI Schweiz, HUN-REN Ungarn, CCFE UK, ENEA Italien, QST Japan.

## **A.1.4.3.2 Teilinstitut Energiespeichersysteme (IAM-ESS)**

### **Leitende Person**

Teilinstitutsleiter: Prof. Dr. Helmut Ehrenberg

### **Kurzdarstellung**

Das IAM-ESS unter der Leitung von Prof. Dr. Helmut Ehrenberg beschäftigt sich primär mit der Entwicklung, Herstellung und Charakterisierung neuartiger Materialien für elektrochemische Energiespeicher z.B. für Li-Ionen-Batterien und Post-Lithium-Systeme. Die Forschung am IAM-ESS reicht von der Etablierung neuer Materialkonzepte über die Aufklärung von Funktions- und Degradationsmechanismen bis hin zur Hochskalierung und der Integration in Anwendungen. Die Kompetenzfelder und Arbeitsschwerpunkte sind in Arbeitsgruppen zu-

sammengefasst: „Kohlenstoffbasierte Materialien“, „Entwicklung von Streumethoden zur Materialcharakterisierung“, „Funktionelle Kompositmaterialien“, „Elektrolyte und elektrochemische Methoden“, „Oberflächen- und Grenzflächenanalytik“, „Elektrodenfertigung“, „Materialsynthese und keramische Pulvertechnologie“ und „Fusionskeramik“. Die Arbeiten des IAM-ESS sind langfristig in den Programmen Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET) – Topic 2 Elektrochemische Energiespeicher und Fusion sowie in der Karlsruhe Nano Micro Facility KNMFi des KIT verankert.

Das Institut verfügt über die materialwissenschaftliche Expertise, Prozess-Know-how und die Infrastruktur für die Synthese von Aktivmaterialien für Batterien in Mengen bis zu 10 kg. Die Entwicklung und Herstellung von Elektroden erfolgt vom Labor- bis zum Pilotmaßstab, sowohl für lösemittelbasierte Verfahren als auch für trockene Prozesse. Zellen werden von der Knopfzellgröße bis hin zu großformatigen Pouchzellen (20 Ah) mit hoher Zuverlässigkeit gefertigt. Für die Zellcharakterisierung steht eine umfassende Palette an modernsten Geräten und Instrumenten für die Durchführung von Experimenten, Synthesen und detaillierten Analysen verschiedener Materialien zur Verfügung. Dazu gehört auch die Möglichkeit, elektrochemische Messungen durchzuführen, um wertvolle Erkenntnisse über die Leistungsmerkmale von Batterien wie Kapazität, Spannungsprofile, Zyklenfestigkeit und Innenwiderstand zu gewinnen. Dabei wird ein großer Längenbereich von der mikrokristallinen Struktur der Materialien über ihre Grenzflächen bis hin zu ganzen Komponenten abgedeckt. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf in-situ- und in-operando- sowie post-mortem-Analysen. Diese ermöglichen Einblicke in die während der Speicherung ablaufenden Prozesse und tragen daher maßgeblich zu deren Verständnis bei. Dabei werden Techniken wie Röntgenbeugung (X-ray diffraction - XRD), Rasterelektronenmikroskopie (Scanning Electron Microscopy - SEM) und Transmissionselektronenmikroskopie (Transmission Electron Microscopy - TEM) eingesetzt, um strukturelle und morphologische Eigenschaften von Batteriematerialien in unterschiedlichen Auflösungen zu untersuchen. Darüber hinaus setzt das IAM-ESS Charakterisierungsmethoden wie die Röntgenphotoelektronenspektroskopie (X-ray Photoelectron Spectroscopy - XPS), die optische Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppelten Plasma (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy - ICP-OES), energiedispersive Röntgenspektroskopie (Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy - EDX) und Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie (Fourier-Transform InfraRed Spectroscopy - FTIR) zur Untersuchung der chemischen Zusammensetzung und der Oberflächeneigenschaften von Batteriekomponenten ein.

Lithiumhaltige Materialien sind auch der Schwerpunkt der Materialentwicklungsarbeiten für die Fusionsforschung: Lithiumhaltige Keramiken werden als mögliche Tritiumquelle zukünftiger Fusionsreaktoren entwickelt und sind Bestandteil der Forschungsaktivitäten am IAM-ESS.

### **Highlights der Forschung**

Der KIT-Forscher Sebastian Büchele hat im August 2023 die Litona GmbH (<https://www.litona-batteries.de/>) gegründet, um die Forschung an Natrium-Ionen-Batteriezellen zu beschleunigen und Scale-up-Forschung zu ermöglichen. Mit der Ausgründung soll der erfolgreiche Scale-up von neuen Kathodenmaterialien für Natrium-Ionen-Batterien auf Basis chemisch modifizierter Preußisch-Weiß-Derivate, die von Forschenden des KIT im Materialsyntheselabor der Helmholtz Energy Materials Foundry (HEMF) am KIT entwickelt wurden, bis zur Marktreife vorangetrieben werden. Die Anbindung an den Exzellenzcluster Post-Lithium Storage (POLiS) und

der intensive Austausch mit zahlreichen Expertinnen und Experten sowie die Labore und Know-How des IAM-ESS boten den idealen Rahmen für die Ausgründung.

Das IAM-ESS hat seine Forschungsaktivitäten zum Batterierecycling in den letzten Jahren erfolgreich verstärkt, was durch zahlreiche Veröffentlichungen, Patente, Präsentationen und die aktive Teilnahme an aktuell drei, teilweise europaweiten Projekten, die sich explizit mit dem LIB-Recycling befassen, deutlich wird. Als besonderen Erfolg ist die Entwicklung eines hoch-effizienten mechanochemischen Recyclingverfahrens hervorzuheben, das besonders hohe Lithiumausbeuten von bis zu 70 % des Lithiums aus Kathodenmaterialien unterschiedlichster Lithium-Ionen-Batterien ermöglicht, ohne dass korrosive Chemikalien, hohe Temperaturen oder eine vorherige Sortierung der Materialien erforderlich sind. Die Veröffentlichung der Ergebnisse in der Zeitschrift *Nature Communications Chemistry* (DOI: 10.1038/s42004-023-00844-2) erfuhr ein umfangreiches Echo aus Industrie und Medien, einschließlich eines Berichtes in der Tagesschau (<https://www.tagesschau.de/multimedia/video/video-1163687.html>).

### **Strategische Ereignisse**

Dr. Sonia Dsoke wurde zum 1. Oktober 2023 zur W3-Professorin für „Elektrochemische Energieträger und Speichersysteme“ am INATECH der Universität Freiburg ernannt und hat damit das IAM-ESS verlassen. Die Chemikerin war zuvor Leiterin einer multidisziplinären Arbeitsgruppe am KIT (Topic 2) sowie Sprecherin des Forschungsbereichs A - Elektrodenmaterialien im Exzellenzcluster POLiS und Co-Direktorin des Center for Electrochemical Energy Storage Ulm Karlsruhe (CELEST), einer gemeinsamen Plattform der Universität Ulm, des KIT und des ZSW Ulm.

Am IAM-ESS wurden im Jahr 2023 die Berufungsverfahren für zwei neue Professuren vorangetrieben: Das Berufungsverfahren für die W3-Professur für „Grenzflächenprozesse“ (Bereich 3, KIT-Fakultät für Maschinenbau (MACH)) sowie die W3-Professur für „Materialien für die nachhaltige Speicherung elektrochemischer Energie“ (KIT-Fakultät für Biologie und Chemiewissenschaften (CHEMBIO)). Beide Professuren werden die Forschung im Programm MTET-Topic 2 Electrochemical Energy Storage verstärken.

Besonders erfreulich ist, dass das IAM-ESS im Berichtsjahr das Materialsyntheselabor der Helmholtz Energy Materials Foundry (HEMF) nach einigen Verzögerungen erfolgreich in Betrieb genommen hat. Mit der Inbetriebnahme des Materialsyntheselabors und eines großformatigen und flexiblen Elektrodenbeschichters ist nun die gesamte Wertschöpfungskette für die industriennahe Herstellung von zukünftigen elektrochemischen Energiespeichersystemen im Pilotmaßstab in der Technologieplattform „Battery Technology Center (BATEC)“ abgebildet.

### **Längerfristige Kooperationen**

#### Wirtschaft

Das IAM-ESS pflegt seit vielen Jahren sehr erfolgreich enge Kooperationen mit ausgewählten Industriepartnern. Hierzu zählen insbesondere EnBW, BMW, Bruker BioSpin, Daimler und Daimler Truck. Die Kooperationen umfassen neben den oben aufgeführten Forschungsprojekten, und fünf gemeinsame Promotionen (EnBW: 1, BMW: 1, Mercedes Benz AG: 2, VW: 1). Weitere Partner aus der Wirtschaft sind: Exyte Technology GmbH, LICULAR GmbH, Daimler Truck AG, EnBW

#### Hochschulen

Über das Exzellenzcluster POLiS ist das IAM-ESS eng mit der Universität Ulm und der Justus-Liebig-Universität Gießen verbunden, was sich auch in zahlreichen gemeinsamen Publikatio-

nen abbildet. Darüber hinaus pflegt das IAM-ESS sein internationales Netzwerk und wissenschaftlichen Synergien über zahlreiche Gastwissenschaftleraufenthalte. Zu den langjährigen internationalen Partner zählen die Cadi Ayyad University (Marrakesh, Marokko), University of Sydney (Australien), Covenant University (Nigeria) und die Ivan Franko National University Lviv (Ukraine).

#### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen.

Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum (DLR), Forschungszentrum Jülich (FZJ), Helmholtz Zentrum Berlin (HZB), Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

### **A.1.4.3.2.3 Teilinstitut Werkstoffkunde (IAM-WK)**

#### **Leitende Person**

Teilinstitutsleiter: Prof. Dr. Martin Heilmaier

#### **Kurzdarstellung**

Das IAM-WK verfügt über breite methodische Kompetenzen in den Bereichen Herstellung und Verarbeitung, Gefüge und Struktur, Charakterisierung der mechanischen, thermischen und elektrochemischen Eigenschaften. Es bietet seinen Mitgliedern damit ein attraktives wissenschaftliches Umfeld und ausgezeichnete fachliche und persönliche Entwicklungsmöglichkeiten.

In der vierten Phase der programmorientierten Förderung wirkt das Institut mit seinen Arbeiten in den Forschungsbereichen Energie (Programme Materials and Technologies for the Energy Transition – MTET, Nuclear Fusion – Fusion) und Information (Programm Materials Systems Engineering – MSE) mit.

Im Programm MTET fokussieren die Aktivitäten auf die Entwicklung neuer (metallischer) Hochtemperaturwerkstoffe, insbesondere für Gasturbinen und konzentrierte Solarthermie. Im MTET Innovationpoolprojekt: Solarer Wasserstoff, hochrein und komprimiert wird die Mikrostruktur neuartiger Elektrolyseure/Brennstoffzellen untersucht. Im Bereich Electrochemical Energy Storage beschäftigen sich die Forschenden mit der Entwicklung neuartiger Elektrolyte für Lithium-Hochvoltzellen sowie im Rahmen des Exzellenzclusters POLIS mit der Formulierung und Analytik von sicheren Elektrolyten für Na- und K-Ionen-Batterien.

Im Programm Fusion fokussieren sich die Aktivitäten auf den 3D-Druck (Laser und Elektronenstrahl) von Kühlstrukturen aus Wolfram und CuCrZr. Durch die Kombination beider Druckverfahren wurden erfolgreich Bauteile im Direktdruck ohne zusätzlichen Fügeschnitt hergestellt.

Im Programm MSE steht die Entwicklung der Additiven Fertigung von Leichtbauteilen, hier aus der Titanlegierung Ti6Al4V, in Vordergrund. Die Herstellung mittels Materialextrusionsverfahren (MEX) konnte erfolgreich gezeigt werden und wird derzeit in Richtung Health Care und deren speziellen Anforderungen weiterentwickelt.

#### **Highlights der Forschung**

Die institutsübergreifenden Forschungsarbeiten zu sicheren Elektrolyten für Lithium- und Natrium-Ionen-Batterien wurde im Jahr 2023 mehrfach ausgezeichnet (2. Platz beim Posterpreis des Deutschen Batterieforums und 3. Preis beim NEULAND Innovationswettbewerb des KIT).

## **Strategische Ereignisse**

Prof. M. Heilmaier wurde 2023 zu einem der beiden Präsidenten der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM) gewählt, die national mit über 2.000 persönlichen Mitgliedern größte Interessenvertretung der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. Es ist die Mission der DGM, den Technologie- und Wissenstransfer zwischen Hochschulen, Forschungseinrichtungen, Unternehmen und internationalen Partnern zu fördern und ihren Mitgliedern das bestmögliche Netzwerk im Bereich der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik anzubieten.

## **Längerfristige Kooperationen**

### Hochschulen

In Kooperation mit der TU Freiberg arbeitet das IAM-WK mit mehreren anderen Teilinstituten des IAM im Rahmen der DFG-geförderten Forschungsgruppe (FOR 3010) an multifunktionalen, grobkörnigen, refraktären Verbundwerkstoffen und Werkstoffverbunden für großvolumige Schlüsselbauteile in Hochtemperaturprozessen.

Unter der Sprecherschaft von Prof. Martin Heilmaier sind mehrere Teilinstitute des IAM am Graduiertenkolleg 2561 (Materials Compounds from Composite Materials) beteiligt, das im November 2019 von der DFG bewilligt wurde. Starttermin war der 01.04.2020. Weiterhin beteiligt sind Forscher der TU Darmstadt sowie des DFI Frankfurt. Das Kolleg umfasst 12 Doktorandenstellen.

Das IAM-WK ist Mitglied im Exzellenzcluster POLIS, getragen vom KIT, dem Helmholtz-Institut Ulm, der Universität Ulm, dem ZSW Ulm und der Universität Gießen.

Das IAM-WK war von 2016 bis 2023 zusammen mit anderen Instituten des KIT und Arbeitsgruppen des Instituts für Mikrosystemtechnik der Universität Freiburg Teil der DFG-Forschungsgruppe FOR 2383 „Erfassung und Steuerung dynamischer lokaler Prozesszustände in Mikroreaktoren mittels neuer in-situ-Sensorik (PROMISE)“.

### **A.1.4.3.2.4 Teilinstitut Werkstoff- und Grenzflächenmechanik (IAM-MMI)**

#### **Leitende Person**

Teilinstitutsleiter: Prof. Dr. mont. Christoph Kirchlechner

#### **Kurzdarstellung**

Das Institut für Angewandte Materialien – Werkstoff- und Grenzflächenmechanik (engl. „Mechanics of Materials and Interfaces“ IAM-MMI) untersucht grundlegende Mechanismen der Werkstoffschädigung und des Werkstoffversagens. Im Fokus stehen neben Strukturmaterialien insbesondere Funktionswerkstoffe, deren mechanische Zuverlässigkeit im Zuge der Energiewende und für die Informationstechnologie von enormer gesellschaftlicher Relevanz sind. Das Mechanismen-basierte Verständnis der Werkstoffdegradation erfordert einen skalenübergreifenden Werkzeugkasten. Dieser besteht aus mechanischen und mikrostrukturellen Charakterisierungsverfahren, welche mit multiphysikalischer Modellierung wie auch modernen Verfahren der Datenanalyse kombiniert werden um gezielt Eigenschaften von Materialien und Materialsystemen zu optimieren. Um das Verhalten einzelner Kristallbaufehler quantitativ zu verstehen, werden Proben mit Abmessungen im Nano- und Mikrometerbereich strukturiert und anschließend mit In Situ-Charakterisierungsmethoden geprüft. Entsprechend werden nicht nur



die mechanischen Triebkräfte einzelner mikrostruktureller Mechanismen gemessen, sondern auch der Mechanismus selbst – beispielsweise im Elektronenmikroskop oder an Synchrotron Strahllinien – beobachtet. Durch den Einsatz von fokussierten Ionenstrahlen (FIB), Laserablation und mechanischer Fertigung gelingt der Brückenschlag von der Nano- bis zur Makroebene.

Von Interesse sind Funktionsmaterialien, unter anderem Batteriewerkstoffe (FB Energie, Materials and Technologies für the Energy Transistion – MTET), insbesondere Elektrodenmaterialien, sowie gedruckte Materialverbunde (FB Information, Materials Systems Engineering – MSE). Die chemo- und elektro-mechanischen Eigenschaften dieser Materialien werden experimentell hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit charakterisiert. Für skalenübergreifende Materialsimulationen werden kontinuumsmechanische und mikromechanische Simulationsmethoden, sowie Phasenfeld-Modellierung eingesetzt.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt des IAM-MMI ist die Charakterisierung, Modellierung und Qualifizierung von Werkstoffen und Werkstoffverbunden für die Fusionstechnologie (FB Energie, Fusion). Dabei werden das nichtlineare Verformungs- und Schädigungsverhalten unter den extremen Belastungsbedingungen untersucht, mittels beobachteter Mechanismen interpretiert und mit geeigneten Stoffgesetzen beschrieben. Ziel ist es, zuverlässige Auslegungsregeln für die aus den betrachteten Werkstoffen und Werkstoffverbunden gefertigten Bauteile abzuleiten. Die Expertise liegt dabei in der Handhabung radiotoxischer Materialien, deren experimenteller Charakterisierung und der Modellierung ihrer Zuverlässigkeit. Die im Fusionsmateriallabor vorhandenen Möglichkeiten zur mechanischen Prüfung kombiniert mit der Expertise im Bereich der Probenpräparation, Mikrostruktur- und Elementanalytik hochradioaktiver und toxischer Proben mittels lichtoptischer Mikroskope und mittels Elektronenmikroskopen stellen ein Alleinstellungsmerkmal unter den europäischen Heiße-Zellen Laboren dar. Dabei kann das IAM-MMI auf eine langjährige Erfahrung in der Vorbereitung, Durchführung und Bewertung der Zuverlässigkeit unter Neutronenbestrahlung verweisen. Zusätzlich bietet die sichere Handhabung des radioaktiven Wasserstoffisotops Tritium neue Möglichkeiten bei der Untersuchung der Wasserstoffversprödung, wie sie in der ERC Consolidator Grant geförderten Gruppe „Wasserstoff Mikromechanik“ untersucht wird.

Einen weiteren Forschungsschwerpunkt im FB Information (MSE) stellt die Additive Fertigung dar. Hierbei werden experimentelle Voraussetzungen für das generative Herstellen metallischer Probekörper geschaffen. Ferner werden biomechanische Gestaltungsprinzipien auf additiv hergestellte Bauteile übertragen. Dabei wird auf eine über Jahre aufgebaute Expertise im Bereich der Bionik und Biomechanik zurückgegriffen. Zusätzlich werden bionische Prinzipien für Oberflächenstrukturen analysiert und auf technische, tribologisch belastete Oberflächen übertragen.

## Highlights der Forschung

- Entwicklung eines Verfahrens zur artefaktfreien Messung der Interface-Bruchzähigkeit auf der Mikroskala sowie eines Verfahrens zur Messung der Bruchzähigkeit von Mikroproben unter Vermeidung von Gallium-Schädigung. Siehe E.A. Okotete et al, Materials & Design, 2023 und Y. Zhang et al., Materials & Design 2023, (FB Information, MSE).
- Charakterisierung des Einflusses der Nachbestrahlungswärmebehandlung auf die durch Neutronenbestrahlung induzierte Defektmikrostruktur in Wolfram mittels quantitativer TEM/STEM. Die Wechselwirkung zwischen den Versetzungsringen und -linien wird zurzeit in In-Situ-Wärmebehandlungsversuchen näher untersucht (FB Energie, Fusion).

- Qualifikation von Berylliden für die Fusion (gemeinsam mit IAM-AWP): neuartige TiBe<sub>12</sub>- und CrBe<sub>12</sub>-Werkstoffe zeigten sich hinsichtlich ihrer mechanischen, Oxidations- Kompatibilitäts- und Tritium-Rückhalteeigenschaften gegenüber bislang favorisiertem reinem Beryllium deutlich überlegen und konnten somit für das Konzept massiver Bauteile im Brutblanket und für künftige Neutronenbestrahlungen qualifiziert werden (FB Energie, Fusion).

## **Strategische Ereignisse**

ERC CoG TRITIME: 2023 hat das durch den Europäischen Forschungsrat finanzierte ERC CoG Projekt seine Arbeit aufgenommen. Es werden mithilfe von Tritium-beladenen Proben Methoden entwickelt, um die in ihren Mechanismen bis heute nicht verstandene Wasserstoffversprödung bis hinunter auf die atomare Ebene zu untersuchen; unter anderem für eine optimierte Werkstoffstruktur für die Speicherung und den Transport von Wasserstoff.

Am IAM-MMI nahm im Jahr 2023 die Entwicklung neuartiger neutronenresistenter Hochentropielegierungen im ersten Jahr des EU geförderten Kooperationsprojekts INNUMAT („Innovative Structural Materials for Fission and Fusion“) von 36 Partnern in 15 Ländern die Arbeit auf. Im Rahmen des Projekts MetaCook, gefördert durch die Helmholtz Metadata Collaboration (HMC), wurde Software (VocPopuli) entwickelt, welche es erlaubt sich ein einem möglichst einfachen, kollaborativen Prozess auf die Auswahl und Bezeichnung relevanter Metadaten zu einigen. Diese Information wird a) automatisch an ein Electronic Laboratory Notebook (ELN) kommuniziert und dort die entsprechenden Templates für Experimente erzeugt und b) in eine Ontologie umgesetzt.

Innerhalb der EUROfusion Fusion Technology Aktivitäten (Consortium Work Plan 2021-2025) sind die Teilinstitute IAM-AWP, -ESS, -MMI und -WK mit diversen Teilprojekten zu Struktur- und Funktionsmaterial- und Prozessentwicklungen für DEMO beteiligt, u.a. an Planung und Durchführung von über 2027 hinausreichenden Neutronenbestrahlungs- und Nachuntersuchungsprogrammen.

Die Finanzierung des Ex-Uni-Vorhabens „Equity-KIT: Engineering the Change“ lief im Laufe des Jahres 2023 aus. In dem Vorhaben geht es um die Gewinnung junger Talente – insbesondere von Frauen – für die Forschung an materialwissenschaftlichen Themen im Bereich der Energiewende. Das Vorhaben wird mit Eigenmitteln des Instituts in den kommenden Jahren fortgeführt.

## **Längerfristige Kooperationen**

### Wirtschaft

Airbus Operations GmbH, Robert Bosch GmbH, Carl Zeiss Microscopy GmbH, SEW Eurodrive GmbH, Kugeler Bimetal SA, Linde AMT Schluechtern GmbH, BASF, Framatome, Alleima

### Hochschulen

TU Darmstadt, RWTH Aachen, TU Dortmund, Montanuniversität Leoben, TU Wien, University Roma Tre, University of Latvia, University of Oxford, University of Bologna, Hochschule Aalen, Hochschule Trier, École des Mines de Saint-Étienne, Université Grenoble Alpes, Université Paris-Saclay, University of Palermo, University of Malta, Shanghai Jiao Tong University

### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), Culham Centre for Fusion Engineering (CCFE), Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI), Belgian Nuclear Research Center (SCK CEN), Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), Centre for Energy, Environmental and Technological Research (CIEMAT), Italian National Agency for

New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development (ENEA), Oak Ridge National Lab (ORNL), Max-Planck-Institut für Eisenforschung (MPIE), Erich Schmid Institut der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, National Centre for Metallurgical Research (CENIM-CSIC), Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), JRC Petten, Forschungszentrum Jülich (FZJ), Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR)

#### **A.1.4.3.3 *Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik (IHM)***

##### **Leitende Person:**

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. John Jelonnek

##### **Kurzdarstellung**

Das Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik (IHM) forscht und lehrt auf den Gebieten der Impuls- und Mikrowellentechnik bei hohen und höchsten Leistungen. Dazu gehören die Theorie und Praxis der Erzeugung hoher Energiedichten von Elektronenstrahlen, die Erzeugung hoher elektromagnetischer Felder und Wellen im Millimeterwellen- und sub-THz-Bereich sowie die Anwendung dieser Verfahren in der Energieerzeugung und -nutzung, in der Materialforschung und -bearbeitung sowie in den Umwelttechnologien. Das Institut gliedert sich in die Abteilung Hochleistungsimpulstechnik (Prof. Dr. Georg Müller) und die Abteilung Hochleistungsmikrowellentechnik (Dr. Gerd Gantenbein). Das Institut ist in die Helmholtz-Programme Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET), Fusion und Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research (NUSAFE) eingebunden.

##### **Highlights der Forschung**

Abteilung für Hochleistungsmikrowellentechnik:

- An FULGOR wurde das erste industrielle 1 MW 105 GHz Gyrotron für CEA-WEST erfolgreich betrieben. Zum ersten Mal wurde damit ein industrielles Gyrotron ohne zusätzlichen Prototypen direkt umgesetzt und erfolgreich getestet. Die theoretische Auslegung erfolgte am IHM.
- Das europäische 1 MW 170 GHz Gyrotron für ITER/DTT, an dessen Entwicklung das KIT im Rahmen des europäischen Konsortiums (EGYC) maßgeblich beteiligt ist, wurde am F4E Teststand in Lausanne erfolgreich bei Pulsen mit 1 MW Ausgangsleistung und 100 s Pulslänge betrieben. Somit wurden die Grundlagen für die Beschaffung europäischer Gyrotrons für DTT und ITER gelegt.
- Im Rahmen des Programms MTET beschäftigt sich das IHM mit Prozessen zur Aufspaltung von CO<sub>2</sub> mittels erneuerbarer Energien. Im Jahr 2023 konnte erstmals eine Konversion über 30 % und eine Energieeffizienz von nahezu 50% erzielt werden.

Abteilung für Hochleistungsimpulstechnik:

- Na-basierte Flüssigmetallbatterien wurden erfolgreich entwickelt und über mehrere hundert Ladezyklen im Labor betrieben. Die Vermeidung der Korrosion der Strukturmaterialien und die Optimierung des Zelldesign sind zukünftige Forschungsschwerpunkte.
- Ein neuartiges Pulsgenerator-konzept für Kickermagnete zur schnellen und flexiblen Strahl-ablenkung für die FLASH-Strahlentherapie bei DESY wurde entwickelt und umgesetzt.
- Die Effizienz der Lipidgewinnung aus Mikroalgen mit unpolaren Lösemitteln, konnte, selbst unter Einbeziehung der Lösemittlrückgewinnung, durch gezielte Wasserbeigabe und pH-Wertkontrolle um 70 % gesteigert werden. Das Verfahren wurde zum Patent angemeldet.

## **Strategische Ereignisse**

Abteilung für Hochleistungsmikrowellentechnik:

- Ein Ausheizofen wurde in den Testbetrieb überführt, mit dem in Zukunft erstmalig Proto-typen für Multi-Megawatt Gyrotrons ausgeheizt werden können.
- Die Infrastruktur für eine containerbasierte Lösung zur Aufspaltung von CO<sub>2</sub> mittels er-neuerbarer Energien (Projekt: eXPlore) wurde in wesentlichen Teilen fertiggestellt.

Abteilung für Hochleistungsimpulstechnik:

- Ein Hochtemperatur Natrium-Kreislauf wurde in Betrieb genommen, der unter anderem die Untersuchung von CSP Receiverwerkstoffen unter thermisch zyklischer Last erlaubt.

## **Längerfristige Kooperationen**

### Wirtschaft

- Entwicklung von Anlagen der HEPHAISTOS-Serie zur Materialprozesstechnik mit Mikro- wellen mit dem Lizenznehmer Vötsch Industrietechnik GmbH, Reiskirchen,
- Mit KSB werden Materialien für den Einsatz in Hochtemperaturwärmespeichern mit flüs- sigem Blei als Wärmeträgermedium entwickelt und untersucht.

### Hochschulen

- Mitglied im internationalen Konsortium „DEVELOPMENT OF HIGH POWER TERAHERTZ SCIENCE AND TECHNOLOGY“ unter der Leitung von FIR-FU, Japan.
- Gemeinsame Forschungsarbeiten mit der National University of Australia (ANU) zur Wei- terentwicklung von Na-gekühlten CSP Receivern und Wärmespeicher.
- Wuhan Universität, China, zur Weiterentwicklung von Flüssigmetallbatterien.
- Gründungsmitglied des 'International Bioelectric Consortium' zur Zusammenarbeit in Bio- elektrik mit einer Vielzahl von Universitäten (Norfolk University, USA, Kumamoto Univer- sity, Japan, und 15 weitere).

### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

- Upgrade des ECRH-Systems an Wendelstein W7-X, Greifswald in Zusammenarbeit mit dem IPP Greifswald
- Entwicklung von 105 GHz 1 MW Gyrotrons für den europäischen Tokamak CEA/WEST
- Entwicklung von 117,5 GHz 1 MW Gyrotron für den US Tokamak DIII-D
- Entwicklung von Gyrotrons im Rahmen des europäischen Gyrotron-Konsortiums EGYC, und Industriepartner Thales Electron Devices (TED), Paris, Frankreich;
- Gyrotronentwicklung für DEMO im Rahmen von EUROfusion;

- Kooperation mit IPP, Garching, und IGVP, Universität Stuttgart, zur Entwicklung von Power-to-Molecules Technologien mit Hilfe atmosphärischer Mikrowellenplasmen.
- Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer FHR zur Entwicklung eines innovativen Weltraumradars unter Verwendung von Hochleistungsmikrowellenquellen.
- Entwicklung von schnellen und flexiblen Pulsgeneratoren in Zusammenarbeit mit CERN, DESY und PSI.
- Entwicklung von Flüssigmetallsystemen im Rahmen von Euratom EU-Projekten mit CEA, Frankreich, SCK-CEN, Belgien, CIEMAT, Spanien, ENEA, Italien.

#### **A.1.4.3.4    *Institut für Thermische Energietechnik und Sicherheit (ITES)***

##### **Leitende Person:**

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Daniel Banuti

##### **Kurzdarstellung**

Das ITES ist vollständig in den Forschungsbereich Energie der Helmholtz–Gemeinschaft integriert. Es befasst sich mit Fragestellungen der Energietechnik entlang der Achsen Wärme, Wasserstoff und Resilienz von erneuerbaren Energien bis zur nuklearen Sicherheitsforschung. Die fachlichen Schwerpunkte liegen auf der Analyse und Beschreibung komplexer Thermofluidodynamik, inkl. Mehrphasen- und reaktiven Strömungen. Die Arbeiten decken das Spektrum von physikalischen Grundlagen bis hin zu industriennahen Anwendungen ab.

Im Programm Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research (NUSAFE) werden Auslegungsstörfälle und auslegungsüberschreitende Störfälle für Leichtwasserreaktoren, aber auch für innovative Konzepte behandelt. Dies betrifft insbesondere Untersuchungen zu Kernschmelzunfällen und Containmentanalysen für die Ausbreitung von Wasserstoff sowie das Notfallschutzmanagement für die Unterstützung von Behörden und anderen Organisationen in zahlreichen Ländern.

Im Programm Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET) ist das ITES in mehreren Feldern aktiv, wie der Entwicklung von Flüssigmetall-basierten Wärmespeichern mit einer thermischen Kapazität von 100 kWh, Systemlösungen mit Wasserstoff als Energiespeicher oder der effizienten Nutzung geothermischer Energie mit modularen Niedertemperaturanlagen.

Ziel ist im Programm Energy System Design (ESD) die Verbesserung der Resilienz einzelner Infrastrukturen oder Infrastruktur-Systeme. Dazu werden Verfahren zur Simulation, Analyse und Optimierung kritischer Infrastrukturen (z.B. Versorgungsnetze) untersucht.

Im Programm Fusion spielen in zukünftigen Fusionskraftwerken mit magnetischem Plasmaeinschluss flüssige Metalle als Brutmaterial und Kühlmittel eine wichtige Rolle, deren Wechselwirkung mit den starken magnetischen Feldern untersucht und Designkonzepte auf ihre Realisierbarkeit geprüft werden. Die Arbeiten sind im Europäischen Fusionsprogramm EUROfusion integriert und werden durch das Helmholtz-Programm Fusion koordiniert. Der Flüssigsalzkreislauf für das HELOKA-US Experiment für Tokamak-Reaktoren schreitet voran.

## Highlights der Forschung

Experimentelle und theoretische Untersuchungen für ein Flüssigmetall-Test-Blanket des Europäischen Fusionsreaktors ITER bestätigen, dass magnetohydrodynamische Druckverluste für den Betrieb kein Problem darstellen. Gestützt auf numerische Simulationen wurde eine optimierte Geometrie der Strömungsverteiler und Sammler entworfen, die eine homogene Strömungsverteilung garantiert. Diese wurde für Anwendungen in ITER oder für einen zukünftigen DEMO-Reaktor vorgeschlagen.

Im Zuge von Arbeiten zur Wärmewende wurden für den Test des Pilotspeichers am KALLA passende Speichermaterialien untersucht. Die Ergebnisse der experimentellen Kampagne zeigten, dass sich insbesondere Zirkoniumsilikat und Zirkoniumoxid unter den herausfordernden Bedingungen in flüssigem Blei-Wismut bei 500°C von den untersuchten Materialien am besten verhalten.

Die Messung der Spezifischen Wärmekapazität, Dichte und Viskosität von Thermalwasser ist sowohl für die Bestimmung der gelieferten Wärmeenergie als auch für die Auslegung von Wärmetauscher und Pumpe von grundlegender Bedeutung. Zum Jahresende wurde das ZIM-Projekt MobiFlow erfolgreich beendet, welches die Ertüchtigung des Messsystems zur Marktreife zum Ziel hatte.

## Strategische Ereignisse

Zum 1. Mai 2023 wurde die Institutsleitung von Prof. Dr.-Ing. Daniel Banuti übernommen, der erfolgreich aus den USA – nach Tätigkeiten in Stanford, dem Caltech, der NASA und der University of New Mexico – gewonnen werden konnte. Prof. Banuti blickt auf eine fast 10-jährige HGF-Erfahrung durch seine vorhergehende Anstellung am DLR in Göttingen zurück und wurde auf die Professur für Wasserstoff-basierte Energiesysteme berufen. In einer ersten thematischen Konsolidierung wurden die Institutsthemen entlang der Achsen Wärme, Wasserstoff und Resilienz ausgerichtet und die Erweiterung der Wasserstoffforschung Richtung Energietechnik initiiert.

**MPS:** Inbetriebnahme der Thermohydraulik-Versuchsanlage COSMOS-H. Der Wasserdampfkreislauf (1,8 MW<sub>th</sub>) erreicht Betriebsbedingungen von 160 bar und 360°C. Damit können zahlreiche Fragestellungen zur Wärmeübertragung unter Kraftwerksbedingungen unter 1:1 Bedingungen sowie die effiziente Einkopplung von elektrischer Energie in einen Wasser-Wärmespeicher mit modernsten Messmethoden untersucht werden.

**MHD:** Um langfristig relevante experimentelle Beiträge für Flüssigmetall-Anwendungen in der Fusionsforschung leisten zu können, wurde auf Initiative der Programmleitung Fusion die MaPLE (Magneto hydrodynamic PbLi Experiment) Anlage an das KIT geholt. Nach dem Umbau und Anpassung auf deutsche bzw. europäische Standards wird es in 2024 erstmals möglich sein, Experimente mit dem prototypischen Flüssigmetall Blei Lithium durchzuführen.

**RESIS:** JRODOS wurde 2023 als eines von zwei KIT-Highlights im Forschungsbereich Energie ausgewählt. Mit dem Ziel von mehr Resilienz durch präzise Impact-Analysen von kerntechnischen Unfällen und nuklearen Gefahren werden seit Beginn des russischen Angriffskriegs stündlich Szenarien für ukrainische Kernkraftwerke durchgeführt.

**KALLA:** Das Karlsruher Flüssigmetalllabor KALLA wurde 2023 als Infrastruktur im EU-Projekt RISEnergy (HORIZON-INFRA-2023-SERV-01-01) für den Themenbereich Energiespeicherung ausgewählt. Diese strategische Positionierung zeigt zum einen die internationale Sichtbarkeit des KALLA im Bereich Energiespeicherung und gleichzeitig steht die Infrastruktur für weitere internationale Kooperationen über die Möglichkeit des sogenannten Trans National Access den Projektbeteiligten und Externen zur Verfügung.

*H2:* Für die *Transformation H2* wurden internationale Aktivitäten durchgeführt, wie das Marie-Curie geförderte europäische Ausbildungsprojekt „Green Skills for Hydrogen, die Gründung der wissenschaftlichen „diamond open“ Zeitschrift „Hydrogen Safety“ sowie die Unterstützung der Organisation und herausragende wissenschaftliche Beiträge zur Konferenz ICHS2023 (<https://hysafe.info/ichs2023/>) in Quebec, Kanada.

*EVT:* Im Zuge des MuO zwischen dem KIT und SiemensEnergy wurden erste Besprechungen zur Koordinierung gemeinsamer Aktivitäten im Bereich der Forschung und Entwicklung an Wärmepumpen initiiert.

### **Längerfristige Kooperationen**

Das Institut unterhält zahlreiche wissenschaftliche Kontakte mit nationalen und internationalen Forschungseinrichtungen. Traditionell besteht eine enge Zusammenarbeit mit Universitäten und eine starke Kooperation mit Bundes- und Landesbehörden. Studierenden an Universitäten, Fachhochschulen und Berufsakademien sowie kompetenten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem In- und Ausland wird Gelegenheit zur Mitarbeit an interessanten Entwicklungsaufgaben gegeben.

Wirtschaft: Climeworks, Ineratec, WintershallDea, Westinghouse, Daimler Truck, VOITH, Purer, SiemensEnergy, KSB SE, BWG, GTN, Airbus

Hochschulen: KTH, Politecnico di Milano, University of Birmingham, Australian National University, ITBA Argentinien, UNCC, Uni Hannover, Uni Stuttgart

Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen: SCK/CEN, DLR, HZDR, VKI, JRC Petten, EUROfusion, ENEA Italien, Ciemat Spanien, ITER IO

### **A.1.4.3.5    *Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT)***

#### **Leitende Person:**

Institutsleiter: Prof. Dr. Jan G. Korvink

#### **Kurzdarstellung**

Das IMT beteiligte sich im Jahr 2023 mit 75 % des grundfinanzierten Personals im Forschungsbereich Information in den Programmen Natural, Artificial and Cognitive Information Progressing (NACIP) und Materials Systems Engineering (MSE) (ca. 45 %) und der priorisierten Infrastruktur KNMFi (ca. 30 %). Seit Beginn der PoF IV engagiert sich das IMT auch im Forschungsbereich Energy. Dort arbeiten im Programm Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET) ca. 25 % des grundfinanzierten Personals.

Das IMT forscht und entwickelt auf den Gebieten der Mikro- und Nanotechnologien und verfolgt dabei konsequent interdisziplinäre Systemansätze, welche durch den Einsatz von Magnet Resonanz Technologien (MRT) als übergeordnetes Fachgebiet verstärkt werden. Das Ziel des Institutes ist es, den Stand der Technik in den Mikro- und Nanotechnologien durch innovative Beiträge voran zu bringen und eine weltweite Spitzenstellung in diesen Gebieten einzunehmen. Unter Einsatz des vorhandenen Know-hows forscht das Institut auch in angrenzenden Wissenschaftsgebieten wie z.B. der Biotechnologie, der Datenübertragung in Echtzeit sowie

der Photovoltaik und entwickelt neuartige, anwendungsorientierte Bauteile und Baugruppen, welche mit Hilfe seines umfangreichen Technologieportfolios auch in der Praxis hergestellt werden können. Ein Fokus bilden dabei Fertigungstechnologien von Strukturen vornehmlich aus Kunststoffen und Metallen mit lateralen Dimensionen von 6 nm und aufwärts bis zu einigen 100 µm. Hierfür steht dem Institut ein umfangreicher Gerätepark, insbesondere für lithographische Strukturierungsmethoden, sowie der vor- und nachgelagerte Prozesstechnik, zur Verfügung. Verstärkt werden immer mehr 3D-Druckverfahren für verschiedenste Materialien mit Auflösungen im Nano- und Mikrometerbereich eingesetzt und erforscht.

Die gerätetechnische Infrastruktur befindet sich überwiegend im ca. 600 m<sup>2</sup> großen Reinraumbereich des Institutes. Auf Seiten der Prüfverfahren ragen bildgebende und spektroskopische Kernspinalanalysen sowie topographische Oberflächenanalysen mittels Rasterkraftmikroskopie heraus. Diese Technologien werden durch zwei komplementäre bildgebende Topographie-Messverfahren ergänzt, die eine Einordnung der kleinräumlichen Ergebnisse durch Rasterkraftmikroskopie (AFM) über größere Flächen ermöglichen. Die Integration aller Geräte in eine Infrastruktur für korrelative Charakterisierung, die Weiterentwicklung eines Carrier-Konzepts sowie die geplante Abbildung der Abläufe in einem ElectronicLabNotebook machen die topographische Oberflächenanalyse zukunftsfähig.

Die technische Infrastruktur des Instituts und das Know-how seiner Mitarbeiterenden stehen im Rahmen der High-Tech-Plattform KNMFi auch der wissenschaftlich-technischen Öffentlichkeit aus Industrie und Forschung in Kooperationen auf Antragsbasis zur Verfügung. Diese Technologien und Expertisen werden zusätzlich in dem von der EU finanzierten Projekt PhotonHub der Industrie angeboten.

Am IMT waren am 31. Dezember 2023 insgesamt 200 Mitarbeiterende beschäftigt, davon 103 einnahme- bzw. sonderfinanzierte Mitarbeiterende, davon 52 Promovierende des IMT. Hinzu kommen ohne einen KIT-Arbeitsvertrag 12 Promovierende mit einem Stipendium ihres Herkunftslandes oder einem DAAD-Stipendium. Des Weiteren sind am IMT fünf Mitarbeitende beschäftigt, die über den Universitätsbereich finanziert sind; hiervon ist einer einnahmefinanziert. Es besuchten neun Gastwissenschaftlerinnen und Gastwissenschaftler das IMT. Im Jahr 2023 wurden 13 Doktorprüfungen abgelegt. Insgesamt wurden 35 Master- oder Bachelorarbeiten am IMT durchgeführt.

## **Highlights der Forschung**

Im Bereich der Magnetresonanzspektroskopie und ihrer Hardwareentwicklung ist es dem IMT gelungen, ein neuartiges Hochfeld-NMR-Detektionssystem zu bauen, das in der Lage ist, NMR-Spektroskopie an zwei Proben gleichzeitig durchzuführen. Darüber hinaus wurde Deep Learning (DL) erfolgreich eingesetzt, um den Shimming-Prozess zu beschleunigen, der zur Homogenisierung des Magnetfelds und damit zur Verbesserung der spektralen Auflösung erforderlich ist. Das neuartige System ist sehr vielversprechend und birgt großes Potenzial zur Steigerung des NMR-Durchsatzes und zur Beschleunigung der Experimente, was enorme Auswirkungen auf Anwendungen in der Chemie, Biologie, Materialwissenschaften und beim Wirkstoff-Screening haben wird.

Im Bereich der Photovoltaik gibt es einen Durchbruch für eine verbesserte Produktion von Perowskit-Solarzellen mittels Einsatz von KI: Tandemsolarzellen auf Basis von Perowskit-Halbleitern können das Sonnenlicht effizienter in Strom umwandeln als herkömmliche Silizium-Solarzellen. Um diese Technologie auf den Markt zu bringen, müssen Stabilität und Produktionsprozesse weiter verbessert werden. Gemeinsam mit Forschenden der Plattformen Helmholtz Imaging am Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) und Helmholtz AI wurde nun



ein Weg gefunden, die Qualität der Perowskit-Schichten und damit der Solarzellen vorherzusagen: Mit Maschinellern und neuen Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) lässt sich diese bereits bei der Herstellung aus Variationen in der Lichtemission erkennen.

## **Strategische Ereignisse**

Mit der Berufung von Prof. Marcel Utz auf die Otto-Lehmann-Professur des KIT, die es ermöglicht, exzellente Forschende aus dem Ausland für das KIT zu gewinnen, wird die Kompetenz im Bereich NMR-Technologie am IMT gestärkt. Das ist hinsichtlich der Planungen für die PoF V und der Fortführung des SFB 1527 von großer Bedeutung.

Frau Dr. Jingyuan Xu hat bei der Carl-Zeiss-Stiftung eine Nachwuchswissenschaftlergruppe (YIG) erfolgreich eingeworben, die die Entwicklung einer CO<sub>2</sub>-neutralen und stromfreien Kälteerzeugung verfolgt.

Die DFG hat Dr. Sören Lehmkuhl mit einer Emmy Noether-Nachwuchsgruppe ausgezeichnet. Zentrales Forschungsziel wird die Entwicklung eines neuen Sensors auf Basis des RASER-Ansatzes sein.

Einen Alexander-von-Humboldt-Forschungspreis erhielt Prof. Meltem Elitas von der Sabanci-Universität (Türkei). Sie kann damit neue Forschungsansätze im Rahmen mehrerer Aufenthalte am IMT in Zusammenarbeit mit Forschenden aus dem Institut untersuchen.

Tenure-Track-Prof. Dr. Ulrich W. Paetzold erhielt im Januar 2023 einen mit mehr als 2 Mio. Euro dotierten ERC Consolidator Grant vom Europäischen Forschungsrat, um in den nächsten fünf Jahren eine kostengünstige Produktion von großflächigen Perowskit PV Modulen mittels eines neuartigen Laminierprozesses zu entwickeln.

Für das Thema Perowskitforschung konnten mit den zentrumsübergreifenden Projekten „Zeitenwende“ und „SolarTap“ zwei Millionenförderungen der HGF für das IMT und weitere KIT-Institute eingeworben werden.

Auf dem Gebiet der Mikro-Nanoaktoren koordiniert das IMT das DFG-Schwerpunktprogramm SPP2206 „KOMMMA“. In dessen Rahmen entwickelte TiNiHf/Si Mikroaktoren weisen einen 48 % geringeren Leistungsverbrauch auf.

Das neue Correl-Labor, das zeitgleich korrelative Röntgen- und NMR-Messungen an einer Probe ermöglicht, wurde in Betrieb genommen. Mit der Implementierung des Spatial Harmonic Imaging, basierend auf maßgeschneiderten 2D-Hartmann-Masken, konnte der Kontrast um 10 % erhöht werden.

Das Portfolio der Elektronenstrahlolithographie wurde um eine Bariumtitanatputteranlage erweitert. Die hohe Permittivität des Bariumtitanat ermöglicht die Übertragung hoher Datenraten mit kapazitiv gekoppelten SOH-Modulatoren.

## **Längerfristige Kooperationen**

### Wirtschaft

Fa. BASF (gemeinsamer Entwicklungsarbeiten), Fa. Polysecure (Technologietransferprojekt seit 2015), Fa. Asicon (Vertriebspartner für Röntgenlinsen in Japan), mit den Firmen AVANCIS, Meyer Burger, Von Ardenne, Singulus, Phytonics (Entwicklungsarbeiten für Perowskit-PV)

### Hochschulen

Tohoku Universität Sendai (Prof. Dr. Atsushi Momose / HyReXPhi), Kyoto University (Prof. Dr. Osamu Tabata, HeKKSaGoN), Universidade Federal do Rio de Janeiro (Prof. Dr. Mauro Carvalho, SAW-Sensoren), École Nationale Supérieure de Paris (Prof. Geoffrey Bodenhausen NMR-EU Initiative), ENSMM Besançon (Beirat Graduiertenschule SPIM), Universität Madrid

(Prof. Dr. Andrés Díaz Lantada, Universidad Politécnica Madrid), Freie Universität Brüssel und ca. 20 weitere Universitäten im Rahmen der KNMFi, EPFL Lausanne (Prof. Dr. Tobias Kippenberg), Technische Universität Dresden über die Honorarprofessur von Prof. Dr. Jürgen Brandner, Universidad del Pais Vasco (Prof. V.A. Chernenko) für Biomaterialien, University Twente (NMR), University of Florence (Aufbau einer NMR-Forschungsstruktur), University of Pretoria (Prof. Trudi Joubert, BWS-Austauschprogramm), Universität Wien, Max Perutz Labs

#### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

Innovationlab Heidelberg (gedruckte Elektronik), ACTPHAST (VUB Brüssel, Europäische Anwenderplattform für Photonik), CNRS Institut NEEL (Dr. Nora Dempsey / Smart materials), CSIR:-Council for Scientific and Industrial Research South Africa, Helmholtz Zentrum Berlin, Forschungszentrum Jülich, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Institut für Solare Energieforschung in Hameln, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, National Renewable Energy Laboratory (USA)

### **A.1.4.3.6    *Institut für Nukleare Entsorgung (INE)***

#### **Leitende Person**

Institutsleiter: Prof. Dr. Horst Geckeis

#### **Kurzdarstellung**

Die FuE-Arbeiten des INE sind vorwiegend in das Programm Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research (NUSAFE) eingebunden und darüber hinaus auch Bestandteil des Programms Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET). Das INE befasst sich mit Fragen der Sicherheitsforschung zur Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfallstoffe und zum sicheren Rückbau kerntechnischer Anlagen im Rahmen des Topics 1 des Programms NUSAFE.

Der Schwerpunkt der Arbeiten des Instituts liegt im Unterschied zu vielen anderen mit der Endlagerforschung befassten Institutionen in Deutschland auf radio-/geochemischen Aspekten des „Safety Case“ eines tiefeingeologischen Endlagers. Experimentelle Untersuchungen befassen sich mit dem Verhalten hochradioaktiver Abfallformen aus der Kernenergienutzung (abgebrannter Kernbrennstoff und verglaste Abfälle aus der Wiederaufarbeitung) in Salz-, Ton- und Hartgesteinsformationen. Aber auch materialwissenschaftliche Fragestellungen, die sich aus der zu erwartenden deutlich verlängerten Zwischenlagerung bestrahlter Kernbrennelemente ergeben, sind Gegenstand der Forschung. Zudem werden Radionuklidwechselwirkungen in komplex zusammengesetzten, zementhaltigen Matrices schwach- und mittelradioaktiver Abfälle behandelt. Im Mittelpunkt der Arbeiten stehen Actiniden und langlebige Spalt- und Aktivierungsprodukte, die über lange Zeiträume die Radiotoxizität radioaktiver Abfälle bestimmen. Im Rahmen des Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle in tiefen geologischen Formationen stellen sich Fragen nach einem sicherheitsgerichteten, wissenschaftlichen Vergleich von Endlagerwirtsgesteinen und demzufolge auch von wirtsgesteinsspezifischen Endlagerkonzepten. Am INE werden grundlegende und anwendungsorientierte Untersuchungen zur möglichen Freisetzung von Radionukliden aus einem Endlager und deren Rückhaltung sowie zum Transport in der Geosphäre mit Hilfe moderner mikro/spektroskopischer und theoretischer Methoden durchgeführt. Dazu beteiligt sich das INE u.a. auch an

Projekten in Untertagelaboratorien. Stark grundlagenorientiert ist die wissenschaftliche Befassung mit chemischen Eigenschaften von Radioelementen und den elektronischen Strukturen in ihren Verbindungen mit Hilfe fortgeschrittener hochauflösender spektroskopischer und quantenchemischer Methoden.

Die Abteilung Rückbau treibt u.a. die Entwicklung innovativer Technologien für den sicheren und effizienten Rückbau von kerntechnischen Anlagen voran. Im Mittelpunkt steht die Entwicklung praxisbezogener neuer Rückbautechnologien (Pilotprojekte) für offene Problemstellungen samt einer großmaßstäblichen Erprobung. Hierfür werden der standardisierte Rückbau von kerntechnischen Anlagen und Technologien und Verfahren zur Demontage von Stahl, Edelstahl und Stahlbeton in der Forschung behandelt. In nationalen Forschungsprojekten wird die Entwicklung von Automatisierungs- und Prozesstechnologien vorangetrieben, z.B. mit Hilfe von Multirobotersystemen und Building Information Modeling (BIM).

Im Rahmen der Geoenergieforschung zur umweltgerechten Nutzung und Überwachung von tiefeingeothermischen Ressourcen, die innerhalb des Programms MTET angesiedelt ist, werden schwerpunktmäßig neue integrative Konzepte der geothermischen Nutzung des tiefen Untergrundes entwickelt und getestet. Darüber hinaus werden geophysikalische Überwachungsmethoden eingesetzt und weiterentwickelt. Ein Fokus liegt dabei auf der Entwicklung großer geothermischer Forschungsinfrastrukturen wie DeepStor und GeoLab.

Zu allen am INE bearbeiteten Themen widmen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler intensiv der Lehre unter Nutzung moderner und teils einzigartiger Forschungsinfrastrukturen. Insbesondere die Vermittlung von Know-how und Kompetenzen zu nuklearen und nuklearchemischen Themen sind vor dem Hintergrund der generationenübergreifenden Zeiträume, die das Projekt „nukleare Entsorgung“ in Deutschland benötigen wird, von besonderer Bedeutung.

## **Highlights der Forschung**

Endlagerforschung: Zur konsistenten Beschreibung der elektrostatischen Potentialverteilung in nanoporösen Materialien wurde ein neues Simulationswerkzeug durch Kombination eines Charge-Regulation-Ansatzes mit geochemischen Gleichgewichtsrechnungen entwickelt. Dies erlaubt die Modellierung der Lösungsspeziation und Oberflächenkomplexierung von Radionukliden an Mineraloberflächen und in Porenräumen, auch in nanoporösen Strukturen, in denen die elektrischen Doppelschichten benachbarter Mineraloberflächen überlappen. Ziel der Arbeiten ist eine verbesserte und physikalisch konsistente Beschreibung von Sorptions-, Oberflächendiffusions- und Anionenausschlusseffekten in Tongesteinen.

Rückbau: Hinsichtlich der Dekontamination von Ecken und Kanten konnten sehr gute Ergebnisse erzielt und durch die Behandlung des Sekundärabfalls, der bei der Wasser-Abrasiv-Suspensions-Schneidtechnik entsteht, eine Minimierung der Abfallmassen erreicht werden. Zudem wurde eine Fassinspektionsanlage zur Standardisierung der Inspektion von Gebinden in Zwischenlagern entwickelt. Zu diesen Arbeiten wurden Patente angemeldet. In internationalen Projekten liegt der Fokus u.a. auf Managementmethoden, die zur Entwicklung, Förderung und Aufrechterhaltung einer Sicherheitskultur notwendig sind. Hierzu werden wissenschaftsbasierte Trainingsprogramme für zukünftige Managerinnen und Manager von Stilllegungsprojekten wie auch Vor-Ort-Schulungen für Projektbeteiligte entwickelt.

Geoenergieforschung: Im Rahmen des deutsch-chilenischen Projekts BrineMine wurde ein Konzept zur Gewinnung von Lithium aus geothermischen Fluiden vorgestellt. Gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme wurde ein Prototyp zur Thermalwasseraufbereitung und Vorkonzentration entwickelt und in laufenden Geothermieranlagen erfolgreich

getestet. Auf der Grundlage des berechneten Lithiumpotenzials wurde die wirtschaftliche Nachhaltigkeit der Gewinnung numerisch analysiert. Dazu wurde mit einem generischen Modell ein 30-jähriger Betriebszeitraum unter den Bedingungen des für die Lithiumgewinnung besonders vielversprechenden Oberrheingrabens simuliert. Die errechnete durchschnittliche Lithiumproduktion von 231 t pro Jahr könnte die wirtschaftlichen Aussichten eines Geothermiekraftwerks deutlich verbessern und bei Umsetzung an mehreren Standorten die Abhängigkeit Deutschlands von Lithiumimporten verringern. In Chile, dem derzeit wichtigsten Lithiumproduzenten für Europa, eröffnet der neue Ansatz zudem die Perspektive, den Energie- und Wasserbedarf bei der Rohstoffgewinnung deutlich zu senken. Mit den Studien positioniert sich das KIT als wissenschaftliche Anlaufstelle für dieses zukunftssträchtige Thema für Wirtschaft, Industrie und Politik.

## **Strategische Ereignisse**

Endlagerforschung: Das im Rahmen der Großinfrastruktur HOVER beantragte  $\mu$ -Spektrometrielabor konnte im Berichtszeitraum den Betrieb aufnehmen. Es besteht aus einer Anordnung für die hochauflösende  $\mu$ -Computertomographie sowie einer Focussed-Ion-Beam (FIB)-Rasterelektronenmikroskopie (SEM) zur Charakterisierung des Radionuklidverhaltens in heterogenen Systemen. Darüber hinaus koordinieren und bearbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des INE Projekte für die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE), die im Rahmen des Standortauswahlverfahrens bzw. für die Erstellung von repräsentativen Sicherheitsuntersuchungen benötigt werden. Diese Arbeiten stellen einen relevanten wissenschaftlichen Transfer von über viele Jahre im INE erarbeiteten Daten und Wissen an die BGE zur Realisierung des Standortauswahlverfahrens dar.

Geoenergieforschung: Die im Zeitenwende-Projekt der Helmholtz-Gemeinschaft GEOZeit angestrebte Beschleunigung der Energiewende zeigt erste Ergebnisse im Upscaling von Erkenntnissen aus DeepStor auf die Entwicklung von urbanen Wärmespeichern für Fernwärmenetze. Das GeoLaB-Forschungsnetz führte Informationsveranstaltungen in Gemeinden durch, die an dem potenziellen GeoLaB-Standort im Odenwald beteiligt sind.

Rückbau: Für das Verfahren der Abrasivaufbereitung mit Sieb und Magnetfilter im Batch-Betrieb wurde ein Patent erteilt. Eine weitere Schutzrechtsanmeldung wurde am 03. Mai 2023 für den kontinuierlichen Magnetfilter eingereicht.

## **Längerfristige Kooperationen**

Wirtschaft: EnBW, Stadtwerke Karlsruhe, Stadtwerke München, Hydroisotop, GTN, KAH GmbH, IBASS GmbH & Co. KG, Contec GmbH, SAT Kerntechnik GmbH, RWE Nuclear GmbH (Deutschland), SKB (Schweden), ONDRAF/NIRAS (Belgien), Baker Hughes (USA), Geo-Energie Suisse (Schweiz).

Hochschulen: National: Heidelberg, Erlangen, Mainz, Frankfurt, Jena, Berlin, München, Hannover, Clausthal, Braunschweig, Freiberg, Bonn, Dresden, Darmstadt, Hochschule Karlsruhe, Hochschule für Technik und Wirtschaft Konstanz;

International: École de Mines, Mulhouse, Strasbourg, Université Côte d'Azur (UCA), SKEMA Business School (Frankreich), Kyoto (Japan), Manchester, (Großbritannien), POSTECH (Korea), Universitat Politècnica de Catalunya, (Spanien), Szeged (Ungarn), Helsinki (Finnland), Kopenhagen (Dänemark), Chicago, Washington (USA), Universidad de Chile.

Außeruniversitäre Einrichtungen: National: HZDR, FZJ, GFZ, UFZ, BASE, BGE, BGE Technology, BGR, GRS, Öko-Institut, IfG, Fraunhofer ISE, Fraunhofer IEG, Fraunhofer IOSB, DFKI, BAM;

International: KAERI, KAIST (Korea), LANL, Sandia NL, USTUR, DOE, LBNL, INL (USA), CEA Marcoule/Cadarache, BRGM, ANDRA (Frankreich), Amphos21 (Spanien), JRC Karlsruhe (EU), PSI, Grimsel Test Site (Schweiz), Untertagelabor Mt. Terri (Schweiz), SCK/CEN (Belgien), TNO (Niederlande)

Internationale Organisationen: EU, IAEA, OECD-NEA, EURADOS.

#### **A.1.4.3.7    *Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR)***

##### **Leitende Person:**

Institutsleiter (komm.): Prof. Dr.-Ing. John Jelonnek

##### **Kurzdarstellung**

Das INR beteiligt sich an den Helmholtz-Energieprogrammen Fusion, Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research (NUSAFE) und Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET). Die Forschungsgebiete umfassen:

- Entwicklung, Implementierung, Verifikation und Validierung physikalischer Modelle zum turbulenten Wärme- und Impulstransport thermisch hochbelasteter Komponenten für energietechnische Anwendungen.
- Weiterentwicklung und Validierung von Rechenverfahren und -programmen, Modellen und Kerndaten für neutronen- und reaktorphysikalische Analysen, sowie neuartige Neutronen- und  $\gamma$ -detektoren auf Halbleiterbasis für unterschiedlichste Anwendungen von der Medizintechnik bis hin zu Beschleunigern.
- Entwicklung, Anwendung und Validierung von Multiphysik- und Multiskalenmethoden für Neutronenphysik/Thermohydraulik, Thermodynamik/Festigkeitsmechanik sowie Fluid-Struktur-Interaktion; Anwendung zur Entwicklung von Komponenten und sicherheitstechnische Simulation für Fusions-, Kern- und Solarkraftwerke.
- Optimierung von Komponenten für Hochtemperaturanwendungen (Receiver, therm. Speicher) mit Hilfe neuer Instrumentierungsverfahren, gestützt durch Experimente, mit verschiedenen Wärmeträgermedien (Gase, Wasser bzw. Flüssigmetalle).
- Werkstoffqualifizierung bei hohen Temperaturen, Drücken bzw. variablen Sauerstoff- und Wasserstoffgehalts sowie während betriebsrelevanter Transienten.

Neben der Beantwortung anwendungsorientierter Fragestellungen im Rahmen nationaler, europäischer und privatrechtlicher Verträge werden Grundlagenarbeiten durchgeführt, in die insbesondere Studierende und Promovierende integriert sind.

Das INR organisiert sich in einer Matrixstruktur aus acht Expertengruppen, die fünf Projekten zuarbeiten, in denen projektorientiert größere Anträge und Vorhaben organisiert sind: Design von Bestrahlungsexperimenten (Dr. Arbeiter), Plasmanahe Komponenten (Dr. Hernández), Fusionsneutronik und Kerndaten (Dr. Leichtle), Thermohydraulik und Systemdynamik (Dr. Ruck), Leichtwasserreaktor-Methoden & Analysen (Dr. Sanchez), Sicherheitsanalysen fortschrittlicher Reaktoren und Präventionsstrategien in nuklearen Einrichtungen (Dr. Rineiski). Alle Expertengruppen sind in die Lehre über Vorlesungen, Übungen bzw. akademische Arbeiten in die KIT Fakultät Maschinenbau eingebunden.

## Highlights der Forschung

- Erfolgreicher Abschluss des DFG-Projekts „Einfluss angehobener V-förmiger Rippen auf die turbulenten Strömungs- und Temperaturfelder, die Wärmeübertragung und den Widerstandsbeiwert in Kühlkanälen“, RU 2264/2-1;
- Erstmalige Simulation von SMR-Kerntransienten mit Monte Carlo / Unterkanalcodes auf Brennstab-/Unterkanal-Ebene in Rahmen des McSAFER Projekts;
- Erstellung einer Berechnungsplattform zur Quantifizierung der radiologischen Folgen eines schweren Kernunfalls in PWR, BWR und VVER.

## Strategische Ereignisse

### Programm Fusion

- EUROfusion Consortium: Projektleitung des EU Brutblanket-Arbeitspaketes, sowie Koordination der Elektromagnetik, Neutronik und Kerndatenentwicklung für DEMO, IFMIF-DONES und für die Volumetrische Neutronenquelle (VNS);
- Federführende Mitarbeit in weiteren EUROfusions-Arbeitspaketen: WPBB (Brutblanketentwicklung), WPSAE (Sicherheit für DEMO), WPBOP (Balance of Plant); WPENS (EU-Neutronenquelle zur Materialbestrahlung),
- Unterstützung der Projektleitung und der „Mobilization Working Group“ (DONES)
- Leitung des EUROfusion-Projekts HELOKA-US am KIT zur system-dynamischen Qualifizierung des Intermediate Heat Transfer System Konzepts des DEMO-Fusionsreaktors;
- Entwicklung von Multiphysik- und Multiskalenansätzen zur Berechnung von gekoppelten neutronenphysikalischen/thermohydraulischen und festigkeitsmechanischen Fragestellungen auf Basis von CAD-Modellen für unterschiedliche Anwendungen (Fusion, NUSAFE);
- Entwicklung des Referenzsystemcodes (BLUEMIRA) zur ganzheitlichen Beschreibung eines Fusionskraftwerks (gekoppeltes Rechenwerkzeug) gemeinsam mit UKAEA;
- Anwendung von selbstentwickelten Modellen zur Wasserstoffdiffusion in Blanket-Komponenten und deren experimentelle Validierung (Q-Pete, GRIS);
- Erfolgreiche Durchführung von Experimenten für die Erste-Wand-Komponenten eines Fusionssystems, sowie von Divertormodulen mit Wolframkompositen.

### Programm NUSAFE

- Weiterentwicklung von SUBCHANFLOW und TwoPorFlow sowie Bereitstellung für externe Partner;
- Validierung / Weiterentwicklung von Multiphysik-Methoden zur direkten Ermittlung von Sicherheitsparametern in LWR, SMRs;
- Entwicklung / Validierung von multiskaligen Thermohydraulik-Methoden zur verbesserten Beschreibung der 3D Thermohydraulik in SMRs;
- Modernisierung / Validierung des PARAFISH-Codes für die Analyse von SMR-Kernen
- Beteiligung an neuen EU-Programmen wie SEAKNOT, SASPAM-SA, ASSAS, SESAME mit Beiträgen zur Reaktorsicherheit (LWR, SMRs) einschließlich schwerer Störfälle und Leitung von WPs;
- Beteiligung an neuen Projekten wie PUMMA, PATRICIA, ESFR-SIMPLE, ANSELMUS, SAMOSAFAER;
- Entwicklung einer Berechnungsplattform zur Ermittlung der radiologischen Folgen eines schweren Unfalls in Leichtwasserreaktoren (ASTEC/JRODOS) sowie Quantifizierung der Code-Unsicherheiten mit dem KIT-Tool KATUSA.

### Programm MTET

- Erfolgreiche Testreihen zur Werkstoffqualifizierung in HEMAT - bis 620°C
- Experimente zur Wärmeübergangsverbesserung in Rohren mit Innenstrukturierung (Patentanmeldung) in Vorbereitung;
- Messkampagne der AEROLAS-Anlage (Wärmeübergang an strukturierten Oberflächen) mit DFG-Förderung;
- Entwicklung innovativer additiver Fertigungsverfahren und Verifizierung an Mockups für solarthermische Receiver;
- Thermohydraulische Auslegung des thermoklinen Flüssigmetall-Wärmespeichers FLEXSTOR zur Integration in KASOLA;
- Erfolgreicher Versuchsbetrieb im Helium-Kreislauf HELOKA HEMAT (Untersuchung von Korrosion martensitischer Stähle und Keramik-Verbindungen bei hohen Temperaturen).

### **Längerfristige Kooperationen**

#### Wirtschaft

national/international: KAH, EnBW, Preussen Elektra, Framatome, Westinghouse, EdF; FRENELL, Freudenberg, VAST Solar sowie AZELIO, Voestalpine, Proxima Fusion, usw.

#### Hochschulen

Deutschland: TU Dresden, TUM München, RWTH Aachen, Universität Stuttgart, RU Bochum  
Europa: Universität Marseille, KTH Stockholm, PoliTo Turin, University of Pisa, Madrid UPM, Universität Palermo, Universität Ghent, TU Lappeenranta (LUT)

Außereuropäisch: Georgia Tech, Penn State (PSU); North Carolina (NCSSU), Mexico (UNAM), Buenos Aires (ITBA und UNSAM)

#### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

##### National

- Helmholtz-Zentren insbesondere HZDR, FZJ und IPP (Garching & Greifswald); darüber hinaus DLR, DKFZ.

##### International Europa

- Forschungseinrichtungen (Fusion, NUSAFE und Beschleunigeranwendungen) u. a. CEA, IRSN, CCFE, ENEA, CIEMAT (EUROfusion-Konsortium, EURATOM), JRC Karlsruhe, VTT, SCK-CEN
- Fusion for Energy (F4E), Barcelona
- ITER Organisation
- ESS (Schweden), CERN (Genf), ILL (Frankreich)

##### Außereuropäisch

- Japan: NRA, JAEA, QST
- USA: DOE, INL, ANL, ORNL,
- Russland: IPPE (Obninsk)
- China: CAS

#### Behörden und technische Sachverständigenorganisationen (TSO)

- Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS-Deutschland)
- KIT/IRSN (Frankreich)
- KIT/US NRC (USA) in CAMP-Programms und CSARP-Programms
- NRA (Japan) Genehmigungsverfahren zu schnellen Reaktoren

## Internationale Organisationen

- OECD NEA Vorhaben (EGLM, QUENCH-ATF Projekt, WGAMA, EGIF, EGSMR, JEFF),
- IAEA gemeinsame Forschungsprojekte (CRP): CRP I31033; CRP T12032,
- IAEA Nuclear Data Section (FENDL Projekt),
- SNETP/NUGENIA Technischer Bereich 2 (TA2).

### **A.1.4.3.8    *Institut für Technische Physik (ITEP)***

#### **Leitende Person:**

Prof. Dr. Mathias Noe

#### **Kurzdarstellung**

Das Institut für Technische Physik (ITEP) versteht sich als nationales und internationales Kompetenzzentrum für Fusions-, Supraleitungs- und Kryotechnologie mit den Forschungsfeldern:

- Supraleiter- und Kryomaterialien,
- Energietechnische Anwendungen der Supraleitung,
- Supraleitende Magnettechnologie sowie
- Technologien des Fusionsbrennstoffkreislaufes.

Die Arbeiten des ITEP sind langfristig in den Programmen Fusion, Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET), Energy System Design (ESD) sowie Matter and the Universe (MU) des KIT und der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren verankert. Zur Bearbeitung der komplexen und zumeist multidisziplinären Aufgaben stehen sehr große und einzigartige Versuchseinrichtungen, Labore und die entsprechende technische Infrastruktur zur Verfügung. Dies sind beispielsweise ein Labor zur Entwicklung supraleitender Komponenten für die Energietechnik, ein Technikum zur Entwicklung supraleitender Materialien, das Magnetlabor zur Entwicklung von spezifischen supraleitenden Wicklungen und Magneten, das kryogene Hochspannungslabor zur Untersuchung der Hochspannungsfestigkeit kryogener Isolierstoffe, das Power-Hardware-in-the-Loop Labor als Bestandteil des Energy Lab und die kryogenen Materiallabore zur Untersuchung elektrischer und mechanischer Eigenschaften bei sehr tiefen Temperaturen.

#### **Highlights der Forschung**

Im Forschungsfeld Supraleiter- und Kryomaterialien wurde im Jahr 2023 eine umfangreiche Studie zur chemischen Komposition von  $\text{BaHfO}_3$ -Nanopartikeln in verschiedenen, gemischten  $\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ -Phasen abgeschlossen. Hier konnte gezeigt werden, dass das Mischen der seltenen Erde (RE) für eine zusätzliche Pinningkraftherhöhung sowie für eine Verbesserung der Bestrahlungsbeständigkeit sorgt. Im Rahmen einer langjährigen Kooperation mit CERN konnte die Pilotproduktion von Hochtemperatur-Supraleitern der Firma Bruker am KIT aufgebaut und im Jahr 2023 erfolgreich in Betrieb genommen werden. Das weitere Ziel besteht in der Verbesserung der Materialparameter und der Herstellung spezieller Bandleiterarchitekturen. Das Verbundprojekt AdHyBau (Additive Hybride Bauweisen) wurde im Jahr 2023 erfolgreich abgeschlossen. Am ITEP wurden im Wesentlichen die Materialkennwerte von 4K-400K



bestimmt und in Kombination mit Mikrostrukturuntersuchungen die Herstellungsparameter verstanden (Korngröße, Defekte, Porosität). Die Daten stehen in einer Datenbank zur Verfügung, die direkt in eine Auslegungssoftware eingelesen werden können.

Im Forschungsfeld Energietechnische Anwendungen wurde erstmals eine Brückenschaltung mit Hilfe des dynamischen Widerstandes von Supraleitern realisiert. Das weitere Ziel ist die Spannung der Schaltung weiter zu erhöhen und perspektivisch supraleitende Umrichter für Hochstromanwendungen zu entwickeln. Die Arbeiten am ITEP von zwei Verbundprojekten zur Entwicklung einer supraleitenden Industriestromschiene mit einer Stromstärke von 200.000 Ampere und eines supraleitenden Magnetheizers konnten im Jahr 2023 erfolgreich weitergeführt werden, damit die finale Inbetriebnahme durch die Industriepartner durchgeführt werden kann. Im Forschungsthema „Echtzeitsystemintegration“ wurde ein Horizon Europe-Projekt „Research Facility 2.0“ im Wert von 5 Mio. Euro erfolgreich beantragt, das im Jahr 2024 anlaufen wird. In Zusammenarbeit mit fünf der größten Beschleuniger in Europa (ALBA, CERN, DESY, HZB, MAX IV) werden Themen der Energieeffizienz von der Komponenten- bis zur Systemebene sowohl für die Physik als auch für die Energietechnik untersucht und konkrete Lösungen vorgeschlagen, die in Demonstrationsanlagen an den Beschleunigeranlagen experimentell validiert werden.

Eine wichtige Aufgabe im Forschungsfeld Supraleitende Magnettechnologie ist die Entwicklung hochtemperatur-supraleitender Magnete. Am Institut existiert eine Apparatur zum robotischen Wickeln von nicht-planaren hochtemperatur-supraleitenden Magneten. Für diese Apparatur wurde im Jahr 2023 eine neue und verbesserte Wickelhand realisiert, mit der im kommenden Jahr weitere Wicklungen hergestellt werden. Für eine hybride Energiepipeline für Strom und Flüssig-Wasserstoff wurde ein erstes konzeptionelles Design erstellt auf dessen Basis die weitere technische und wirtschaftliche Bewertung erfolgt. Für die am KIT patentierte Anordnung des „Disk-up-down assembly“ (DUDA) von Hochtemperatur-Supraleitern wurde eine rotierende Maschine ausgelegt und weitere verbesserte Bandstapel hergestellt. Weiterhin wurde aufgezeigt, wie man die Wechselstromverluste in dieser Anordnung deutlich reduzieren kann.

Prof. Dr. Tabea Arndt wurde der IEEE-Preis für kontinuierliche und bedeutende Beiträge in der angewandten Supraleitung verliehen. Damit werden ihre langjährigen, herausragenden technischen und wissenschaftlichen Leistungen sehr herausgehoben gewürdigt.

Im Forschungsfeld Technologien des Fusionsbrennstoffkreislaufes entwickeln Forschende des ITEP grundlegend neue Vakuumtechnologien und Verfahren zur Tritiumextraktion und Rückgewinnung. Mit dem am ITEP entwickelten Simulator für den Brennstoffkreislauf eines Fusionskraftwerkes wurden beispielhaft Anfahrrampen des Plasmas simuliert und unter anderem gezeigt, dass Helium Spitzen am Eingang zu Tritium Spitzen am Auslass führen. Im Oktober konnten die am ITEP entwickelten und von einem Industriepartner hergestellten Kryopumpen für das japanische Fusionsexperiment JT60-SA geliefert werden. Für den Divertor Test Tokamak in Italien wurden die Vakuumsysteme modelliert und aufgrund der Ergebnisse einige Designänderungen durchgeführt. Weiterhin konnte für die Metallfolienpumpen für DEMO die beste Konfiguration gefunden werden. Die am Institut entwickelte Methode des „Direct Internal Recycling“ für den Brennstoffkreislauf von DEMO wird nun auch im großen Maßstab aufgebaut. Dazu wurden die Planungen zum „Direct Internal Recycling Development Platform Karlsruhe“, (DIPAK) überarbeitet und erste Bauplanungen konkret begonnen. Diese Anlage baut zwei der drei Kreisläufe des im Brennstoffkreislauf nach und enthält alle neuen Technologien wie die Pelletinjektion, die Metallfolienpumpen, die Quecksilberpumpen und die Temperaturwechselabsorption zur Isotopentrennung.

## **Strategische Ereignisse**

Tenure-Track Prof. Dr. Giovanni de Carne wurde auf eine W3-Professur zum Thema „Echtzeitsysteme in der Energietechnik“ berufen.

## **Längerfristige Kooperationen**

### Wirtschaft

Airbus, FESTO, Rolls-Royce, Siemens Energy, Vision Electric Superconductors

### Hochschulen

U Darmstadt, U Hannover, TH Köln

### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

CEA, CERN, ENEA, F4E, FhG IEE, ITER

## **A.1.4.4 Bereich IV – Natürliche und gebaute Umwelt**

### **A.1.4.4.1 *Institute for Advanced Membrane Technology (IAMT)***

#### **Leitende Person**

Institutsleiterin: Prof. Dr.-Ing. Andrea Iris Schäfer

#### **Kurzdarstellung**

Das IAMT wurde im Januar 2020 gegründet, aufbauend auf der erfolgreichen Einwerbung einer Professur über die Helmholtz-Rekrutierungsinitiative. Die Vision des IAMT ist es, durch herausragende Forschung auf dem Gebiet der Membranmaterial- und Prozessentwicklung für die Wasseraufbereitung einen Beitrag zur Lösung großer gesellschaftlicher Herausforderungen zu leisten. Erreicht wird dies durch das Streben nach Exzellenz in der Forschung, erstklassige Laboratorien, innovative Forschungs- und Berufsausbildung, das Bestreben der Lösung realer Probleme, umfassende transdisziplinäre Zusammenarbeit sowohl mit (inter)nationalen Kolleginnen und Kollegen als auch mit Industriepartnern.

Die Forschung des IAMT adressiert u.a. folgende Themen und Bereiche: neuartige Membranmaterialien (z.B. Membranabsorber, photo- und elektrokalytische Membranen) Rückhalte- und Verschmutzungsmechanismen (z.B. Spurenschadstoff, und Ionenentfernung und Entsalzungsmechanismen), Systementwicklung und Anwendungen (z.B. Wasserwiederverwendung, Ressourcenrückgewinnung und Entsalzung).

Die in 2019 eröffneten Labore des IAMT bestehen aus den folgenden Räumlichkeiten für experimentelle Forschung: 1) Herstellung von Membranmaterialien, 2) Charakterisierung von Membranen, 3) Membranfiltration, 4) Radiotracer-Labor, 5) Wasser Analytisches Labor und 6) Verfahrenstechnisches Labor. Die Ausstattung des Labors zur Herstellung von Membranen ermöglicht den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern unterschiedliche Materialträger und Beschichtungen zu erforschen, darunter auch viele Materialeien die von führenden Kooperationspartnern zur Verfügung gestellt werden. Im Labor zur Charakterisierung von

Membranen werden u.a. Porengröße, Porosität, Oberflächenladung und thermogravimetrische Eigenschaften von Membranen untersucht. Im Labor für Membranfiltration nutzt das IAMT eine Reihe von spezifisch konzipierten und am IAMT gebauten Filtrationssystemen wie zum Beispiel Durchflusszellen für Nanofiltration, Elektrodialyse, photo- und elektrokatalytische Membranexperimente. Im Radiotracer-Labor ermöglichen die vom IAMT verwendeten Radiotracer den Nachweis von Mikroverunreinigungen bis zu Konzentrationen von  $< 1 \text{ ng/L}$ . Im Analytischen Labor steht eine große Anzahl von Analyseinstrumenten zur Verfügung, viele Großgeräte auch gekoppelt, um reelle Wasserproben untersuchen zu können. Am IAMT wird täglich eine große Menge an Proben generiert, die auch nach einer effektiven Behandlung bis in den Bereich der Nachweisgrenzen analysiert werden müssen. Im Verfahrenstechnischen Labor gibt es weitere Systeme (z.B. ein elektrochemisches Membransystem) sowie einige „Pilotanlagen“ im Labormaßstab. Die Laborarbeiten des IAMT werden durch zusätzliche Feldversuche ergänzt, mit Hilfe mobiler Anlagen und einem Landrover/Trailer der diverse Anlagen direkt mit Photovoltaik autonom betreiben kann. Eine aktuelle Herausforderung am Institut stellt die Suche nach Fördermitteln für ein Technikum für Upscale und Transfer dar, welches sich als ein internationales Leuchtturmprojekt und ein Lernlabor in Planung befindet.

Die Forschung des IAMT ist in der Helmholtz-Gemeinschaft im Forschungsbereich (FB) „Erde und Umwelt“ (EuU) im Programm „Changing Earth – Sustaining our Future“ (CE) und dort im Topic 7 „Towards a Sustainable Bioeconomy“ verankert. Die Aufgabe von Topic 7 besteht darin, zu einer nachhaltigen Bioökonomie beizutragen, die eine wachsende und anspruchsvolle Bevölkerung mit Nahrungsmitteln, Wasser und erneuerbaren Ressourcen für die Industrie versorgt und gleichzeitig den ökologischen Fußabdruck verringert und eine wachsende Kreislaufwirtschaft unterstützt. Dies bedeutet konkret die ressourceneffiziente Behandlung und Rückgewinnung von Wasser im Wasser-Energie-Material-Umwelt Nexus.

### **Highlights der Forschung**

- DFG Projekt SOLEMBA: in Zusammenarbeit mit dem IMT (Richards, Turshatov) wurde das Projekt „Solar-driven degradation of water-borne micropollutants via novel photocatalytic polymer membranes with active porphyrin surface layer“ (SOLEMBA) gefördert.
- Die LC-MSMS Methode zur Bestimmung von Glyphosat & Ampa hat eine Nachweisgrenze von  $10 \text{ ng/L}$  erreicht wodurch erste Publikationen zur Entfernung veröffentlicht werden konnten mithilfe derer die Trinkwasserrichtlinie erreicht werden kann.
- Im November statten Bundestagsabgeordnete Cem Özdemir und Christian Kühn (in Vertretung von Dr Bettina Hoffmann) dem IAMT einen Besuch ab, um sich über Technologien zur Spurenschadstoffentfernung zu informieren.

### **Strategische Ereignisse**

Das IAMT hat mehrfach Pressemitteilungen zum Thema der Technologien zur Spurenschadstoffentfernung veröffentlicht die mit Artikeln im Bild der Wissenschaft sowie diversen Interviews große Aufnahme in den Medien erzielt haben. Der gesellschaftliche und politische Impact dieser Kommunikationen trägt einen wichtigen Beitrag zur Wissenschaftskommunikation und Nachhaltigkeitsthemen bei.

Weiterhin werden regelmäßig Vorträge an international führenden Institutionen und Konferenzen gehalten die die Forschung an der Grenzfläche zwischen Material und Prozess viel Aufmerksamkeit schenken und internationale Kooperationen, sowie Interesse von Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern erbringen.

### **Längerfristige Kooperationen**

Das IAMT verfolgt langfristige Kooperationen mit vielen nationalen und internationalen Partnern und führt Drittmittelprojekte aus. Hierzu nachfolgende Beispiele für im Jahr 2023 laufende Projekte:

- BMBF-Projekt NEMWARE („NanoElectroMembrane processes for micropollutant removal in Water REuse“): NEMWARE stellt eine Deutsch-Israelische Wassertechnologie-Kooperation dar und verfolgt das Ziel, neuartige NanoElektro-Membran (NEM)-Verfahren für die Entfernung von Mikroverunreinigungen zu entwickeln.
- Das IAMT ist Teil des Verbundprojekts „Beseitigung von Hindernissen bei der Anwendung von Membran Technologie: Intelligentes Wassermanagement in den Städten der Zukunft (RealMethod), Teilvorhaben: Entfernung von Spurenschadstoffen mittels Nanofiltration und modifizierter Ultrafiltration“. RealMethod ist eine Kooperation von Forschenden aus Japan, Frankreich, Deutschland und der Türkei und zielt darauf ab Membrantechnologie durch die i) Entwicklung effizienter Entscheidungshilfen für Betreiber von Membranen und die ii) Entwicklung innovativer Materialien/Verfahren zur Herstellung von Membranverfahren für eine zuverlässige Entfernung von Spurenschadstoffe viel praktikabler, zuverlässiger und ökonomischer zu machen.
- Das IAMT ist Partner im DFG Projekt „Solar-driven degradation of water-borne micropollutants via novel photocatalytic polymer membranes with active porphyrin surface layer“ (SOLEMBA) in Zusammenarbeit mit Kloeeginnen und Kollegen am IMT.
- Es wurden 2023 drei OCPC Fellows von Helmholtz China mit dem IAMT als Host gefördert. Die internen Aufnahmeverfahren halten bislang (Stand März 2024) an. Strategische Technologietransfer-Optionen mit China werden verfolgt und bieten eine Möglichkeiten für Entwicklungen im Bereich Umwelttechnologien, insbesondere Membranmaterialien- und Prozesse, gemeinsam mit der Industrie.

### **A.1.4.4.2    *Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK)***

#### **Leitende Personen**

IMK-AAF Atmosphärische Aerosolforschung

Institutsleiter: Prof. Dr. Thomas Leisner

MK-ASF Atmosphärische Spurenstoffe und Fernerkundung

Institutsleiter: Prof. Dr. Peter Braesicke

IMK-IFU Atmosphärische Umweltforschung (Standort: Garmisch-Partenkirchen)

Institutsleiter: Prof. Dr. Hans Peter Schmid

IMK-TRO Troposphärenforschung

Institutsleiter: Prof. Dr. Peter Knippertz

#### **A.1.4.4.2.1 IMK für Atmosphärische Aerosolforschung (IMK-AAF)**

##### **Kurzdarstellung**

Das Institut für Meteorologie und Klimaforschung Atmosphärische Aerosolforschung beschäftigt sich mit der Rolle der Aerosole im Wetter- und Klimageschehen und für die Luftqualität. Im Fokus steht ihr Einfluss auf Wolken und den Niederschlag. Hierzu werden Labor- und Feldexperimente zu chemischen, optischen und mikrophysikalischen Eigenschaften von Aerosolen durchgeführt. Die hier erlangten Erkenntnisse zu den untersuchten meteorologischen Prozessen können unter anderem die Vorhersagefähigkeit von Klimamodellen verbessern. Das Institut trägt mit diesen Arbeiten zu den Subtopics 1.1, 1.2 und 1.3 des Topic 1 „The Atmosphere in Global Change“ des CE-Programms bei.

Das IMK-AAF betreibt derzeit zwei große Aerosol- und Wolkenkammern: zum einen die seit über 25 Jahren betriebene „klassische“ AIDA (Aerosolinteraktionen und -dynamik in der Atmosphäre) und die etwas kleinere dynamische Kammer AIDAd. Das IMK-AAF gilt als international führendes Labor zur Simulation von Aerosol- und Wolkenprozessen, insbesondere bei tiefen Temperaturen, und zieht zu den regelmäßig stattfindenden Messkampagnen führende Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus der ganzen Welt an. Die Nutzung der AIDA durch externe Gruppen wird derzeit im Rahmen von Trans-National-Access durch das EU-Projekt ATMO-ACCESS gefördert.

Das IMK-AAF entwickelt und betreibt Feldinstrumente zur optischen, chemischen und physikalischen Charakterisierung von Aerosol- und Wolkenteilchen. Diese werden sowohl auf Messstationen, in mobilen Containern oder auch auf Drohnen eingesetzt, so auch im Rahmen der Helmholtz-Projekte MOSES und Inside Clouds. Durch die Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Solving the Cirrus Cloud Puzzle“ beteiligt sich das IMK-AAF mit einzigartigen Instrumenten zur Charakterisierung von Wolkeneis an internationalen Flugzeugkampagnen, darunter auch mit dem Forschungsflugzeug HALO. Darüber hinaus werden Laborexperimente zu den optischen, thermodynamischen und chemischen Eigenschaften von Aerosolen unter anderem an einzelnen Wolkentropfen in elektrodynamischen Levitatoren durchgeführt.

Das IMK-AAF leitet die zentrale Einrichtung für Wolken In-Situ-Messungen (Cloud In Situ, CIS) der europäischen Forschungsinfrastruktur für kurzlebige Atmosphärenbestandteile ACTRIS (Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure). Über die nationale Förderung des BMBF ACTRIS-D wird derzeit das zugehörige Kalibrierzentrum für eisbildende atmosphärische Aerosole aufgebaut und die AIDA zur ACTRIS „nationalen Einrichtung“ modernisiert und erweitert.

##### **Highlights der Forschung**

- Neue Methode zur Messung der Viskosität und Oberflächenspannung von Aerosolen: Viskosität und Oberflächenspannung von Aerosoltröpfchen bestimmen entscheidend die chemische Reaktivität und die Nukleationseigenschaften von Aerosolen. Beide Größen unterliegen im atmosphärischen Lebenszyklus der Aerosole starken Veränderungen. Es wurde eine neue Methode entwickelt, diese Änderungen unter realistischen Bedingungen zeitaufgelöst am Einzelpartikel zu messen.
- Pflanzenemissionen führen zu absorbierenden Aerosolpartikeln: Absorbierende Aerosolpartikel haben einen wesentlichen Einfluss auf den Strahlungshaushalt der Erde und somit das Klima. Neben Mineralstäuben und Ruß sind dabei auch

sogenannte braune kohlenstoffhaltige Aerosolpartikel von Bedeutung wie sie z.B. bei Waldbränden entstehen. Das IMK-AAF konnte durch Simulationskammerexperimente zeigen, dass auch die atmosphärische Alterung flüchtiger organischer Gase aus Pflanzenemissionen zur Bildung absorbierender organischer Partikel führt.

- Neue Messungen von eisbildenden Aerosolpartikeln in der freien Troposphäre:  
Neue am IMK-AAF entwickelte Messverfahren geben wichtige Einblicke in die Verteilung und Variabilität von eisbildenden Aerosolpartikeln (INP). Besonders für die freie Troposphäre sind derartige Messungen bislang kaum verfügbar, aber sehr wichtig für die Vorhersage der Bildung von Eiswolken sowie deren Einfluss auf das Erdklima. Durchgängige INP-Messungen von September 2019 bis September 2022 am Sonnblickobservatorium in Österreich zeigen einen klaren Jahrestrend sowie klare Tagesgänge der INP Konzentration vor allem von April bis September. Das Observatorium liegt auf dem Gipfel des Hohen Sonnblick in einer Höhe von 3106 m und wird je nach Jahreszeit und Tageszeit von Luftmassen der freien Troposphäre oder der planetaren Grenzschicht beeinflusst. Die durchgehenden Messungen ermöglichen eine bessere Erkennung der Luftmassenherkunft und damit vor allem eine entsprechende Interpretation und Zuordnung der INP-Messungen.

#### ***A.1.4.4.2 IMK für Atmosphärische Spurenstoffe und Fernerkundung (IMK-ASF)***

##### **Kurzdarstellung**

Das IMK für „Atmosphärische Spurenstoffe und Fernerkundung“ entwickelt und nutzt innovative Messmethoden, neuartige Analysemethoden und fortschrittliche numerische Atmosphärenmodelle. Mit dieser „toolbox“ wird im Zusammenspiel von Beobachtungen und Modellierung die räumliche und zeitliche Verteilung atmosphärischer Spurenstoffe (Spurengase, Aerosole, Polare Stratosphärische Wolken, etc.) studiert. Ziel ist es, ein verbessertes Verständnis von dynamischen und chemischen Prozessen, die für die Vorhersage von Wetter, Klima und Luftqualität besonders wichtig sind, zu gewinnen. Ein Fokus liegt auf der mittleren Atmosphäre, dem schwierig zugänglichen Höhenbereich zwischen etwa 5 und 120 km (obere Troposphäre, Stratosphäre, Mesosphäre und untere Thermosphäre). Strategisch wird ein „whole atmosphere“-Ansatz verfolgt (PoF IV FB EuU), der auch den Blick in die Troposphäre nicht vergisst. Das IMK-ASF hat insgesamt acht Gruppen, die in drei Abteilungen mit unterschiedlichen Arbeitsschwerpunkten zusammengefasst sind. Als Querschnittsthema wird dabei das Forschungsdatenmanagement kontinuierlich entwickelt und ist mit dem DataHub (PoF IV FB EuU) und der NFDI4Earth eng verbunden. Seit Oktober 2022 hat Prof. Dr. Peter Braesicke die dauerhafte Institutsleitung des IMK-ASF inne. Das Berufungsverfahren für die inhaltliche Nachfolge Prof. Orphal am IMK-ASF wurde angestoßen. Sie soll als W3 verbunden mit einer Abteilungsleitung ausgeschrieben werden.

Für die Atmosphärenmessungen werden einzigartige, selbst entwickelte Instrumente auf diversen Plattformen (Bodenstationen, Forschungs- und Passagierflugzeuge, Höhenballons und Satelliten) sowie operationelle Satellitensysteme eingesetzt. Das IMK-ASF ist weltweit federführend in der Auswertung und Bewertung der Daten des MIPAS-Instruments auf dem Satelliten ENVISAT (2002-2012), koordiniert seit 2015 das europäische Projekt IAGOS-CARIBIC (hier machte der Umstieg auf eine A350 der Lufthansa weiterhin gute Fortschritte), hat gemeinsam mit dem FZ Jülich das Instrument GLORIA entwickelt, ein weltweit einzigartiges 2D-abbildendes Fourier-Transform-Spektrometer im mittleren Infrarot, und ist führend am Betrieb

und an der Weiterentwicklung von internationalen Netzwerken von Bodenstationen (NDACC, TCCON, COCCON) beteiligt. Die Weiterentwicklung von GLORIA zu GLORIAlite ist im letzten Jahr gut vorangeschritten und auch die ACTRIS Infrastruktur KLOCX nähert sich dem Ende ihrer Aufbauphase. Für die Simulation der Atmosphäre inklusive relevanter Spurenstoffe wird das ICON-ART-Modellsystem mitentwickelt und in diversen Projekten (z.B. ITMS und HErZ) mehr und mehr in der Unterstützung von Kampagnen genutzt.

### **Highlights der Forschung**

- **Satellitenmission CAIRT in der ESA-Endauswahl:**  
Die Satellitenmission CAIRT wird immer wahrscheinlicher. Die Europäische Weltraumorganisation (ESA) hat den vom KIT koordinierten Vorschlag am 21. November 2023 als einen von zwei verbleibenden Kandidaten für eine Mission zur Erdbeobachtung ausgewählt. Die finale Entscheidung fällt 2025.
- **GLORIA Flugzeugmesskampagne PHILEAS über dem Mittelmeer und Alaska:**  
Im August und September 2023 erforschte das IMK-ASF mit dem Infrarotspektrometer GLORIA auf dem Forschungsflugzeug HALO die Verschmutzung der Atmosphäre in 5-14 km Höhe infolge von Waldbränden und dem asiatischen Monsun.
- **Klimaforschung: Wetter- und Klimamodell ICON wird Open-Source:**  
Das numerische Modell ICON ermöglicht effiziente Wettervorhersagen und Klimaprojektionen. Mit ICON-ART hat das KIT das System um eine Komponente erweitert, um zu untersuchen, wie sich etwa Treibhausgasemissionen und Staubwolken von Saharastürmen ausbreiten und auf Wetter und Klima auswirken. Das Modell steht nun unter einer Open-Source-Lizenz der Öffentlichkeit zur Verfügung und soll zu mehr Transparenz in der Wissenschaft beitragen.

#### ***A.1.4.4.2.3 IMK für Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU)***

### **Kurzdarstellung**

Das Teilinstitut „Atmosphärische Umweltforschung“ (am Campus Alpin in Garmisch-Partenkirchen) verfolgt Fragen der Klima-Landoberflächen-Interaktion auf regionaler Skala sowie der Sondierung der unteren Atmosphäre im Wettbewerb und in breiter Partnerschaft mit anderen weltweit führenden Instituten. Im Vordergrund stehen Austauschprozesse von Energie (Strahlung, Wärme), Wasser, Kohlenstoff- und Stickstoff-Verbindungen zwischen Boden, Vegetation und der Atmosphäre sowie biogene Emissionen von Treibhausgasen und organischer Spurenstoffe (VOCs). Thematisch liegt der Fokus auf klimasensitiven und durch anthropogenen Einfluss geprägten Regionen (Berggebiete, semiaride Regionen, intensive Landwirtschaft, städtische Ballungsräume). Geographisch liegen Schwerpunkte von IMK-IFU Messprogrammen im bayerischen Voralpenland, in West- und Ostafrika sowie in Ostasien (China).

Die Komplexität der Prozesse, die solche Interaktionen bewirken oder begleiten, gehören zu den meistgenannten Gründen für Unsicherheiten in der regionalen Klimamodellierung, der Vorhersage von Hochwasser oder Dürre, oder der Bewertung von anthropogenen Landnutzungsänderungen (z.B. in Land- und Forstwirtschaft, Urbanisierung). Das breite Spektrum von Zeitskalen (Sekunden bis Dekaden), über die sich Boden-Ökosystem-Klima-Wechselwirkungen abspielen, verlangt einen fortlaufenden, langjährigen und innovativ/ integrativen Ansatz in der experimentellen Forschung und in der Modellierung. Das IMK-IFU führt seit Jahren am

Institut und im direkten Umland langfristige Messungen durch (TERENO-preAlpine Umwelt-Observatorien, wissenschaftliches Gewächshaus, Zentrum für Stabile Isotopen-Analytik) und betreibt sowohl experimentelle Prozessforschung als auch die Entwicklung und Evaluation regionaler Klima-Erd-System-Modelle (High-Performance Computing Cluster). Um die Zusammenhänge zwischen Klima- und Landoberflächenveränderung (insbesondere Treibhausgasbilanzen) zu verstehen und auf den Klimawandel bezogene Mitigationsstrategien zu entwickeln, werden am IMK-IFU zeitlich und räumlich hochaufgelöste Modelle (z.B. LES-Modellierung in Städten) von Einzelprozessen bis zu regionalen Klimamodellsystemen betrieben und weiterentwickelt. Auf sozioökologischer Ebene werden die Ursachen und Konsequenzen von Veränderungen in sozioökologischen Systemen von der lokalen bis zur globalen Skala untersucht.

Die Sondierung der Atmosphäre zum Verständnis von Variabilität und Trends ist ein weiteres wichtiges Tätigkeitsfeld des IMK-IFU. Hierbei ist die Lage mit drei Beobachtungsniveaus auf engstem Raum – am Institut (744 m ü.M.), der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (2.650 m ü.M.) und dem Zugspitz-Gipfel (2.964 m ü.M.) – weltweit einzigartig. Die lange Tradition der hochpräzisen Atmosphären-Messreihen hat diese in das Interesse der weltweiten Atmosphären- und Klimaforschung gerückt, u.a. für die Beurteilung der Methanemissionen aus der Erdgasförderung, die Validierung von Satellitenmissionen (u.a. NASA-Orbiting Carbon Observatory, ESA-FORUM & SENTINEL), die Überwachung internationaler Vereinbarungen zur Emissionsbeschränkung (Montreal Protokoll, Paris Agreement) sowie als Beitrag zur Europäischen Forschungsinfrastruktur ACTRIS.

## Highlights der Forschung

- **ITMS – ein integriertes Treibhausgas Monitoringsystem für Deutschland:**  
Das ITMS ist ein vom BMBF gefördertes Verbundprojekt, das Deutschland in die Lage versetzen soll, Quellen und Senken der drei wichtigsten langlebigen Treibhausgase ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  und  $\text{N}_2\text{O}$ ) zu überwachen. Das ITMS Konzept zielt darauf ab, auf Grundlage von gemessenen Konzentrationen in der Atmosphäre und mittels aktueller Modellierung der Quellen- und Senkenprozesse sowie des meteorologischen Transports, Quellen von Treibhausgasemissionen räumlich und zeitlich im Detail besser aufzulösen. Diese Informationen sind gerade zur Eindämmung des Klimawandels, für die Steuerung des Handels mit  $\text{CO}_2$ -Zertifikaten und den Weg zu einer klimaneutralen Wirtschaft (NetZero) von besonderer Relevanz. Neben den verantwortlichen Behörden UBA und Thünen Institut, wird das Projekt gemeinsam vom DWD, MPI-BGC, Uni Bremen und dem KIT (CE-Topic 1) koordiniert. Die Aufgaben der beteiligten Topic-1 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler liegen dabei maßgeblich in der Berechnung des Treibhausgasasaustauschs ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{CH}_4$ ) von land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen in zeitlich und räumlich hoher Auflösung mit dem von Topic-1 entwickelten BGC-Modell „LandscapeDNDC“, das zu diesem Zweck in das ICON-ART Modell (KIT/Topic-1) integriert wird. Mittelfristig ist es das Ziel von ITMS, die nationale Treibhausgasberichterstattung operationell in die Wettervorhersagen des DWD mit dem ICON-Art Model zu integrieren. Für weiterführende Informationen siehe: <https://www.itms-germany.de/>.
- **ICOS-Cities:**  
Im Bereich Stadtforschung ist das KIT am EU-Projekt ICOS Cities PAUL involviert, in dem in Zürich, Paris und München Mess- und Modellierverfahren für urbane Treibhausgasemissionen getestet und evaluiert werden. Das KIT ist mit der Messung und Bereitstellung von Treibhausgasflüssen und Profilinformatoren der urbanen Atmosphäre beteiligt, anhand



derer Emissionen modelliert werden. Die Zielsetzung ist eine Operationalisierung der Verfahren im Europäischen Raum, um den Beitrag urbaner Räume zu den Treibhausgasbudgets genauer beziffern zu können.

- SCENIC:

Im Projekt „Storyline Scenarios of Extreme Weather, Climate, and Environmental Events along with their Impacts in a Warmer World“ (SCENIC) arbeiten alle Helmholtz-Zentren des Forschungsbereichs Erde und Umwelt gemeinsam an der Entwicklung und Anwendung eines neuen Modellierungsansatzes. Mit diesem Ansatz kann untersucht werden, wie sich bestimmte, in der jüngeren Vergangenheit beobachtete Extremwetterereignisse unter zukünftigen Klimabedingungen entwickeln würden. Diese Klimaszenarien werden am IMK-IFU in Verbindung mit dem Ökosystemmodell LandscapeDNDC verwendet, um die Auswirkungen des Klimawandels und zunehmender Extremwetterereignisse auf die landwirtschaftliche Produktion in Europa abzuschätzen. Darüber hinaus entwickeln und testen Forschende des IMK-IFU Anpassungsstrategien für den Agrarsektor, um die Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Klimawandel zu erhöhen.

#### **A.1.4.4.2.4 IMK für Troposphärenforschung (IMK-TRO)**

##### **Kurzdarstellung**

Am IMK-TRO werden grundlegende Untersuchungen zu Wetter, Klima und Spurenstoffhaushalten auf Basis von Messungen und Modellrechnungen durchgeführt. Diese haben erhebliches Anwendungspotential und werden durch gezielte Maßnahmen zum Wissenstransfer gesellschaftlichen Akteuren zur Verfügung gestellt. Die Arbeiten sind in der Helmholtz-Gemeinschaft im Forschungsbereich (FB) „Erde und Umwelt“ (EuU) im Programm „Changing Earth – Sustaining our Future“ (CE) und dort im Topic 1 „The Atmosphere in Global Change“ verankert. In acht Arbeitsgruppen werden Themen der Wetter- und Klimaforschung bearbeitet. Hinzu kommen zwei Helmholtz-Nachwuchsgruppen, die zu subsaisonalen Vorhersagbarkeit der Atmosphäre sowie zum Mineralstaubkreislauf und dessen Auswirkungen forschen. Im Jahr 2023 sind die BMDV-finanzierte Nachwuchsgruppe „Mesoskalige Prozesse und Vorhersagbarkeit“ sowie ein neuer ERC Starting Grant ASPIRE (steht für: Advancing Subseasonal Predictions at Reduced computational Effort) neu gestartet.

Das Teilinstitut ist maßgeblich/leitend an großen Forschungsprojekten beteiligt, die von der DFG (Waves to Weather, VollImpact, DYVALOCCA), dem BMBF (ClimXtreme II, RegiKlim-Projekte NUKLEUS2 und ISAP-II), dem BMWK, der Helmholtz-Gemeinschaft (MOSES, Inside Clouds) und der EU (EDIPI, ERC Starting Grant C2Phase, ERC Starting Grant ASPIRE) gefördert werden.

Das IMK-TRO wird sowohl aus Mitteln der Helmholtz-Programmforschung (PoF IV) als auch in der Universitätsaufgabe aus Landesmitteln gefördert. Drittmittelforschung wird mit einem vergleichbaren Budgetanteil zu den vorher genannten gefördert, insbesondere durch den DFG SFB Transregio „Waves to Weather“. Es werden grundlegende Untersuchungen zu Prozessen im Klimasystem, im Wasserkreislauf und zur Wetterdynamik und -vorhersagbarkeit durchgeführt. Hierzu werden atmosphärische Prozesse wie Turbulenz, Konvektion, Wolkenbildung, Aerosolphysik, Niederschlagsentstehung und Austauschvorgänge an der Erdoberfläche durch Messungen, mit theoretischen Ansätzen und durch Modellrechnungen eingehend untersucht. Dies erfolgt mit geographischen Schwerpunkten auf Europa, dem Mittelmeerraum und Afrika.

Die Ergebnisse werden in prognosefähigen Modellen der Atmosphäre genutzt, um die Vorgänge im Klimasystem und bei Wetterphänomenen geeignet darzustellen und vorherzusagen. Forschungsschwerpunkte sind das Klima im regionalen Maßstab sowie Wettergefahren durch Sturm, Starkregen und Gewitter. Insbesondere letzteres wird mit engem Anwendungsbezug (u.a. Versicherungen, Energieunternehmen) durchgeführt. Die dafür verantwortlichen Prozesse werden eingehend erforscht, indem die Transporte und Umwandlungen von Wasser, Energie, Spurengasen und Aerosolen in der Troposphäre durch Messungen erfasst und Modelldarstellungen dafür entwickelt werden. Die Einflüsse der Orographie und Landnutzung auf die Wind- und Niederschlagsverteilung und die Dynamik konvektiver Systeme werden durch Messungen (KITcube, Radar, Lidar) mit boden- und luftgestützten Plattformen und Modellrechnungen (ICON) untersucht. Die Weiterentwicklung eigener Modellsysteme (ICON-ART) und die Durchführung großer Messprogramme nehmen dabei einen breiten Raum ein. Die Ergebnisse vieler Arbeiten finden Anwendung bei Fragen zum menschlichen Einfluss auf die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre und auf das Klima sowie bei der Risikobewertung von Wettergefahren, auch als Beitrag zu CEDIM (Center of Disaster Management and Risk Reduction Technology) und zu den KIT-Zentren „Klima und Umwelt“ und „MathSEE“ (Mathematics in Sciences, Engineering, and Economics). Eine zentrale Informationsschnittstelle zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit bzw. Industrie stellt das Süddeutsche Klimabüro dar. Ein besonders sichtbarer Wissenstransfer findet im Rahmen einer Kooperationsvereinbarung mit dem Deutschen Wetterdienst u.a. zur Vorhersagemodellierung von Aerosolen (z.B. Vulkanasche), zu hochauflösender Klimamodellierung, zur Entwicklung von Messverfahren und zur Validierung von Satellitendaten statt. Weiterhin besteht ein Kooperationsvertrag zwischen DWD (Deutscher Wetterdienst), MPI-M, DKRZ und KIT über die gemeinsame Entwicklung des ICON-Modellsystems.

## Highlights der Forschung

- **Messkampagnen Swabian MOSES 2 und LIFT:**  
Um langfristig besser mit Wetterextremen wie Hagel, Starkregen und Überflutungen umgehen zu können, untersuchten Forschende in der vom IMK-TRO koordinierten Messkampagne „Swabian MOSES“ den vollen Lebenszyklus von Gewittern – von ihrer Entstehung über die Intensivierung bis hin zu den unmittelbaren Auswirkungen.  
Im Rahmen des DFG-geförderten Projektes LIFT wurden erstmalig in Europa kleine Messsonden mit Helium-gefüllten Ballonen in Gewitter geschickt, um den Verlauf von Hagelkörnern durch die starken Aufwindbereiche (Updraft) der Gewittersysteme nachzuvollziehen. Zusätzlich werden Messungen mit Drohnenflügen entlang der Hagelspuren am Boden und Hagel-Disdrometern durchgeführt, um die Verteilung der Hagelgrößen zu vermessen und anschließend mit Radardaten zu vergleichen.
- **Datenassimilation: Genauere Wettervorhersagen durch zusätzliche Messungen:**  
Inwieweit sich Wettervorhersagen durch zusätzliche atmosphärische Messungen verbessern lassen, wird in der 2023 neu eingeworbenen Nachwuchsgruppe „Mesoskalige Prozesse und Vorhersagbarkeit“ untersucht. Die Daten, wie etwa Vertikalprofile von Windgeschwindigkeit und -richtung oder Temperatur- und Feuchteprofile, werden mit modernen bodengebundenen Fernerkundungssystemen und Wetterballonen im Rahmen von Messkampagnen wie Swabian MOSES 2 erhoben und dann mit dem Wettervorhersagesystem des DWD zusammengeführt (Datenassimilation). Der DWD nutzt die zusätzlichen Messdaten, um Wettervorhersagen in einem parallelen Vorhersagezyklus neu zu berechnen.

Langfristig kann die Forschung dazu beitragen, das Beobachtungsnetzwerk des DWD zu optimieren.

- Auf maschinellem Lernen basierende Wettervorhersagen auf [kit-weather.de](https://www.kit-weather.de) verfügbar:  
Für die IMK-TRO-eigene Website [kit-weather.de](https://www.kit-weather.de) werden seit Sommer 2023 7-Tage-Vorhersagen mit dem von Huawei entwickelten, rein Daten-getriebenen Pangu-Weather Algorithmus angeboten. Ausgehend von der operationellen Analyse des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ermöglicht das Modell nun, kostengünstige und energiesparende Vorhersagen zu erstellen. Die Entwicklung rein datengestützter Wettervorhersagesysteme ist eine kleine Revolution, die viele spannende Forschungsmöglichkeiten eröffnet, die in zukünftigen Projekten am IMK-TRO wie dem ERC-finanzierten Projekt ASPIRE (Advancing Sub-seasonal Predictions at Reduced computational Effort) erforscht werden.

### **Strategische Ereignisse (für alle Teilinstitute)**

Die Zentren- und Topic-übergreifende Initiative DataHub im Forschungsbereich Erde und Umwelt (FB EuU) verfolgt das Ziel, in konsequenter Umsetzung der FAIR-Prinzipien, den Zugang und das einfache Arbeiten mit Forschungsdaten Kompartimente-übergreifend zu ermöglichen. Entwicklung und Betrieb fokussieren sich auf die drei wichtigen Aufgaben:

- Bereitstellung von dezentral gespeicherten Daten in dem integrierenden „Earth Data Portal“ ([www.earth-data.de](https://www.earth-data.de)),
- Bereitstellung von Werkzeugen zur Einbindung von Forschungsdaten in eigene Arbeitsprozesse und -Abläufe, sowie
- Stärkung des systematischen Forschungsdatenmanagements durch den Aufbau durchgängiger, digitaler Prozesse von der Datenerhebung bis zur Archivierung.

Der DataHub ist in den Aufbau der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI), sowie der European Open Science Cloud (EOSC) eng eingebettet. Darüber hinaus wird die Vernetzung mit anderen datenhaltenden Quellen im Bereich der Erdsystemwissenschaften, wie beispielsweise der nationalen Geodateninfrastruktur GDI-DE oder der nationalen Infrastruktur für marine Daten MDI-DE, vorangebracht (<https://www.atmohub.kit.edu/>).

Die Technologien des DataHub sind inzwischen so weit entwickelt, dass thematische Viewer für spezifische Forschungsfragen leicht umzusetzen sind. Exemplarische Workflows wurden implementiert, die eine Einbindung eigener Daten in „Szenarien-Rechnungen“ ermöglichen, was die zukünftige Entwicklung digitaler Zwillinge vereinfacht. Ein automatisierter Zugriff auf Forschungsdaten (maschinenlesbar), wie er für Anwendungen unter Verwendung künstlicher Intelligenz benötigt wird, wurde ebenso exemplarisch im Jahr 2023 umgesetzt.

Ein wichtiges Element der zukünftigen Entwicklung der Atmosphären- und Klimaforschung am KIT (insbesondere im europäischen Rahmen) stellt die Umsetzung des BMBF-finanzierten Vorhabens ACTRIS-D als Teil der EU ESFRI-Infrastruktur ACTRIS dar. Die Förderung in Höhe von ca. 15 Mio. Euro ermöglicht den Aufbau einer umfassenden ACTRIS-D-Infrastruktur in Form von Langzeit-Beobachtungsplattformen und der ACTRIS „Central Facility for Cloud In Situ Measurements“ (CIS) am KIT.

Die Europäische Weltraumorganisation (ESA) hat dem vom KIT koordinierten Vorschlag für die Satellitenmission CAIRT (steht für: changing-atmosphere infrared tomography; mehr Infos unter <https://www.cairt.eu/de>) für den ESA-Satelliten Earth Explorer 11 im November 2023 als

einen von zwei verbleibenden Kandidaten für eine Mission zur Erdbeobachtung ausgewählt. Die finale Entscheidung fällt 2025.

### **Längerfristige Kooperationen (für alle Teilinstitute)**

#### Wirtschaft

- DWD als assoziierter Partner in Topic 1 im Programm Changing Earth am KIT
- Memorandum of Understanding mit dem National Center for Atmospheric Research (NCAR) seit 2017
- Forschungszusammenarbeit mit Instituten der Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR; deutsch: Beratungsgruppe für Internationale Agrarforschung; mit Sitz in Montpellier, Frankreich). Dazu gehören das International Rice Research Institute (IRRI, Los Baños, Philippinen), das International Livestock Research Institute (ILRI, Nairobi, Kenia) sowie das Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, Cali, Kolumbien).
- Zusammenarbeit mit europäischen Raumfahrtorganisationen (ESA, EUMETSAT)
- Zusammenarbeit mit der Lufthansa

#### Hochschulen

- Sprecher des Helmholtz-Verbunds „Regionale Klimaänderungen“ (REKLIM) wird derzeit durch das IMK gestellt
- FB-EuU Synthese-Plattform SynCom
- Helmholtz-Querschnittsthemen „Remote sensing“, „MACE“, „Resilient urban spaces“, „MOSES“, „Digital Earth“, „Earth system modeling and capacity“, „HICAM“ sowie „TERENO“
- Kooperation mit dem Institute for Climate and Atmospheric Science (ICAS) der University of Leeds in Großbritannien
- Zusammenarbeit mit der Universität in Granada

#### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

- Kooperation mit dem DLR-Institut für Physik der Atmosphäre (IPA) in Oberpfaffenhofen als assoziiertem Partner des Topic 1
- nationale Forschungsinitiative: „Forschungsflugzeug HALO“
- europäische Forschungsinitiativen: ESFRI EU-Infrastrukturen ACTRIS, ICOS und IAGOS (unter (Co-)Führung durch KIT)
- Zusammenarbeit mit Observatorien in Teneriffa (Spanien), Kiruna (Schweden), Adis Abebe (Äthiopien) und Alzomoni (Mexiko) sowie dem CalTech und dem NASA-JPL in Pasadena (USA)

## **A.1.4.5 Bereich V – Physik und Mathematik**

### **A.1.4.5.1 *Institut für Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT)***

#### **Leitende Person**

Institutsleiterin: Prof. Dr. Anke-Susanne Müller

#### **Kurzdarstellung**

Das IBPT betreibt die Beschleunigeranlagen KARA (Karlsruhe Research Accelerator) als Beschleuniger Test Facility und KIT Light Source und den Kurzpuls-Linearbeschleuniger FLUTE (Ferninfrarot Linac- und Test-Experiment) als Quelle intensiver, ultra-kurzer Elektronen- und Terahertz-Strahlungspulse. An Beschleuniger Test Facilities werden innovative Beschleunigertechnologien entwickelt, wie z.B. Diagnostik zur ultraschnellen Messung und Kontrolle der Elektronenstrahlen und neue Magnettechnologien. Methoden des maschinellen Lernens werden zur Optimierung und Stabilisierung des Betriebs eingesetzt. Das ermöglicht unter anderem Grundlagenforschung zu nichtlinearer Dynamik von Elektronenstrahlen. Mit seinen Industriepartnern bringt das IBPT seine Entwicklungen an deutschen und internationalen Hochleistungsbeschleunigern zum Einsatz. In den Zukunftsprojekten wird an laserbasierten Beschleunigern und kompakten Anlagen gearbeitet, u.a. an cSTART (compact Storage Ring for Accelerator Research and Technology), einem kompakten Speicherring für den Einfang und die Speicherung kurzer Elektronenpakete.

Ein weiteres wichtiges Standbein ist die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses direkt an den Forschungsinfrastrukturen. Bereits mehrfach wurden Nachwuchsforschende des KIT für ihre Arbeiten in der Beschleunigerforschung mit nationalen und internationalen Preisen ausgezeichnet.

Die IBPT-Anlagen sind Schlüsselinstrumente der Spitzenforschung in Physik, Chemie, Biologie, Medizin und in den Materialwissenschaften: Die Beamlines der KIT Light Source werden von elf Instituten des KIT aus den Forschungsbereichen Materie, Energie und Information (sieben Helmholtz-Programme), deren externen Kooperationspartnern, im Rahmen mehrerer SFB und anderer koordinierter Programme, sowie von zahlreichen Partnern aus der Wirtschaft genutzt.

Im Forschungsverbund Accelerator Technology Platform (ATP) am KIT arbeitet das IBPT in transdisziplinären Ansätzen gemeinsam mit Instituten des KIT aus vier Bereichen und sechs KIT-Fakultäten an der Entwicklung der Beschleunigertechnologien von morgen: von den Komponenten, die die Bausteine für einen Beschleuniger ausmachen, bis zum kompletten System. Ein wichtiges Ziel der ATP ist die energieverantwortliche Gestaltung von Beschleunigern und Forschungsinfrastrukturen. Hierzu wird in Zusammenarbeit von Energy Lab 2.0 (Forschungsbereich Energie) und KARA das KIT-Testfeld für Energieeffizienz und Netzstabilität KITTEN betrieben. Ein weiterer Schwerpunkt der Forschung in der ATP ist die Entwicklung von Detektor-, Magnet- und Beschleunigertechnologien für den medizinischen Einsatz. Hier kooperiert das IBPT beispielsweise eng mit dem DKFZ und dem Universitätsklinikum Heidelberg in der Entwicklung und Charakterisierung neuer Technologien, Ansätze und Modalitäten für die Strahlentherapie. Zu unseren Forschungsthemen kooperiert das IBPT innerhalb des KIT im Rahmen der Aktivitäten der KIT-Zentren „Health Technologies“, KCETA, KCIST und Energy.

## Highlights der Forschung

Ultraschnelle Bildgebungsmethode für longitudinale Phasenraumtomographie von Elektronenpaketen: KARA verfügt über einen weltweit einzigartigen Messaufbau für das longitudinale Profil von Elektronenpaketen. Mit der ultraschnellen Diagnostik, die in Zusammenarbeit von MT-ARD und MT-DTS am KIT entwickelt wurde, konnte erstmals longitudinale Phasenraumtomographie auf einer Mikrosekunden-Zeitskala durchgeführt werden [1]. Dieser Aufbau ermöglichte die Rekonstruktion des longitudinalen Phasenraums und die Beobachtung der Mikrostrukturierung und der Dynamik der Phasenraumverteilung mit großer Detailtiefe. Diese Methode kann eine entscheidende Technologie für die Kontrolle ultrakurzer Elektronenpakete und die Entwicklung kompakter Beschleuniger mit geringerem Energiebedarf sein.

[1] S. Funkner, et al., Revealing the dynamics of ultrarelativistic non-equilibrium many-electron systems with phase space tomography, *Sci. Rep.* 13 (1), 4618 (2023), DOI: 10.1038/s41598-023-31196-5

Dateneffiziente Bayes'sche Optimierung im Speicherringbetrieb: Die Anwendung der dateneffizienten Bayes'schen Optimierung auf die spezifische Aufgabe der Strahlinjektion in einen Kreisbeschleuniger (KARA) zeigte die Überlegenheit dieser Methode im Vergleich zu einem manuellen Betrieb: Es wurde eine doppelt so schnelle Injektion erreicht. Zudem verbessert die Methode die Kontrolle und Robustheit des Injektionsprozesses. Das Interesse an diesen Resultaten ist groß: Die Veröffentlichung [2] hierzu gehört zu den Top-10 der am häufigsten heruntergeladenen Artikel bei der Zeitschrift *Physical Review Accelerators and Beams* im Jahr 2023.

[2] C. Xu, et al., Bayesian optimization of the beam injection process into a storage ring, *Phys. Rev. Accel. Beams* 26 (3), 034601 (2023), DOI: 10.1103/PhysRevAccelBeams.26.034601

Realisierung von HTS-Undulatorspulen: Der Einsatz von Hochtemperatur-Supraleitern (HTS) in der Konstruktion von Beschleunigermagneten ermöglicht eine Erhöhung der Stromdichte im Vergleich zu Niedertemperatur-Supraleitern. Dies erlaubt höhere Magnetfelder und erhebliche Energieeinsparungen. Das IBPT hat in Zusammenarbeit mit dem CERN HTS-Undulatorspulen mit kurzer Periode und hohem Feld entwickelt. Es wurden vertikale Racetrack-Spulen und Spulen für einen helischen Undulator realisiert und mit Prototypen erfolgreich Felder von bis zu 2 T in Tests erreicht [3].

[3] S. C. Richter, et al., High-Temperature Superconducting Undulator Prototype Coils for Compact Free-Electron Lasers, *IEEE Trans. Appl. Supercond.* 33 (5), 1–7 (2023), DOI: 10.1109/TASC.2023.3242625

## Strategische Ereignisse

Die neu eingerichtete Professur für „Laserbasierte Teilchenbeschleuniger“ am IBPT wurde mit Prof. Dr. Matthias Fuchs besetzt. Er wechselte von der University of Nebraska-Lincoln ans IBPT und wird das Forschungsfeld der Laser-Plasmabeschleunigung ausbauen.

Mit einem Kick-Off Meeting wurde die Implementierung des cSTART-Speicherrings gestartet. Mit cSTART wird eine einzigartige Beschleuniger-Testanlage mit ultra-kurzen Elektronenpaketen in Nicht-Gleichgewichtszuständen zur Verfügung stehen. In Zusammenarbeit mit einem Industriepartner wird in den nächsten Jahren ein kompakter Speicherring installiert werden. Als Injektoren werden der Linearbeschleuniger FLUTE und ein Laser-Plasma-Beschleuniger genutzt.

Im Rahmen von KITTEN konnte 2023 erfolgreich das EU-Projekt „Research Facility 2.0: Towards a more energy-efficient and sustainable path“ eingeworben werden, wodurch die Vernetzung und Sichtbarkeit der Forschung im Bereich Energieeffizienz von großen Forschungsinfrastrukturen auf EU-Ebene verstärkt wird.

Das Projekt ROCK-IT (DESY, HZB, HZDR und KIT) mit dem Ziel komplexe “in-situ” und “open” Experimente an Synchrotrons zu automatisieren und per “remote access” zur Verfügung zu stellen, fördert nicht nur die Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Zentren und Forschungsbereichen (Materie, Energie, Information), sondern erhöht auch die Sichtbarkeit im Bereich der Digitalisierung auf nationaler und internationaler Ebene, z.B. mit NFDI (Nationale Forschungsdateninfrastruktur) und DAPHNE4NFDI (Data from Photon and Neutron Experiments).

### **Längerfristige Kooperationen**

Wirtschaft: Bilfinger Noell GmbH, Microworks.

Hochschulen: Friedrich-Schiller-Universität Jena, Technische Hochschule Mittelhessen, Technische Universität Darmstadt, Technische Universität Dortmund, Universitätsklinikum Heidelberg, Universität Hamburg, Université de Lille (Frankreich),

Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen: Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY), Diamond Light Source, Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ), European Organization for Nuclear Research (CERN), European XFEL, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Helmholtz-Institut Jena, Helmholtz-Zentrum Berlin, Max-Planck-Gesellschaft, National Institute of Information and Communications Technology (Tokyo, Japan), Paul-Scherrer-Institut (Schweiz), Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin, Shizuoka University (Hamamatsu, Japan), Synchrotron SOLEIL.

### **A.1.4.5.2    *Institut für Quantenmaterialien und -technologien (IQMT)***

#### **Leitende Person:**

Institutsleiter: Prof. Dr. Matthieu Le Tacon

#### **Kurzdarstellung**

Die Erforschung der Quantentechnologie ist eine der zentralen Herausforderungen, die die Helmholtz-Gemeinschaft in der vierten PoF-Förderperiode (seit 2021) angeht. Sie steht im Mittelpunkt der Forschungsagenda des Programms Natural, Artificial and Cognitive Information Processing (NACIP) im Forschungsbereich Information. Die überwiegende Mehrheit der in der Quantenforschung am KIT tätigen Forschenden ist am Institut für Quantenmaterialien und -technologien (IQMT) angesiedelt, das 2020 nach einer tiefgreifenden Umstrukturierung des Instituts für Festkörperphysik offiziell gegründet wurde.

Das IQMT bündelt die vorhandene Expertise in einer gut sichtbaren Struktur in einem unabhängigen Institut, in dem jede Abteilung von einem international renommierten Expertinnen und Experten auf dem Gebiet der Quantenmaterialien und Quantentechnologien geleitet wird. Im Jahr 2023 bestand das IQMT aus insgesamt 23 Arbeitsgruppen, die in neun Abteilungen untergebracht sind.

Ein übergreifendes Ziel des IQMT ist es, Synergien zwischen den Aktivitäten des KIT zu nutzen, wie z.B. fundamentale, von der Physik getriebene Materialentwicklungen und das Design

künstlicher Strukturen, die darauf abzielen, auf der Grundlage neuer Erkenntnisse und Entdeckungen neue Funktionalitäten zu entwickeln, zu verstehen und zu beherrschen. Die Integration von adaptiven und abstimmbaren Quantenmaterialien in Geräte zielt darauf ab, neue Bausteine für zukünftige Informationstechnologien zu schaffen.

Wissenschaftliche Exzellenz wurde auch mit prestigeträchtigen Preisen belohnt. Der Dresdner Physikpreis 2023 wurde an Prof. Dr. Jörg Schmalian, Leiter der Abteilung Theorie der Quantenmaterialien am IQMT, verliehen. Wie in den drei Vorjahren ist Dr. A.-A. Haghighirad auch 2023 einer der „Highly Cited Researchers“ im Web of Science. Ein ERC Synergy Grant für einen Axion-Detektor auf der Basis supraleitender Qubits wurde Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer, Leiter der Abteilung Quantenschaltungen, bewilligt.

Im Jahr 2023 wurden am IQMT 34 Doktorarbeiten betreut. Vier Promovierende haben ihre Dissertation am IQMT abgeschlossen. Im Jahr 2023 wurden 114 begutachtete Publikationen (aufgelistet in der Clarivate-Web of Science Datenbank) veröffentlicht, darunter eine Veröffentlichung in Science, zwei in Nature, drei in Nature Physics, eine in Nature Materials, eine in Physical Review X und zwei in Advanced Materials.

## Highlights der Forschung

Drei Beispiele sind hier hervorgehoben:

Riesige Gittererweichung in  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  durch elektronischen Lifshitz-Übergang

Die Spannungs-Dehnungs-Beziehung des quasi-2D korrelierten Metalls  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  wurde untersucht, während es durch einen Sattelpunkt-Lifshitz-Übergang abgestimmt wurde, bei dem sich die Topologie der Fermi-Oberfläche ändert und das Fermi-Niveau eine Van-Hove-Singularität durchquert. Durch die Kombination direkter Spannungs-Dehnungs-Messungen mit experimentell ermittelten Entropiedaten über denselben Übergang konnte die Existenz einer unerwartet großen Erweichung des Gitters nachgewiesen werden, die ausschließlich durch Leitungselektronen verursacht wird. DOI: 10.1126/science.adf3348

Theorie der freien Fermionen unter zufälligen projektiven Messungen: Eine anhaltende und faszinierende Frage bei der Untersuchung von Quantensystemen ist, wie dissipative Wechselwirkungen mit der Umgebung die Verschränkung beeinflussen und ob die Verschränkung in solchen Systemen überhaupt überlebt. Diese theoretische Arbeit löst eine Kontroverse, indem sie das Fehlen eines messungsinduzierten Verschränkungs-Phasenübergangs für ein spezifisches, aber physikalisch interessantes und paradigmatisches freies Fermion-System zeigt. DOI: 10.1103/PhysRevX.13.041046

Zweistufige System-Hyperpolarisation unter Verwendung einer Quanten-Szilard-Maschine: Die der Festkörperphysik innewohnende Komplexität setzt supraleitende Quantenschaltungen Wechselwirkungen mit unkontrollierten Freiheitsgraden aus, die ihre Kohärenz beeinträchtigen. Durch die Implementierung eines Quanten-Szilard-Motors mit einer aktiven Rückkopplungsschleife wird gezeigt, dass ein supraleitendes Fluxonium-Qubit mit einer Zwei-Ebenen-System-Umgebung (TLS) unbekannten Ursprungs gekoppelt ist, mit einer relativ langen intrinsischen Energierelaxationszeit von über 50 ms. So wird gezeigt, dass die TLSs und das Qubit der dominante Verlustmechanismus füreinander sind, ein entscheidender Schritt zur Verbesserung der Lebensdauer des Qubits. DOI: 10.1038/s41567-023-02082-8

## Strategische Ereignisse

Die wichtigste strategische Entwicklung war die Schaffung einer neuen Abteilung 'Quanteninformatik' unter der Leitung von Prof. Dr. Ioan Pop (der im Mai 2023 an die Universität Stuttgart



berufen wurde). Sie besteht aus zwei Arbeitsgruppen: Prof. Pops Gruppe 'Kinetische Induktionsquantensysteme' und einer neuen Arbeitsgruppe 'Quantenalgorithmen und Software' unter der Leitung von Prof. Dr. Ina Schaefer, Professorin für Software-Engineering am KASTEL. Die IQMT-Forscher M. Ruben, D. Hunger und W. Wernsdorfer waren federführend am Vortrag des Exzellenzclusters Chem4Quant beteiligt.

Anfang März 2023 organisierte das IQMT ein gemeinsames Treffen der beiden größten vom BMBF geförderten Konsortien für supraleitende Quantentechnologie (GEQCOS und QSolid). Insgesamt nahmen etwa 150 Personen teil.

IQMT-Forschende trugen auch zum Tag der offenen Tür am KIT (17. Juni 2023) bei, indem sie am KIT entwickelte Kryostate (Qinu GmbH) und Aktivitäten zu Quantenmaterialien präsentierten.

Im Rahmen der Berlin Science Week im November 2023 führten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des TruePA-Konsortiums, einem EU-Projekt, das von Anja Metelmann vom IQMT koordiniert wird, gemeinsam mit Klangkünstlern aus Berlin, Schweden und den Niederlanden eine Live-Performance zum Thema „Quantum Inspired Sound“ auf. Ein bunt gemischtes Publikum von über 100 Personen genoss die dreistündige Reise durch verschiedene Aspekte der Forschung an supraleitenden Quantenschaltungen.

### **Längerfristige Kooperationen**

- Teilnahme an QUSTEC, am MARIE SKŁODOWSKA-CURIE Horizon 2020 COFUND-Programm des European Campus Eucor im Bereich Quantenwissenschaft und Technologie.
- Beteiligung am SFB „Elastic Tuning and Response of Electronic Quantum Phases of Matter“ (SFB TRR 288) mit den Universitäten Frankfurt und Mainz.
- Teilnahme am BMBF-Projekt Q.R.X. Ziel ist die erste Umsetzung von neuartigen Quantenrepeatern und deren Einsatz unter realen Bedingungen
- Teilnahme am NFDI-Projekt DAPHNE. Das Ziel besteht darin, die Transparenz, die FAIRness und die Wiederverwendbarkeit von Daten, die an Photonen- und Neutronenanlagen gemessen wurden, für die breitere Forschungsgemeinschaft zu verbessern
- Teilnahme am GeQCOS BMBF-Projekt. Das Ziel ist die Realisierung eines Quantenprozessors, an dem sich die Funktionsfähigkeit des gewählten Konzepts zeigen lässt.
- Teilnahme am BMBF Verbundprojekt QSolid, dessen Ziel der Bau eines Quantencomputers auf der Grundlage deutscher Spitzentechnologie ist.
- Teilnahme an NEQSIS (BMBF-Projekt), um einen Quantenspeicher, der die für den Praxiseinsatz nötigen Leistungsparameter (lange Speicherzeit, effizientes Einschreiben & Auslesen der Information) erfüllt.
- Teilnahme am BMBF-Projekt qBRiqs. Das Ziel ist es eine Reihe von Engpässen durch neue Ansätze zu beseitigen, das kommerzielle Potential der weiterentwickelten Messkette zu evaluieren und wenn möglich zu verwerten
- Teilnahme am EU-Projekt AVAQus – FETOpen. Das Ziel ist es, einen Quantenprozessor zu entwickeln, der sein Potenzial zur Lösung realer Optimierungsprobleme demonstriert.
- Teilnahme an den EU Horizon-Projekten SuperQMe und TruePA EU-horizon. Teilnahme an dem vom BMBF geförderten Projekt ToFPAXRIXS. Das Gesamtziel des Projekts ist die Realisierung einer Spektroskopie-Endstation bei PETRA III (DESY).

Weitere Partnerschaften bestehen mit: Stanford University; Argonne National Laboratory; Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme; Max-Planck-Institut für Festkörperforschung; Max-Planck-Institut für Chemische Physik Fester Stoffe; Diamond Light Source and Oxford University; European Synchrotron Radiation Facility; Weizmann Institute; University of Oxford;

Institut Néel; Laboratoire des Champs Magnétiques Intenses; University of Kyoto; Los Alamos National Laboratory; Walter-Meißner-Institut, Garching München; University of Tokyo; Technische Universität München; Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; Université Paris Diderot; University of Minnesota, USA; Donostia International Physics Center;

#### **A.1.4.5.3    *Institut für Astroteilchenphysik (IAP)***

##### **Leitende Person**

Institutsleiter: Prof. Dr. Ralph Engel

##### **Kurzdarstellung**

Das Institut für Astroteilchenphysik (IAP) betreibt experimentelle und theoretische Grundlagenforschung auf den Gebieten der Teilchen- und Astroteilchenphysik. In internationalen Großexperimenten werden die Natur und Herkunft kosmischer Strahlung und hochenergetischer Neutrinos, die Eigenschaften von Neutrinos und die Zusammensetzung der Dunklen Materie untersucht. Die Vorhaben sind im Wesentlichen dem Programm Matter and the Universe (MU) zugeordnet, mit einer kleinen Programmbeteiligung an Matter and Technologies (MT). Prof. Dr. Ralph Engel (IAP) ist der Sprecher des Helmholtz-Programms MU. Dr. Andreas Haungs, Dr. Roman Hiller und Dr. Bianca Keilhauer, alle IAP, bilden das (nebenamtliche) Managementteam des Programms MU für die Helmholtz-Gemeinschaft und das KIT. Prof. Dr. Kathrin Valerius ist Topic-Co-Sprecherin des Topics Matter and Radiation from the Universe (MRU) in MU. Dr. Bianca Keilhauer vertritt das Programm MU auch im Coordination Board des Forschungsbereichs Matter und ist Sprecherin der AG „Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit“ des Forschungsbereichs.

Mitarbeitende des IAP sind im Komitee für Astroteilchenphysik (KAT) in Deutschland: Prof. Dr. Kathrin Valerius (Neutrinoeigenschaften), Dr. Markus Roth (Kosmische Strahlung), Prof. Dr. Ralph Engel (Helmholtz). Prof. Dr. Kathrin Valerius ist zudem stellvertretende Vorsitzende des KAT. Prof. Dr. Ralph Engel ist stellvertretender Sprecher des Fachverbands Teilchenphysik der DPG. International bekleidet Dr. Andreas Haungs das Amt des Vorsitzenden der APPEC *General Assembly*. Prof. Dr. Ralph Engel ist Co-Chair der Kommission C4 (Astroteilchenphysik) von IUPAP, The International Union of Pure and Applied Physics.

Das IAP gliedert sich in fünf Abteilungen: Theorie und Computing, Hochenergie-Universum, Niederenergie-Universum, KATRIN und Tritiumlabor Karlsruhe, mit insgesamt 19 Arbeitsgruppen. Hinzu kommen drei Infrastrukturgruppen: Konstruktion und Versuchstechnik, Mess- und Automatisierungstechnik sowie die Verbundwerkstatt (mit dem Institut für Experimentelle Teilchenphysik (ETP) und in enger Kooperation mit dem Institut für Technische Physik (ITEP)). Die IAP-Aktivitäten sind Kernbestandteil des MU-Topics 3 MRU. Es sind alle Arbeitsgruppen der vier Abteilungen Hochenergie-Universum, Niederenergie-Universum, KATRIN und Tritiumlabor Karlsruhe beteiligt, inklusive der Emmy-Noether-Gruppe zur Dunklen Materie von Prof. Dr. Belina von Krosigk und der ERC Starting Grant Gruppe von Prof. Dr. Frank Schröder. Das IAP ist an den internationalen Kollaborationen Pierre-Auger-Observatorium, IceCube, KATRIN, XENONnT, DARWIN und Einstein Telescope beteiligt. Die Abteilung Theorie und

Computing trägt zum MU-Topic 1 Fundamental Particle and Forces (FPF) bei. Einige Aktivitäten der Gruppe Cosmic Ray Technologies werden über das MU-Innovationspool-Projekt ADC-MAPP gefördert und weitere sind dem Programm Matter and Technologies (MT) zugeordnet. Das IAP ist am KIT-Zentrum für Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA und an der Graduiertenschule KSETA beteiligt. Die Geschäftsstellen von KCETA und KSETA sind im IAP angesiedelt. Das IAP ist der deutsche Projektpartner der „Helmholtz International Research School for Astroparticle Physics and Enabling Technologies“ (HIRSAP), die zusammen mit der UNSAM Buenos Aires organisiert wird. Neben der Leitung des Projektmanagements für das KATRIN-Experiment am KIT stellt das IAP auch das Projektmanagement-Team für das internationale Pierre-Auger-Observatorium.

### **Highlights der Forschung**

Dem IceCube Neutrino-Observatorium ist es gelungen, den Nachweis für die Existenz hoch-energetischer Neutrinos aus der Milchstraße zu erbringen. Neutrinos sind Indikatoren der kosmischen Strahlung, die in der Milchstraße erzeugt und beschleunigt wird. Das Ergebnis wurde mit Techniken des maschinellen Lernens, die innerhalb des deutschen IceCube-Netzwerks entwickelt und auf Daten aus zehn Jahren angewendet wurden, erzielt. Durch Vergleich von diffusen Emissionsmodellen mit einer reinen Hintergrundhypothese konnten die Neutrinomissionen aus der galaktischen Ebene mit einem Signifikanzniveau von  $4,5\sigma$  identifiziert werden. Das steht im Einklang mit der diffusen Emission von Neutrinos aus der Milchstraße, könnte aber auch von einer Population von unaufgelösten Punktquellen stammen.

Nach dem vierten Jahr der Neutrinomassendatenerfassung hat KATRIN im Jahr 2023 in elf Kampagnen mehr als  $10^8$   $\beta$ -Elektronen im relevanten Energie-Bereich aufgezeichnet. Dies entspricht 60 % des Ziels von 1.000 Messtagen von Beta-Spektrum-Scans bis Ende 2025. Parallel zur Datenerfassung wird die Analyse der ersten fünf Kampagnen Anfang 2024 abgeschlossen sein. Die erwartete Neutrinomassenempfindlichkeit ist besser als  $m_\nu < 0,5$  eV. Darüber hinaus wurde die Suche nach der Verletzung der Lorentz-Invarianz und nach sterilen Neutrinos im keV-Bereich veröffentlicht.

Ein neues Labor für R&D-Arbeiten zu Dark-Matter-Detektoren wurde im IAP installiert, das einen Hochspannungsprüfstand für die Qualifizierung großer TPC-Elektroden in einer Argon-Strömungsatmosphäre enthält. Hierin wurde eine erste Elektrode für DARWIN entwickelt. Als weitere Vorbereitung für DARWIN publizierte die XENON-Kollaboration die ersten Ergebnisse zur Kernrückstoß-WIMP-Suche.

### **Strategische Ereignisse**

Abteilung Hochenergie-Universum: Die Erweiterung des Pierre Auger-Observatoriums (Auger-Prime) wurde von einem internationalen Gutachter-Gremium im November 2023 bewertet und das Ergebnis dem Auger Finance Board vorgelegt. Aufgrund der herausragenden wissenschaftlichen Qualität, der zu erwartenden deutlichen Verbesserung der Daten-Qualität und der daraus abgeleiteten Ergebnisse durch modernste Analysemethoden wie maschinelles Lernen hat sich das Finance Board der Empfehlung einer Laufzeitverlängerung des Auger-Observatoriums bis mindestens 2035 angeschlossen. Im Rahmen der IceCube-Gen2-Aktivitäten wurde der Technical Design Report veröffentlicht, der eine vollständige Beschreibung der Wissenschaft, des technischen Designs und der Leistung des Instruments enthält.

Abteilungen Niederenergie-Universum und KATRIN: Im Januar 2023 wurden KATRIN und TLK durch internationale externe Expertinnen und Experten begutachtet und klar als langfristige Infrastrukturen in den Forschungsbereichen Matter und Energy bestärkt. Die Vorbereitungen

zu Messungen mit dem TRISTAN-Detektor in KATRIN zur Suche nach sterilen Neutrinos in der Restlaufzeit von PoF IV schreiten voran und die Planungen für PoF V sehen eine R&D-Phase hin zu KATRIN++ vor. Damit wird eine Messung der Neutrinomasse mit einer Sensitivität von 10 meV angestrebt, unter Anwendung von neu zu entwickelnden Quantensensoren und einer atomaren Tritiumquelle. Bei der 30-Jahr-Feier des TLK im Mai 2023 wurde in einem internationalen Symposium dessen Potential interdisziplinär diskutiert, angefangen von wissenschaftlichen Fragen zur Neutrinomasse und einer atomaren Tritiumquelle über FuE zu Brennstoffkreisläufen und Wechselwirkungen zwischen Tritiummaterialien, Tritiumverarbeitung, Analytik bis hin zur tritiumbasierten Industrie. Darüber hinaus wurde ein Vorantrag für DARWIN für die Helmholtz-Roadmap der Forschungsinfrastrukturen positiv begutachtet.

Mit starker Beteiligung des IAP wurde das Portal für Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit des Forschungsbereichs Matter freigeschaltet ([matter.helmholtz.de](http://matter.helmholtz.de)). Das Portal bietet einen Einstieg zu öffentlich zugänglichen Forschungsdaten und -Software, wobei des IAP mit einer augmented reality-Tour das KATRIN-Experiment präsentiert, die Observatorien Auger und IceCube einen Teil ihrer Daten mit Analyse-Algorithmen zur Verfügung stellen oder auch open source Computing-Software für opportunistisches Balancing und Ressourcen-Management von Computing-Infrastrukturen vorstellt. Im Rahmen des „Wissenschaftsjahr – Unser Universum“ 2023 beteiligten sich Forschende des IAP am Tag der offenen Tür“ des KIT, begeisterten das Publikum bei EFFEKTE rund um das Karlsruher Schloss oder bei einem KCETA-Abend in der Wissenschafts- und Kulturgegnungsstätte Triangel mit Vorträgen über Teilchen- und Astroteilchenphysik, aber auch über Big Data Science. In drei Vortragsabenden im Naturkundemuseum Karlsruhe präsentierte sich KCETA unter Mitwirkung von IAP-Mitarbeitenden u.a. zu den Themen „Die Bedeutung von Tritium für die Kernfusion, sowie die Bestimmung der Masse des Elektronen-neutrinos“, „Dunkle Materie“ und „Kosmische Strahlung“.

## **Längerfristige Kooperationen**

### Hochschulen

UNSAM - Universidad Nacional de San Martin, Buenos Aires, Argentinien, ITeDA - Instituto de Tecnologias en Deteccion y Astroparticulas, Buenos Aires, Argentinien, Universität Heidelberg, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Bergische Universität Wuppertal, Universität Münster, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, University of *Delaware*, USA

### Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Institut d'astrophysique de Paris IAP, Frankreich, Gran Sasso Science Institute GSSI, Italien, CERN, KATRIN-Kollaboration, Pierre-Auger-Kollaboration, IceCube-Kollaboration, EDELWEISS-Kollaboration, XENON-Kollaboration, DARWIN-Kollaboration, Einstein-Telescope-Kollaboration, NA61/SHINE-Kollaboration, PUNCH4NFDI

#### **A.1.4.5.4    *Institut für Nanotechnologie (INT)***

##### **Leitende Personen:**

Institutsleiterin: Prof. Dr. Stefanie Dehnen

##### **Kurzdarstellung**

Das Institut für Nanotechnologie (INT) am KIT wurde 1998 auf Initiative des damaligen Forschungszentrums (heute KIT Großforschungsaufgabe), der damaligen Universität Karlsruhe (TH) (heute KIT Universitätsaufgabe) und der Universität Straßburg gegründet. Grundlagenforschung im Bereich der Nanowissenschaften mit Blick auf Anwendungen und die Förderung des exzellenten wissenschaftlichen Nachwuchses sind die zentralen Ziele des Instituts. Interne Strategiesitzungen sichern die hohe wissenschaftliche Qualität, Originalität und Anwendungsrelevanz der verschiedenen Forschungsthemen.

Der interdisziplinäre Ansatz des INT gilt als Schlüssel für den Erfolg und für die weltweite Reputation des Instituts. Am INT bearbeiten theoretisch und experimentell ausgerichtete Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Chemie, Physik, Material- und Ingenieurwissenschaften sowie der Biologie gemeinsame Fragestellungen. Das INT umfasst derzeit 18 wissenschaftliche Abteilungen (Stand: 12/2023), die von international ausgewiesenen Universitätsprofessorinnen und -professoren des KIT sowie der Universitäten Basel, Darmstadt und Gießen geleitet werden. Die Entwicklung wirtschaftlich aussichtsreicher Innovationen wird in enger Kooperation mit Industriepartnern vorangetrieben, etwa im Bereich der Batteriematerialien im gemeinsam mit der BASF SE betriebenen Batterie- und Elektrochemie-Labor (BELLA). Gleiches gilt für die Kooperation mit dem am INT angesiedelten KIT-Zentrum Materialien (MaTeLiS; Geschäftsführerin: Dr. N. Matter-König; wissenschaftlicher Sprecher: Prof. Dr. W. Wenzel).

In der aktuellen Periode der programmorientierten Forschung, PoF IV, ist das INT federführend in der Materialforschungsstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft. Die Helmholtz-weite Vernetzung wird durch das Joint Lab „Virtual Materials Design“ (VMD; Koordinator: Prof. Dr. W. Wenzel) manifestiert. Zudem ist das INT an der vom BMBF geförderten Plattform „Material Digital“ (Sprecher: Prof. Dr. P. Gumbsch; stellvertretender Sprecher: Prof. Dr. W. Wenzel) beteiligt. Die Digitalisierungsaktivitäten werden derzeit sukzessive ausgebaut.

Im Jahr 2023 war das INT in den Forschungsprogrammen der Helmholtz-Gemeinschaft Materials Systems Engineering (MSE), Natural, Artificial and Cognitive Information Processing (NACIP) und Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET) eingebunden und in der PoF IV-Periode auf die folgenden Programmenthemen ausgerichtet:

- Molekulare Bausteine für neue Materialien, Nanoelektronik, Kohlenstoff-Nanostrukturen,
- Funktionale Nanomaterialien, Nanokatalyse sowie druckbare Elektronik und Systeme,
- Optik und Photonik,
- Elektrochemische Energiespeicherung,
- Karlsruhe NanoMicro Facility (KNMF).

Mit moderner Infrastruktur und dem anregenden wissenschaftlichen Umfeld bietet das INT hervorragende Bedingungen für den wissenschaftlichen Nachwuchs und dessen weitere Qualifizierung. Im Jahr 2023 wurde das INT als Standort für zwei neue Drittmittel-geförderte Nachwuchsgruppen ausgesucht. Es wurden 184 Doktorarbeiten von Mitarbeitenden des Instituts betreut; davon schlossen 34 Doktorandinnen und Doktoranden ihre Dissertation am INT ab.

Mit derzeit 350 in der Clarivate-Web of Science Datenbank (394 in der KITopen-Datenbank) gelisteten Publikationen mit Erscheinungsjahr 2023 ist die Publikationsleistung des Instituts erneut gestiegen, wobei ein großer Teil der Arbeiten in renommierten Zeitschriften (davon 15 in der Familie der „Nature“-Publikationen) angenommen wurden und mit hohen Zitationszahlen ausgewiesen sind. Der Hirsch-Index des INT, in den alle Publikationen seit Gründung des Instituts einfließen, stieg auf 193 (Vorjahr: 182). Prof. Dr. J. Janek wurde vom Medienkonzern Clarivate als „Highly Cited Researcher“ ausgezeichnet. Die Innovationskraft der Forschung am INT wird durch sieben Patentanmeldungen im Jahr 2023 sowie an den Ausgründungen mit Beteiligung oder unter Federführung von Forschenden aus dem INT reflektiert. Damit trägt das INT wesentlich zum großen Output der Programme MSE, NACIP und MTET bei. Mit durchschnittlich 57 SWS pro Semester beteiligen sich die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des INT intensiv an der Lehre (KIT, TU Darmstadt, Universität Ulm).

### Highlights aus der Forschung

Drei Highlights sind hier beispielhaft genannt:

Nanomaterialien: Glas sinterfrei in 3D gedruckt:

Das Team um Jun.-Prof. Dr. J. Bauer entwickelte ein Verfahren zur Erzeugung von nanometerfeinen Strukturen aus Quarzglas, die sich direkt auf Halbleiterchips drucken lassen. Ein hybrides organisch-anorganisches Polymerharz dient als Ausgangsmaterial für den 3D-Druck von Siliziumdioxid. Die hierbei erforderlichen Temperaturen sind wesentlich niedriger als bei gängigen Sinterprozessen. Die höhere räumliche Auflösung erlaubt zudem Anwendungen in der Nanophotonik mit sichtbarem Licht.

(*Science*, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abq3037>).

Neue Materialien für Batterien ohne Lithium:

Multivalente Batterien bieten vielversprechende Aussichten für nachhaltige Energiespeicher-Anwendungen der nächsten Generation. Eine Kompositkathode aus Polytriphenylamin (PTPAn) kann Tetrakisborat-Anionen in Magnesium- und Kalzium-Batteriesystemen hochgradig reversibel speichern. Spektroskopische und rechnerische Untersuchungen klären den Redox-Reaktionsmechanismus des PTPAn-Kathodenmaterials auf. Die Kombination der PTPAn-Kathode mit einer Anode aus einer Kalzium-Zinn-Legierung könnte eine lange Batterielebensdauer (3000 Zyklen mit 60% Kapazitätserhaltung) ermöglichen. (*Angewandte Chemie*, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/anie.202212339>).

Supramolekularer Chemosensor für optische Detektion von Biomarkern in menschlichem Blut und Urin:

Über einen molekulartechnischen Ansatz mittels eines Cucurbit[8]uril basierenden Rotaxan-Chemosensors sind kleine Biomoleküle in Bioflüssigkeiten detektierbar. Gesundheitsrelevante Biomarker wie Tryptophan können so in physiologisch relevanter Konzentration nachgewiesen werden. Dieser Chemosensor erlaubt ein emissionsbasiertes Hochdurchsatz-Screening im Mikrotiterplattenformat und eine markierungsfreie Überwachung enzymatischer Reaktionen sowie die Erfassung der Chiralität. Gedruckte Sensorchips mit oberflächenimmobilisierten Rotaxan-Microarrays sind für die fluoreszenzmikroskopische Darstellung von Tryptophan einsetzbar, was künftige Anwendungen in der molekularen Diagnostik fördern wird.

(*Nature Communications*, <https://www.nature.com/articles/s41467-023-36057-3>).

## Strategische Ereignisse

Das INT setzt sein strategisches Ziel der Fokussierung auf informationsbasiertes Materialdesign weiterhin konsequent um und schärft damit substanziell sein Profil. Das INT arbeitet insbesondere durch die personelle Verzahnung sehr eng und erfolgreich mit dem 2020 gegründeten Institut für Quantenmaterialien (IQMT) zusammen, in dem die Quanten-Aktivitäten des KIT sehr sichtbar vertreten werden. Damit füllen das KIT und INT die Helmholtz-Strukturen im Forschungsbereich „Information“ mit Leben.

Mit der Bestellung zur Institutsleiterin nahm auch die wissenschaftliche Abteilung „Cluster-basierte Materialien“ von Prof. Dr. S. Dehnen ihre Arbeit auf. Mit Mitteln des Gottfried Wilhelm Leibniz-Preises der Deutschen Forschungsgemeinschaft und einem Advanced Grant des European Research Council (ERC) wuchs die Abteilung im Jahr 2023 nochmals an. Da der Schwerpunkt der Forschung von Prof. Dehnen im Bereich der Synthesechemie liegt, reichte die Anzahl der Chemiearbeitsplätze im Gebäude 640, in dem noch immer Mitarbeitende des IQMT untergebracht sind, nicht aus. Deshalb wurde seit Mitte 2022 ein Interimsgebäude geplant, das 2023 errichtet wurde und im ersten Quartal 2024 in Betrieb gehen wird. Damit soll für die nächsten fünf Jahre die Unterbringung der Arbeitsgruppe und die Realisierung der Forschungsaktivitäten sichergestellt werden. Langfristig ist ein IQMT-INT-Neubau geplant, um die Forschungstätigkeiten der Abteilung Dehnen auch in Zukunft zu gewährleisten und die enge und erfolgreiche Zusammenarbeit mit dem IQMT fortsetzen zu können.

Im Januar 2023 wurde Prof. Dr. B. Nestler als Abteilungsleiterin an das INT angebunden. Die Abteilung „Microstructure Simulations“ ist eine große Verstärkung des INT für die Aktivitäten in den Programmen MTET und MSE. Die Abteilung ist sehr aktiv im Bereich Data Science und Data Management und Prof. Dr. B. Nestler ist im Exekutivkomitee der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur NFDI4Ing.

Die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses unter besonderer Berücksichtigung von Gender- und Diversity-Aspekten ist ein erklärtes Ziel des INT. Dr. Jens Bauer (Emmy-Noether-Gruppe „Nanoarchitected Metamaterials“) wurde im Jahr 2023 zum Juniorprofessor berufen. Dr. Maryna Meretska erhielt die Zusage der DFG für eine Emmy-Noether-Gruppe „Holografische Videoanzeige in Echtzeit: Meta-SLM“ und wird das INT ab Januar 2024 verstärken. Im Dezember 2023 erhielt Dr. Pierre Picchetti vom Fonds der Chemischen Industrie (FCI) die Zusage für ein Liebig-Stipendium zur Finanzierung einer Nachwuchsgruppe. Im Jahr 2023 waren insgesamt sechs Abteilungsleiterinnen und fünf Gruppenleiterinnen am INT tätig.

Die beiden am KIT etablierten DFG-Exzellenzcluster „3D Matter Made to Order (3DMM2O; Sprecher: Prof. Dr. M. Wegener)“ und „Energy Storage Beyond Lithium“ (POLiS; Sprecher: Prof. Dr. M. Fichtner) haben starke INT-Beteiligung. Auch an der Skizze, die im Rahmen der neuen DFG-Förderlinie Exzellenzcluster zur Antragstellung aufgefördert wurde, „Chemisches Design von Quantenarchitekturen“ (Chem4Quant), ist das INT mit dem Sprecher Prof. Dr. M. Ruben entscheidend beteiligt. Im Januar 2023 nahm der DFG-Sonderforschungsbereich SFB 1573 „4f for Future“ seine Arbeit auf. Von den 18 als Principal Investigators (PIs) an dem Erfolg beteiligten Wissenschaftler-innen und Wissenschaftler stammen sechs aus dem INT (fünf Abteilungsleiterinnen und Abteilungsleiter sowie eine Gruppenleiterin), drei sind Abteilungsleiter am IQMT. Im Oktober 2023 startete das Graduiertenkolleg GRK 2450 „Tailored Scale-Bridging Approaches to Computational Nanoscience“ in die zweite Förderperiode. Sprecher des GRK ist Prof. Dr. M. Elstner, der eine an die Abteilung von Prof. Dr. W. Wenzel assoziierte Gruppe am INT leitet. Prof. Dr. W. Wenzel und Prof. Dr. K. Fink sind als PI an diesem Graduiertenkolleg beteiligt. Im Februar 2023 erhielt Dr. F. Biedermann die Zusage für seinen ERC-Consolidator Grant „SupraSense - Supersensors for Medical Diagnostics“.

## **Längerfristige Kooperationen**

Das INT unterhält langfristige Kooperationen mit nationalen und internationalen Universitäten: Justus-Liebig-Universität Gießen, TU Darmstadt, Universität Ulm/HIU, Universität Heidelberg, Universität Straßburg, Universität Basel, und Queensland University of Technology. Ein Kooperationsvertrag mit der ETH Zürich im Bereich Quantentechnologien baut auf dem von Prof. Dr. Th. Schimmel etablierten „Center of Single Atom Electronics and Photonics“ auf.

Seit vielen Jahren erfolgt mit dem IIT Madras (Chennai, Indien) ein intensiver Austausch von Master-Studierenden und Post-Doktorand/-innen, was durch zahlreiche gemeinsame Publikationen und zwei deutsch-indische Projekte der DFG belegt wird. Auch mit der University of Waterloo (Kanada) erfolgt der Austausch von Master-Studierenden. Es existieren zudem Kooperationen mit Universitäten in China, etwa der Sun Yat-Sen University in Guangzhou.

Unterschiedliche Unternehmen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen sind in zahlreiche wissenschaftliche Forschungsprojekte eingebunden. Der Kooperationsvertrag des KIT mit der BASF SE für BELLA wurde im Jahr 2023 bis Ende 2027 verlängert

### **A.1.4.5.5    *Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE)***

#### **Leitende Person**

Institutsleiter: Prof. Dr. Frank Simon

#### **Kurzdarstellung**

Das IPE erforscht innovative Technologien in den Helmholtz-Programmen Matter and Technologies (MT), Matter and the Universe (MU), Energy System Design (ESD), Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET), Materials Systems Engineering (MSE) und Natural, Artificial and Cognitive Information Processing (NACIP). Mit seinem breiten Anwendungsspektrum nutzt das IPE seine Kompetenzen in der Entwicklung schnellster Datenaufnahmesysteme, im Bau von Detektoren, dem Sensor- und Mikrochipdesign sowie in der Aufbau- und Verbindungstechnik für seine Vorhaben und Kooperationen mit externen Partnern und in internationalen Kollaborationen.

Zum Jahresende 2023 waren im IPE 80 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigt, darunter 33 Akademikerinnen und Akademiker, 20 Ingenieurinnen und Ingenieure sowie 24 Promovierende. Hinzu kamen verteilt über das Jahr ein Gastwissenschaftler, 25 Bachelor- und Masterstudierende, neun DHBW-Studierende sowie zwei Auszubildende und zwei Praktikanten und 30 studentische und wissenschaftliche Hilfskräfte (HiWis).

Nachfolgend werden ausgewählte Beiträge zu den verschiedenen Programmen dargestellt.

#### **Programm MT**

Das Programm MT und insbesondere das Thema „Detektortechnologie und -systeme“ (DTS) ist das wichtigste Forschungsgebiet des IPE. Das Institut unterstützt MT durch vielfältige Drittmittelprojekte und hat im Programm wichtige Koordinationsaufgaben übernommen. Weltweit einzigartige Elektroniksysteme des IPE tragen zur internationalen Sichtbarkeit des KIT bei. So ist am Karlsruher Forschungssynchrotron KARA mit im IPE entwickelten Instrumenten zur Strahldiagnose die tomographische Rekonstruktion der Verteilung von ultrarelativistischen



Elektronenpaketen gelungen. Weitere Systeme, wie eine THz-Kamera, sind in der Entwicklung.

Die vielkanalige Auslese eines auf magnetischen Mikrokalorimetern (MMC) basierendem Detektorarrays mittels eines Mikrowellen-SQUID-Multiplexers und einer selbst-entwickelten, Software-defined Radio (SDR)-Ausleseelektronik wurden demonstriert. Darüber hinaus haben Detektorsimulationen in einer Zusammenarbeit zwischen deutschen und argentinischen Forschern gezeigt, dass auf MMC-Technologie basierende Bolometer zur Messung der Polarisierung der kosmischen Hintergrundstrahlung (CMB) im QUBIC geeignet sind. Darauf aufbauend wurden experimentelle Arbeiten mit dem Ziel begonnen, solche magnetischen Mikrobolometer für CMB-Polarisationsmessungen einzusetzen. Ein erster Doktorand des Doppelpromotionsprogramms mit Argentinien hat seine Arbeit vor Mitgliedern der Fakultäten beider Länder verteidigt. Eine weitere Anwendung von MMCs ist die Energiebestimmung im Experiment DELight, welches in superfluidem  $^4\text{He}$  nach Ereignissen mit leichter dunkler Materie sucht.

Für das CMS High Granularity Calorimeter (HGCal), einem neuen Detektor für das Phase II Upgrade der LHC Experimente, wurde die Auslekette für die „SiPM-on-tile“ Sektion demonstriert. Hierbei kommt das maßgeblich am IPE entwickelte Serenity DAQ-Board zum Einsatz, das auch für das Upgrade des CMS-Spurdetektors sowie für das Level-1-Triggersystem zentral ist. Dieses Board wurde weiterentwickelt und steht jetzt am Beginn der Vorproduktion. Die Erweiterungen der Aktivitäten des Instituts im CMS Upgrade auf das HGCal hat die Sichtbarkeit des IPE in der Hochenergiephysik weiter erhöht.

Das ASIC- und Detektorlabor (ADL) des IPE hat eine Vielzahl von HVCMOS-Sensoren und ASICs in TSI 180 nm Technologie entwickelt. So wurde der Sensor TelePix mit einer aktiven Fläche von  $1 \times 2 \text{ cm}^2$  und einer Pixelgröße von  $25 \text{ }\mu\text{m}$  für die Trigger-Ebene des DESY Beam-Teleskops entwickelt und hergestellt. Testmessungen haben die spezifizierte Zeit- und Ortsauflösung bestätigt. Auch die neue Version des ASICs zur Steuerung der DePFET-Sensormatrix des Belle-II-Pixeldetektors (genannt SWITCHER) wurde hergestellt, erfolgreich getestet und im Experiment in Betrieb genommen. Außerdem wurde der Sensor HitPix mit integrierter Elektronik für das Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT) entworfen und seine Auflösung und Auslese optimiert. Derzeit wird ein Strahlmonitor mit diesen Sensoren in einer  $5 \times 5$  Matrix aufgebaut.

Der Pixelsensor AstroPix3 für das Compton-Teleskop der NASA wurde getestet und der Nachfolge-Chip AstroPix4 entwickelt und produziert. Ein ähnlicher Sensor soll auch in Detektoren des Elektron-Ionen-Speicherrings (EIC) Anwendung finden.

Im Projekt Silizium-Photonik wurden zwei optische Demonstratoren aufgebaut, einer davon mit herkömmlicher Faser-Chip-Kopplung (basierend auf Glas-V-Gruben-Chips) und dünnen Glasinterposern zur Höhenanpassung des photonischen Chips. Im neu entwickelten zweiten System werden Faserhalter verwendet, die in hoher Auflösung im 3D-Druck hergestellt werden, sodass kein zusätzlicher Interposer notwendig ist. Ferner hat die Firma imec auf ihrer „50 GHz Photonic Platform“ den vom IPE entwickelten Chip produziert, mit dessen Charakterisierung bereits begonnen wurde.

Das IPE hat sein Portfolio an universellen DAQ-Modulen für Anwendungen mit höchsten Datenraten um das Modul DTS-100G erweitert. Das gemeinsam mit DESY entwickelte Modul realisiert ein heterogenes Multiprozessor-System auf einem (FPGA-)Chip und ist für das ECHO-Experiment mit 100.000 Kanälen vorgesehen.

Im Projekt TANGERINE entwickelt IPE strahlenharte Technologien für zukünftige LHC Experimente. Neben bereits produktionsreifen Low Gain Avalanche Dioden (LGADs) mit 20 ps Zeit- und  $25 \text{ }\mu\text{m}$  Ortsauflösung wurden auch CMOS-Transistoren in 22 nm Fully Depleted Silicon-

On-Insulator (FDSOI)-Technologie untersucht, welche auch in kryogener Elektronik verwendet werden können.

Im EU-Projekt ALCYONE wird ein Dosimeter für Weltraumanwendungen zusammen mit anderen Gruppen entwickelt. Im Jahr 2023 hat IPE eine Detektor- und eine DAQ-Auslesekarte für die Timepix 3/4 Familie aufgebaut und eine erste Version der Auslesefirmware fertiggestellt.

Im EIC-Pathfinder-Projekt QUSTom hat das IPE einen 3D-Ultraschall-Computertomographen aufgebaut und dem spanischen Partner für eine klinische Studie zur Verfügung gestellt. Im TT-Projekt mit dem chinesischen Industriepartner wurden die Arbeiten an dem gemeinsamen Prototyp abgeschlossen. Jetzt wird die Entwicklung eines kommerziellen Modells angestrebt.

#### Programm MU

Im Jahr 2023 hat das KATRIN-Experiment mit 240 statt 210 Messtagen die Planung deutlich übertroffen, auch dank der Beiträge des IPE in den Bereichen Datenerfassung, IT-Infrastruktur, Detektorelektronik, Magnetfeldüberwachung, Steuerungstechnik und Hochspannungstechnik. Neben Verbesserungen in diesen Bereichen und der regelmäßigen Wartung stand die Weiterführung der Entwicklung der Datenaufnahme für den TRISTAN-Detektor zur Suche nach sterilen Neutrinos im Zentrum der Aktivitäten. Größtes Arbeitspaket war das „Tile Main Board“ mit seinen Submodulen und der zugehörigen Kontrolltechnik. Dazu passend wurden neueste Netzwerktechnologien wie der neue AF-XDP Linux-Netzwerk-Stack evaluiert, um eine Ethernet-basierte Datenaufnahme mit Datenraten von über 100 Gb/s zu realisieren. Ein Prototyp erreichte bereits eine über 90-prozentige Ausnutzung der Netzwerkverbindung. Weiterhin wurden neue Technologien auf ihre Eignung für Datenmanagement und -analyse bei KATRIN untersucht: Zeitserien-Datenbanken haben Leistungsvorteile für Slow-Control-Daten, ein ChatGPT-unterstützter Datenanalyse-Client hat seine Machbarkeit bewiesen und schließlich wurde die Funktionalität der personalisierbaren, webbasierten Statusvisualisierung BORA erweitert und als open-source Code veröffentlicht.

Die für die Erweiterung des Pierre Auger Observatoriums entwickelte Elektronik wurde in allen 1660 Oberflächendetektoren installiert. Der italienische Hersteller der sogenannten UUB-Platinen hat dabei das Testsystem des IPE zur Inbetriebnahme benutzt. Auch die schrittweise Erneuerung der Computer- und Netzwerkinfrastruktur der Fluoreszenzteleskope wurde im ersten Gebäude erfolgreich durchgeführt; die übrigen drei Gebäude folgen in Kürze.

#### Programm ESD

Im Programm ESD hat das IPE spezifische Smart-Meter an einer Vielzahl von Maschinen zur Herstellung elektronischer und mechanischer Komponenten installiert und erfasst kontinuierlich die Verbrauchsdaten dieser Maschinen. Erste Konzepte zum Energiemanagement basierend auf KI-Methoden wurden entwickelt und die Ergebnisse publiziert.

#### Programm MTET

Die Arbeiten an einem hoch-effizienten, bidirektionalem Ladesystem für elektrische Fahrzeuge haben gezeigt, dass Lade- und Entladevorgänge mit Leistungen bis 20 kW mit 98 % Effizienz möglich sind. Das Potential der Technik und technische Ergebnisse wurden auf verschiedenen Konferenzen vorgestellt und veröffentlicht.

#### Programm MSE

Unser OpenSource-Programm „Echelle Layout Program 2“ zur Erstellung von monolithisch integrierten, optischen Gittermultiplexern wurde weiter verbessert und veröffentlicht. Zur Faser-Chip-Kopplung wurden neuartige Faserhalter entwickelt und im hochauflösenden 3D-Druck gefertigt. Darüber hinaus wurde die Ansteuerung des elektrischen Modulatortreibers weiterentwickelt und steht kurz vor der Inbetriebnahme.

### Programm NACIP

Das IPE entwickelt im Programm NACIP intelligente Auslese- und Kontrollsysteme für supraleitende Qubits. Verbesserungen an unserer Kontroll- und Ausleseplattform „Quantum Interface Controller“ (QIC) haben die simultane Ansteuerung und Auslese mehrerer Qubits – skalierbar über mehrere Platinen hinweg – ermöglicht. Die zusätzliche Erweiterung des zulässigen Frequenzbereichs von 4 GHz auf jetzt 8 GHz, der von neu entwickelter Elektronik mit aktuellsten FPGAs der AMD RFSoc-Familie unterstützt wird, wird zukünftig die Gesamtzahl der Qubits in den Projekten QSolid und QBriqs erhöhen.

### **Strategische Ereignisse**

Am IPE ist ein Labor für Auslese- und Kontrollelektronik von kryogene supraleitende Quantensysteme eingerichtet worden. Mit hochwertigen Messinstrumenten und einem  $^3\text{He}$ - $^4\text{He}$ -Misch-Kryostaten bietet das neue Labor eine einzigartige Infrastruktur zum Test und Entwickeln von Systemen mit 1.000 und mehr Kanälen.

Der Maschinenpark des Entwicklungs- und Fabrikationszentrums für Hochauflösende Supraleitende Sensoren (HSS) ist 2023 vollständig beauftragt worden. Die ersten Maschinen wurden geliefert, in Betrieb genommen und befinden sich bereits im Einsatz. Die Einrichtung wird gemeinschaftlich vom Institut für Mikro- und Nanoelektronische Systeme (IMS) unter Leitung von Prof. Dr. Sebastian Kempf und vom IPE betrieben. HSS ist als Teil einer übergreifenden Infrastruktur von externen Experten hervorragend begutachtet worden. Nach Umzug in das im Bau befindliche KCOP wird die volle Produktionsfähigkeit von HSS erreicht werden.

### **Längerfristige Kooperationen**

Das IPE kooperiert in sechs Helmholtz-Programmen mit zahlreichen Partnern im KIT und mit anderen Helmholtz-Zentren. Durch die Mitgliedschaft in internationalen Kollaborationen wie Auer, Belle II, CBM, CMS, PANDA und KATRIN bestehen Kooperationen mit deutschen und europäischen Universitäten sowie zu etwa 100 Institutionen auf internationaler Ebene in zahlreichen Ländern, insbesondere in Argentinien, England, Frankreich, Italien, in den Niederlanden und in den USA. Zudem waren im Jahr 2023 Forschende des IPE in zentralen Rollen an der Gründung neuer internationaler Detektor R&D Kollaborationen in der Teilchenphysik zur Implementierung der ECFA Detektor R&D Roadmap beteiligt, insbesondere im Bereich Elektronik und Kalorimetrie.

Längerfristige Industriekooperationen bestehen im Bereich der Leistungselektronik mit den Firmen Schaeffler (Herzogenaurach) und 3-5 Power Electronics (Dresden). Das TT-Projekt mit dem 3D-USCT besteht mit der Firma Zhejiang Equilibrium Nine Medical Equipment (Hangzhou, China).

#### **A.1.4.5.6 Institut für Photonenforschung und Synchrotronstrahlung (IPS)**

##### **Leitende Personen**

Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach, Prof. Dr. Clemens Heske

##### **Kurzdarstellung**

Das Institut für Photonenforschung und Synchrotronstrahlung (IPS) betreibt methodische Forschung und instrumentelle Entwicklungen zu Röntgentomographie, -spektroskopie und -streuung unter Nutzung und Weiterentwicklung der Synchrotronstrahlungsmessplätze und der Laborinfrastruktur an der KIT Light Source und an Synchrotron-Facilities weltweit. Dabei liegt der Fokus auf in situ, operando und in vivo (Hochdurchsatz-)Verfahren zur Charakterisierung von Materialien, Bauteilen und kleinen Organismen, sowie von technologischen und biologischen Prozessen mit hoher Relevanz, insbesondere in den Material- und Lebenswissenschaften, ausgerichtet auf die Forschungsschwerpunkte des KIT (z.B. im Kontext von Energie- und Informationstechnologien) und auf die Aktivitäten des KIT in den Helmholtz-Programmen. Im Rahmen des Helmholtz-Programms „From Matter to Materials and Life“ (MML) konzentrieren sich Forschung und Entwicklung am IPS auf die Research Topics „Materials – Quantum, Complex and Functional Materials“ und „Life Sciences – Building Blocks of Life: Structure and Function“. Das IPS kooperiert hierbei mit anderen Instituten des KIT, mit Partnern in Verbundprojekten, mit führenden regionalen, nationalen und internationalen Forschungseinrichtungen der Grundlagenforschung und der angewandten Forschung sowie mit nationalen und internationalen Industriepartnern.

Die Forschungsaktivitäten des IPS sind eng mit der universitären Lehre und Forschung der KIT-Fakultäten für Physik und Chemie & Biowissenschaften sowie weiterer Universitäten verknüpft und erlauben Studierenden verschiedener Fachrichtungen bereits im Bachelorstudium, im Masterstudium und als Promovierende die frühe und intensive Einbindung in ein internationales Forschungsumfeld. Ein besonderer Fokus des IPS liegt auf dem Erhalt und der Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Exzellenz und technischen Kompetenz der Forschungsanwendung von Synchrotronstrahlung zur Charakterisierung der Eigenschaften von Bauteilen, Materialien und Geweben, nebst der dazu notwendigen interdisziplinären Ausbildung und Weiterentwicklung seiner Mitarbeitenden.

##### **Highlights der Forschung**

Warum sind  $\text{Cu}(\text{In,Ga})(\text{S,Se})_2$ -Dünnschichtsolarzellen mit  $\text{Zn}(\text{O,S})$ -Puffer so gut?

In einer Zusammenarbeit mit der AVANCIS GmbH, der University of Nevada, Las Vegas (UNLV) und dem Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) konnten Forschende des KIT mit einer Kombination verschiedener spektroskopischer Techniken ein detailliertes Bild der chemischen und elektronischen Eigenschaften an der  $\text{Zn}(\text{O,S})/\text{CIGSSe}$ -Grenzfläche zeichnen. Diese Studie ist wichtig für die weitere Entwicklung dieser wichtigen Dünnschichttechnologie, die ein großes Potenzial für die Zukunft der erneuerbaren Energien hat.

(D. Hauschild et al., *Chemical and Electronic Structure at the Interface between a Sputter-Deposited  $\text{Zn}(\text{O,S})$  Buffer and a  $\text{Cu}(\text{In,Ga})(\text{S,Se})_2$  Solar Cell Absorber*, Solar RRL 7, 2201091 (2023), DOI: 10.1002/solr.202201091).

Einfluss der Struktur von Pd/a-Ge-Doppelschichten auf elektronische Kontakt-Eigenschaften  
In-Situ-Synchrotronmethoden, wie sie am KIT im Programm MML weiterentwickelt werden, eignen sich optimal zur Untersuchung von Kristallwachstumsprozessen an Grenzflächen. Mit

einem Portfolio simultaner, synchrotronbasierter und komplementärer Echtzeitmethoden konnten die mikrostrukturellen Ursprünge der Widerstandsentwicklung während der Pd/a-Ge Kontaktbildung identifiziert und ein Zusammenhang zwischen Phasen- und Mikrostruktur-Bildung während der Abscheidung und der durch Tempern induzierten Festkörperreaktion hergestellt werden. Der Zugriff auf Struktur und elektronische Eigenschaften auf der Nanoskala in Echtzeit eröffnet neue Zugänge für die wissenschaftsbasierte Bildung ultradünner Metall/Halbleiterkontakte.

(B. Krause et al., *In Situ Study of the Interface-Mediated Solid-State Reactions during Growth and Postgrowth Annealing of Pd/a-Ge Bilayers*, ACS Appl. Mater. Interfaces **15**, 11268 (2023), DOI: 10.1021/acsami.2c20600).

#### Dosiseffiziente Röntgenbildgebung

Röntgenbildgebung strahlenempfindlicher Proben stellt aufgrund der deponierten Strahlendosis eine Herausforderung dar. Insbesondere steigt die benötigte Dosis mit zunehmender Auflösung. Eine Forschungsgruppe am KIT hat eine Methode entwickelt, welche *gleichzeitig* hohen Bildkontrast, hohe Dosiseffizienz und hohe Ortsauflösung realisiert. Mit der dosiseffizienten Bildgebung konnte nun erstmals *in vivo* das Verhalten und die Morphodynamik von parasitoiden Erzwespen in ihrem Wirt beobachtet werden.

(R. Spiecker et al., *Dose-efficient in vivo X-ray phase contrast imaging at micrometer resolution by Bragg magnifiers*, Optica **10**, 1633 (2023), DOI: 10.1364/OPTICA.500978).

### Strategische Ereignisse

In einer Anfang 2023 durchgeführten Evaluierung der Infrastruktur KARA durch internationale Expertinnen und Experten wurden dieser herausragende F&E-Arbeiten mit höchster strategischer Relevanz und international sehr guter Vernetzung bescheinigt. Als eine Folge der Evaluierung wurde der Weiterbetrieb der KIT Light Source in PoF IV und PoF V vom Präsidium des KIT bestätigt.

Im Rahmen der Langzeit-Kooperation mit der University of Nevada Las Vegas (UNLV) und weiteren U.S.-Institutionen konnten M. Blankenship (UNLV) und R. Daneshpour (Penn State) jeweils einen mehrwöchigen Forschungsaufenthalt am KIT durchführen. Zwischen KIT und UNLV existiert bereits seit Jahren eine enge Kooperation auf dem Gebiet der Forschung an energierelevanten Materialien, u.a. für die Photovoltaik, solares Wasserspalten und Katalyse. Während längerer Forschungsaufenthalte entwickelten Forschende, Promovierende und Post-docs des KIT neue Methoden und Experimentierstationen an weltweit führenden Photonen-Großgeräten in Hamburg, Grenoble und Berkeley.

Wespen sind Indikatororganismen für Ökologie und Klimawandel. In Zusammenarbeit mit dem KIT zeigte das Naturkundemuseum Stuttgart (SMNS) die Ausstellung „Museum spezial – Die Anderen Wespen“, in deren Mittelpunkt auch Synchrotron-Ergebnisse des KIT als Ausgangspunkt u.a. für die Entdeckung einer neuen Wespenart und die Untersuchung einer sehr ungewöhnlichen „Geweihwespe“ standen. Hunderte Wespen des SMNS wurden mit Synchrotron-Tomografie in 3D analysiert. In der Ausstellung wurden auf Tomographiedaten basierende interaktive VR-Modelle und realistische, überlebensgroße Exponate präsentiert. Mit einer weiteren, am KIT neu entwickelten, dosis-effizienten Röntgentechnik konnte erstmals in Röntgen-Videos das Verhalten von winzigen parasitoiden Wespen in ihren Wirten (Motteneiern) und während des Schlüpfens beobachtet und in der Ausstellung gezeigt werden. Die Ergebnisse von SMNS und KIT fanden breites Echo bei Experten und in der Öffentlichkeit (Beiträge in SWR2 (6.4.2023), 3Sat NANO (13.4.2023), Tagesthemen (26.4.2023), SWR Wissen (27.4.2023), tagesschau.de (27.4.2023) und Physik Journal (2/2024)).

Im Jahr 2023 konnten am KIT die BMBF-Verbundprojekte KI-Morph und KI4D4E zum gezielten Einsatz von KI-Methoden für die morphologische Röntgenbildgebung und damit zur substanziellen Erhöhung des Beitrags in der Forschung an Großgeräten in den Material- und Lebenswissenschaften eingeworben werden. Daneben konnten in KIT-internen Wettbewerben die Projekte QUASY und die Lehraktivität „Beschleuniger und Synchrotronstrahlung für die Materialforschung“ eingeworben werden. Im Projekt QUASY wird eine universelle, kompakte und modulare Plattform entwickelt, die den Betrieb eines magnetischen Mikrokalorimeter-basierten Spektrometers an mehreren Strahlrohren der KIT Light Source erlaubt.

### **Längerfristige Kooperationen**

Wirtschaft: AVANCIS GmbH, Vifor International AG (Schweiz).

Hochschulen: Adam Mickiewicz University Poznań (PL), Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Charles University Prag (Tschechien), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Imperial College London (UK), MINES ParisTech (Frankreich), Pennsylvania State University (USA), Rensselaer Polytechnic Institute (USA), Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Technische Universität Darmstadt, Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern, Universität Duisburg-Essen, Universität Hohenheim, Universität Passau, Universität Stuttgart, University of Arkansas (USA), University of Nevada Las Vegas (USA), University of New Hampshire (USA), University of Poitiers (Frankreich).

Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen: Advanced Light Source (USA), European Synchrotron Radiation Facility (Frankreich), Fondazione Bruno Kessler (Trento, Italien), Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., Helmholtz-Zentren Berlin, DESY, Jülich und hereon, Institut Laue-Langevin (Frankreich), Institute of Entomology ASCR (CZ), Institute of High Pressure Physics UNIPRESS (Polen), Julius-Kühn Institut - Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Leibniz-Institut für Kristallzüchtung Berlin, LWL-Museum für Naturkunde Münster, National Institute of Standards and Technology (USA), Okinawa Institute of Science and Technology Graduate University, Société civile Synchrotron SOLEIL (Frankreich), die Staatlichen Museen für Naturkunde Karlsruhe SMNK und Stuttgart SMNS, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg ZSW.

## **A.2 Programmanteile des Zentrums (LK I und LK II)**

### **A.2.1 Überblick zum Forschungsbereich Energie**

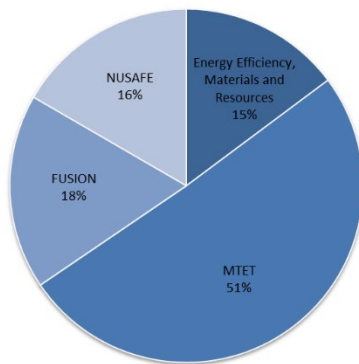
#### **A.2.1.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Senat**

Siehe Anhang.

#### **A.2.1.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich**

Zum Start der PoF IV erfuhr der Forschungsbereich (FB) eine teilweise Umstrukturierung. Er besteht nun aus vier Programmen mit 13 Topics, Partner hierbei sind die Zentren FZJ, KIT, DLR, HZB, HZDR und IPP. Das KIT ist an allen vier Programmen (in zehn Topics) beteiligt. Die Programme Energy System Design (ESD), Fusion, Materials and Technologies for Energy Transition (MTET) und Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research (NUSAFE) arbeiten sowohl an den technologischen wie auch gesellschaftlichen Lösungen zur umfassenden Realisierung der Energiewende und der nachhaltigen Energieversorgung. Die Kompetenzen des KIT umfassen hierbei die gesamte Kette der (erneuerbaren) Energiegewinnung, Umwandlung und Verteilung bis zur gesellschaftlichen Integration. Zusätzlich sind Nukleare Entsorgung und Sicherheit sowie Fusionsforschung Teil des Portfolios. Das KIT betreibt mit dem Energy Lab 2.0 eine in Europa einzigartige Infrastruktur, die als integrierte Technologie- und Systemplattform die Erforschung und experimentelle Erprobung neuer Ansätze und leistungsfähiger Werkzeuge für die Stabilisierung der Netze ermöglicht. Somit nimmt das KIT im Forschungsbereich eine führende Rolle ein. 2023 wurde am KIT im Zusammenwirken mit den Partnerzentren in drei Workshops intensiv an der Aufstellung für die kommenden PoF V gearbeitet (s. hierzu auch Kap. A.1.2.1). Durch den Wechsel von Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka in die Position des Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft im Sommer 2023 ist das Amt des Vizepräsidenten des Forschungsbereichs an Prof. Dr. Bernd Rech (HZB) übergegangen. Das Helmholtz Energy Office ist jedoch weiterhin am KIT angesiedelt und unterstützt den neuen Helmholtz-Vizepräsidenten Energie und das gesamte Management Board Energy in bewährter Weise.

**Programmanteile des KIT im FB Energie**



**Anteile des KIT am FB Energie**

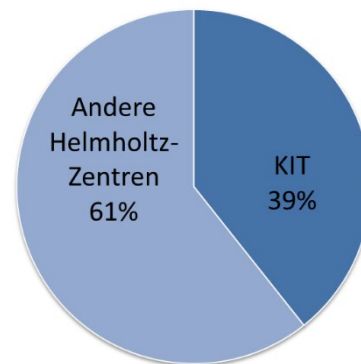


*Abbildung 1: Programmanteile des KIT im Forschungsbereich Energie.  
Da das IPP nur noch assoziierter Partner der Helmholtz-Gemeinschaft ist, hat das KIT einen größeren Anteil am FB Energie in der PoF IV.*

Unter dem Titel „Tackling the Global Challenges for the Energy Transition“ traf sich der Forschungsbereich am 12.-13. Juni 2023 in Koblenz zur ersten Helmholtz Energy Konferenz. Die vom Helmholtz Energy Office organisierte, Helmholtz-interne Konferenz bot über 330 Forschenden aus den beteiligten Helmholtz-Zentren sowie Kooperationspartnern aus den anderen Forschungsbereichen die Möglichkeit, in interdisziplinären wissenschaftlichen Sessions gemeinsam die Herausforderungen und jüngsten Fortschritte der Energieforschung zu diskutieren sowie sich weiter zu vernetzen. Forschende des KIT beteiligten sich intensiv auf allen Ebenen der Veranstaltung, von der Postersession über Vorträge und Paneldiskussionen ebenso wie am Kick-off-Meeting zum Start der strategischen Aufstellung für die PoF V, das in Verbindung mit der Konferenz ebenfalls in Koblenz stattfand.

Die Erstellung einer Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR) als Instrument für die strategische Forschungsplanung in Helmholtz Energy wurde fortgesetzt. HETR soll als technologieoffene Roadmap die Energiewende mit Fokus auf Treibhausgasneutralität 2045 (Deutschland) bzw. 2050 (Europa, global) adressieren und basiert auf veröffentlichten nationalen und internationalen Energieszenarien sowie auf Szenarien aus dem Programm ESD. Sie zeigt Herausforderungen entlang möglicher Transformationspfade auf und gibt einen strukturierten Überblick über Lösungen und Beiträge seitens der Energieforschung. Damit soll sie als Informations- und zentrales Strategieinstrument zur dynamischen Weiterentwicklung und Ausrichtung der Forschung von Helmholtz Energy beitragen. Die Energieforschenden des KIT sind in die Arbeit an HETR nach wie vor intensiv eingebunden, zum einen über das am KIT koordinierte Programm ESD, zum anderen in die Arbeit der einzelnen Fachgruppen. Die HETR hat inzwischen nach mehreren Feedbackschleifen durch die Programme ESD, MTET und Fusion einen Stand erreicht, in dem sie als einer von mehreren Inputs im Rahmen des nun begonnenen POF-V-Strategieprozesses in Helmholtz Energy verwendet wird.

Auch im dritten Jahr der PoF IV war die Energieforschung des KIT mit den vier sogenannten „Zeitenwendeprojekten“ befasst, die 2022, als eine Antwort der Helmholtz-Energieforschung auf die Anforderungen der beschleunigten Energiewende insbesondere infolge des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine, über eine Finanzierung durch Paktrestmittel in Höhe von insgesamt 25 Mio. Euro starten konnten. In diesen Projekten bündelt die Helmholtz-Forschung ihre Erkenntnisse und wird sie Politik und Gesellschaft für die Bewältigung der (Energie-)krise zur



Verfügung stellen. Das KIT ist an allen vier Projekten beteiligt; zwei davon werden in Federführung am KIT koordiniert, zum einen die „Helmholtz-Plattform zum Design robuster Energiesysteme und Rohstoffversorgung“ (RESUR) und zum zweiten die „Geotechnologien für eine Zeitenwende in der Energieversorgung in Deutschland“ (GEOZeit). Als Partner ist das KIT an den beiden anderen Zeitenwendeprojekten „Beschleunigter Transfer der nächsten Generation von Solarzellen in die Massenfertigung“ sowie „Rohstoffsicherung durch flexible und nachhaltige Schließung von Stoffkreisläufen“ beteiligt.

Im unter Federführung des KIT in wesentlichen Teilen aufgebauten „Energy Lab 2.0“ wird das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten zukünftiger Energiesysteme erforscht. Die Forschungsplattform umfasst ein großskaliges Reallabor und ein Simulationszentrum. Die bereits existierenden Elemente am „Energy Lab“ („Carbon Cycle Lab“, „Power-to-X Lab“, „Smart Energy System Simulation and Control Center“) sollen künftig um die „Hydrogen Integration Platform“ erweitert werden sowie um das „High Power Grid Lab“ (HPGL), eine Forschungsinfrastruktur der Helmholtz-Roadmap, die 2023 in den Helmholtz-Prozess eingespeist wurde. Die Wasserstoff-Leitprojekte des BMBF („H2Mare“, „TransHyDE“, „AppLHy“ und „H2Giga“), an denen das KIT mitarbeitet, sollen teilweise in die Elemente „Power-to-X Lab“ und „Hydrogen Integration Platform“ am Energy Lab integriert werden.

Die Helmholtz-Energie-Materialcharakterisierungsplattform (HEMCP) vereint eine einzigartige Sammlung von Geräten und Analysemethoden aus sieben Forschungseinrichtungen unter einem virtuellen Dach und bietet damit vielfältige Möglichkeiten für Forschungsfragen zu Materialien und Energietechnologien (Programm MTET, Topics 1, 2 und 4).

Ebenfalls auf dem Gebiet der Energietechnologien ist das KIT an der Helmholtz Energy Materials Foundry (HEMF) beteiligt. HEMF stellt eine große Forschungsplattform für die Synthese, Produktion und Analyse von Energiematerialien für unterschiedliche regenerative Erzeugungstechnologien und für Speichertechnologien dar. Sechs Helmholtz-Zentren (DLR, FZJ, HZB, HZG, HZDR, KIT) arbeiten in diesem interdisziplinären Forschungsverbund zusammen (Programm MTET, Topic 1, 2 und 3).

Im Living Lab Energy Campus (LLEC) will das Forschungszentrum Jülich in Kooperation mit dem KIT am eigenen Beispiel zeigen, wie die energiepolitischen Ziele der Energiewende durch einen systemorientierten Ansatz und die Nutzung innovativer Techniken in einem bestehenden baulichen Umfeld erreicht werden können. Der ganze Forschungscampus wird dabei zu einem großen Experimentierfeld, in dem die Wechselwirkungen zwischen Technik, Energieträgern und Verbrauchern untersucht werden (Programm ESD, Topic 1 und 2; Programm MTET, Topic 1).

### **Energy System Design (ESD)**

Eine der großen weltweiten Herausforderungen unserer Zeit ist die Bereitstellung einer umweltfreundlichen, sicheren und kosteneffizienten Energieversorgung. In Deutschland wird der Umbau zu einem Energiesystem vorangetrieben, das zugleich dem Klimawandel entgegenwirkt, systemtechnologisch zuverlässig ist und eine ökonomisch sinnvolle sowie gesellschaftlich akzeptierte Energieversorgung gewährleistet. ESD nimmt in Helmholtz Energy die systemische Position ein, bereitet dadurch die Grundlagen für die erfolgreiche Transformation des Energiesystems (Topic 1 – Energiesystemtransformation) und entwickelt Lösungen für die systemtechnologischen Herausforderungen und den digitalen Umbau hin zu einem integrierten Energiesystem (Topic 2 – Digitalisierung und Systemtechnologie). Die beiden topicübergreifenden Themen „Open X“ und „Bridging the Granularity Gap“ unterstützen dabei die Kohärenz innerhalb der Programmstruktur. Das Programm erforscht das Design und den Einsatz eines

mehrskaligen Energiesystems. Dies gelingt insbesondere durch die Entwicklung, den Aufbau und die Anwendung einzigartiger, intelligenter Forschungsinfrastrukturen, die durch die Bereitstellung und die gemeinsame Nutzung mit Partnern aus der Industrie auch dem Transfer dienen. Das KIT koordiniert das Programm und ist an beiden Topics beteiligt.

## **Fusion**

Die Erforschung der Fusionsenergiegewinnung hat das Ziel, eine nicht auf fossile Brennstoffe angewiesene, verlässliche und wirtschaftliche Energiequelle zu erschließen. Die Fusionsforschung ist ein Beitrag zur langfristig ausgerichteten anwendungsorientierten Grundlagenforschung im Sinne der Erarbeitung einer weiteren langfristigen Option für die globale Energieversorgung. Fusion stärkt die bedeutende und international anerkannte Position Deutschlands in der Fusionsphysik und der Fusionstechnologie. Zentrale Projekte der Fusionsforschung sind ITER und Wendelstein 7-X. Das Programm besteht aus den Topics „Stellarator Research“, „Tokamak Physics“, „Fusion Technologies and Materials“ und „Plasma-Wall Interactions“. Das KIT ist an einem von vier Programmenthemen, dem Topic „Fusion Technologies and Materials“, beteiligt. In diesem Topic werden am KIT wichtige Technologieentwicklungen für ITER und DEMO vorangetrieben. Das Topic umfasst sämtliche technologische Entwicklungen, die für die Realisierung großer Plasmaphysik-Experimente wie Wendelstein 7-X und Fusionsanlagen wie ITER bis hin zu einem Fusionskraftwerk, insbesondere dem europäischen Fusionsdemonstrationskraftwerk DEMO, notwendig sind.

## **Materials and Technologies for Energy Transition (MTET)**

Ziel des Programms MTET ist es, wesentliche wissenschaftliche Erkenntnisse und zukunftsfähige Technologien für die Energiewende in Deutschland und für die nachhaltige Umgestaltung der Energieversorgung und -nutzung weltweit bereitzustellen. Gestützt auf die Kompetenzen in den Bereichen Physik, Chemie, Material- und Ingenieurwissenschaften, seinen multidisziplinären Ansatz und seine hochentwickelte und umfangreiche Forschungsinfrastruktur erforscht das Programm MTET Prozesse und Technologien in verschiedenen Maßstäben und Stufen der Systemintegration über die gesamte TRL-Skala hinweg. Die Steigerung der Effizienz und Langlebigkeit bei gleichzeitiger Reduktion der Kosten sind bei der Gewinnung, Bereitstellung und effizienten Nutzung erneuerbarer Energie erforderlich. MTET erarbeitet deshalb Optionen, um innovative Materialien und skalierbare Technologien für die Energieversorgung der Zukunft zu entwickeln, die eine Umsetzung in Deutschland wie auch in Exportmärkten erlauben. MTET besteht aus den fünf Topics „Photovoltaik und Windenergie“, „Elektrochemische Energiespeicherung“, „Chemische Energieträger“, „Hochtemperaturtechnologien“ sowie „Ressourcen- und Energieeffizienz.“ Das KIT ist an allen fünf Topics beteiligt.

## **Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research (NUSAFE)**

Auch nach der Beendigung der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung in Deutschland im April 2023 sind die Bewertung und Verbesserung der Sicherheit von Kernreaktoren und der Schutz der Bevölkerung vor Strahlenschäden wesentliche langfristige Aspekte der gesellschaftlichen Vorsorgeforschung – auch vor dem Hintergrund internationaler Entwicklungen auch in benachbarten Ländern. Dabei sind deutsche Expertinnen und Experten und ihre wissenschaftlich-technische Kompetenz in Zukunft weiterhin gefragt. Der sichere Rückbau kerntechnischer Einrichtungen und die sichere Entsorgung radioaktiver Abfälle einschließlich deren tiefeingeologische Endlagerung sind integrale Bestandteile der Energiewende in Deutschland und stellen eine langfristige gesellschaftliche Herausforderung dar. Das KIT bringt dabei

seine Kernkompetenzen in der nuklearen Sicherheits- und Entsorgungsforschung im Rahmen der Beteiligung an den beiden Programmenthemen „Nuclear Waste Management“ und „Reactor Safety“ ein.

### **A.2.1.3 Programmanteil Energy System Design (ESD)**

#### **A.2.1.3.1 Das Programm im Überblick**

##### ***Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich***

Eine der großen weltweiten Herausforderungen unserer Zeit ist die Bereitstellung einer umweltfreundlichen, sicheren und kosteneffizienten Energieversorgung. In Deutschland wird der Umbau zu einem Energiesystem vorangetrieben, das zugleich dem Klimawandel entgegenwirkt, systemtechnologisch zuverlässig ist und eine ökonomisch sinnvolle sowie gesellschaftlich akzeptierte Energieversorgung gewährleistet.

In Helmholtz Energy, dem Forschungsbereich Energie, stellen sich die vier Programme gemeinsam dieser Herausforderung als wissenschaftliche Architekten transformativer Lösungen. Dabei fokussiert sich das Programm Materialien und Technologien für die Energie (MTET) auf die technologische Umsetzung, entwickelt das Programm Fusion eine neue Option für eine sichere, CO<sub>2</sub>-freie Energieversorgung und erweitert das Programm Nukleare Entsorgung, Sicherheit und Strahlenforschung (NUSAFE) die Expertise zur Kernenergie sowie zum Ausstieg aus derselben. Unter Einbindung dieser Arbeiten nimmt das Programm Energiesystemdesign (ESD) innerhalb Helmholtz Energy die systemische Position ein. Dadurch bereitet ESD die Grundlagen für die erfolgreiche Transformation des Energiesystems (Topic 1 – Energiesystemtransformation) und entwickelt Lösungen für die systemtechnologischen Herausforderungen und den digitalen Umbau hin zu einem integrierten Energiesystem (Topic 2 – Digitalisierung und Systemtechnologie). Die beiden topicübergreifenden Themen „Open X“ und „Bridging the Granularity Gap“ unterstützen dabei die Kohärenz innerhalb der Programmstruktur.

Das Programm erforscht das Design und den Einsatz eines mehrskaligen Energiesystems. Für diese komplexe Herausforderung arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der vier Helmholtz-Zentren DLR, FZJ, HZB und KIT sowie des wissenschaftlichen Kooperationspartners IPP aus der Max-Planck-Gesellschaft auf einer breiten Kompetenzbasis interdisziplinär zusammen. Unabhängige, systemische Analysen und die Entwicklung nachhaltiger Transformationspfade ermöglichen ein technisch und ökonomisch umsetzbares sowie gesellschaftlich akzeptiertes Energiesystem. Dazu werden Methoden und Technologien für das Design und die Nutzung resilienter, dezentraler und integrierter Energiesysteme erforscht. Dies gelingt insbesondere durch die Entwicklung, den Aufbau und die Anwendung einzigartiger, intelligenter Forschungsinfrastrukturen, die durch die Bereitstellung und die gemeinsame Nutzung mit Partnern aus der Industrie auch dem Transfer dienen.

## Programmstruktur

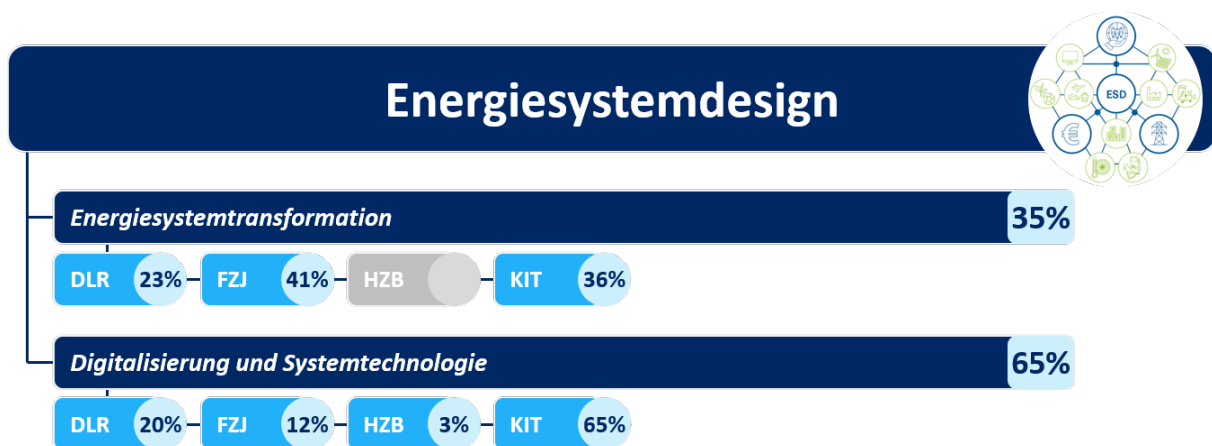


Abbildung 2: Programmstruktur ESD

Das Programm gliedert sich in

Topic 1: Energiesystemtransformation  
(Sprecher: Dr. Wilhelm Kuckshinrichs, FZJ)

Im Programm „Energiesystemdesign“ widmet sich das Topic 1 „Energiesystemtransformation“ der Transformation des Energiesystems unter der Berücksichtigung ethischer, sozialer, politischer, ökonomischer, technischer und ökologischer Aspekte. Dafür entwickelt und bewertet das Topic 1 nachhaltige Transformationspfade und erstellt quantitative und qualitative Transformationsszenarien für das künftige Energiesystem, die als Basis für politische Entscheidungsträger dienen und in die Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR, ursprünglich Subtopic 1.3) einfließen. Das Topic 1 umfasst die Subtopics „Effective System Transformation Pathways“ (ST1.1) und „Societally-Feasible Transformation Pathways“ (ST1.2).

Topic 2: Digitalisierung und Systemtechnologie  
(Sprecher: Prof. Dr. Veit Hagenmeyer, KIT)

Das Topic 2 „Digitalisierung und Systemtechnologie“ erforscht im Programm „Energiesystemdesign“ Methoden, Modelle und Werkzeuge für Design, Betrieb und Regelung eines integrierten, dezentralen Energiesystems. Die sektorenintegrierten Lösungen basieren auf regionalen Modellen bis zum gekoppelten europäischen Übertragungsnetz, welche *in-silico* durch maschinelles Lernen, künstliche Intelligenz und High Performance Computing ermöglicht werden. Die technische Umsetzbarkeit der vielfältigen Hardware- und Software-Lösungen wird direkt in intelligenten Energiesystemlaboren und Infrastrukturen getestet und integriert. Topic 2 umfasst die Subtopics „Digitalization and Systems Technology for Flexibility Solutions“ (ST2.1), „Design, Operation and Digitalization of the Future Energy Grids“ (ST2.2) und „Smart Areas and Research Platforms“ (ST2.3).

## ***Neue strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen***

### **Integration Gasnetzmodellierung am KIT**

Zur Stärkung der Kompetenzen in den Forschungsthemen Sektorkopplung und Energienetze wurde das Engler-Bunte-Institut (EBI, gemeinsame Institution des KIT und des Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW)) mit seinen Forschungsarbeiten zur Gasversorgung in das Programm integriert. Die Gasnetzmodelle des KIT werden damit hinsichtlich Datenqualität und -tiefe weiterentwickelt, so dass ein zuverlässiges Erdgasnetzmodell für Deutschland verfügbar sein wird, das auch für die Bewertung von Netzmodifikationen durch Teiltransformation in (u.a.) H<sub>2</sub>-Transport(netze) nutzbar ist.

### ***A.2.1.3.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms***

#### **Highlight 1 (Topic 1): Multikriterielle Entscheidungsanalyse (MCDA) für die Nachhaltigkeitsbewertung (DLR, FZJ, KIT)**

Die Helmholtz-weite Zusammenarbeit zum Forschungsthema Multi Criteria Decision Analysis (MCDA) für die Nachhaltigkeitsbewertung von Energietechnologien und -systemen wurde weiter ausgebaut und die weiterentwickelten Ansätze im Rahmen internationaler Workshops vorgestellt und getestet. Auf Basis einer Bestandsaufnahme der Helmholtz-Arbeiten im Bereich MCDA für die Nachhaltigkeitsbewertung<sup>1</sup> wurden als zentrale Forschungsfragen die Auswahl von Kriterien/Indikatoren, die Einbindung von Stakeholdern – insbesondere für die Auswahl und die Gewichtung von Kriterien, - der Einsatz geeigneter MCDA-Methoden und die Weiterentwicklung bestehender Software-Tools identifiziert. Durch die Teilnahme an zwei Workshops der EURO Working Group on Multiple Criteria Decision Aiding wurden wichtige internationale Kontakte geknüpft und methodisches Feedback zu den HGF-Arbeiten gesammelt. Insbesondere wurde ein softwaregestützter Ansatz zur Einbindung von Stakeholdern für die Auswahl und die Gewichtung von Kriterien für die Nachhaltigkeitsbewertung und das mit dieser Zielsetzung weiterentwickelte Helmholtz MCDA-Tool der internationalen Community präsentiert. Um darüber hinaus die Anforderungen an MCDA-Software-Tools für die Nachhaltigkeitsbewertung grundlegend mit internationalen Expertinnen und Experten zu diskutieren und Anregungen für die Weiterentwicklung des Helmholtz MCDA Tools zu erhalten, wurde nach bislang vier Helmholtz-internen Workshops ein erster internationaler Workshop unter Teilnahme externer Expertinnen und Experten (u. a. Leiden University, JRC Ispra, RWTH Aachen, Universität Duisburg-Essen) im Oktober 2023 organisiert. Das Helmholtz MCDA-Tool und das entwickelte Plug-in zur interaktiven Einbindung von Stakeholdern wurden schließlich im Rahmen eines ganztägigen Workshops des EU-Projektes StoRIES im Dezember 2023 mit 40 Teilnehmenden aus unterschiedlichen europäischen Forschungseinrichtungen, Politik und Industrie erfolgreich im Kontext der Nachhaltigkeitsbewertung von Speichertechnologien getestet, was einen wichtigen Schritt für das Erreichen des Meilensteins MS 2.1(= Assessment and decision support tool for the integrative sustainability assessment of technologies, systems and scenarios ready for application) darstellt. Des Weiteren wurden Forschungsarbeiten zur Einbindung von Stakeholder-Präferenzen in Fachzeitschriften veröffentlicht [2, 3, 4]. Darüber hinaus wurden ein Literaturüberblick sowie Anforderungskataloge für die Indikatorenauswahl zur Bewertung von Nachhaltigkeit und Resilienz für MCDAs erarbeitet (z.B. BMWK-Projekte ReMoDigital und SOITec).

- [1] **L. Mesa Estrada, M. Haase, C. Wulf, M. Baumann, W. Zeug, C. Ball, A. Bezama, U. Brand-Daniels, J. Buchgeister, R. Heck, J. Kopfmüller, T. Müller, T. Naegler, M. Oswald, A. Rudi, F. Siekmann** (2022): *MCDA for sustainability assessment – insights to Helmholtz Association activities*, Zenodo, <https://doi.org/10.5281/zenodo.7273635>.
- [2] **C. Wulf, M. Haase, M. Baumann, P. Zapp** (2023): *Weighting factor elicitation for sustainability assessment of energy technologies*, *Sustainable energy & fuels*, 7 (3), 832–847, [doi:10.1039/d2se01170k](https://doi.org/10.1039/d2se01170k).
- [3] **S. Vögele, V. T. Josyabhatla, C. Ball, I. Rhoden, M. Grajewski, D. Rübbelke, W. Kuckshinrichs** (2023): *Robust assessment of energy scenarios from stakeholders' perspectives*, *Energy*, 282, 128326.
- [4] **I. Rhoden, C. S. Ball, M. Grajewski, S. Vögele, W. Kuckshinrichs** (2023): *Reverse engineering of stakeholder preferences – A multi-criteria assessment of the German passenger car sector*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 181, 113352.

## Highlight 2 (Topic 1): Modellierung von Energiesystemen (DLR, FZJ, KIT)

Das Highlight umfasst neue Ansätze zum Modellieren von Energiesystemen sowie zur Kopplung der entwickelten Open-source-Modelle. Die entwickelten Energiesystemmodelle entsprechen höchsten wissenschaftlichen Standards und werden durch zahlreiche hochkarätige und vielzitierte Publikationen [1] begleitet. Die Ergebnisse werden auch zur Politikberatung verwendet. In Zusammenarbeit mit Topic 2 entstand ein umfassendes Meta-Review zum aktuellen Stand der Energiesystemoptimierung, ihren Einsatzmöglichkeiten und methodenimmanenten Mängeln (im Review bei Elsevier). Hierin wurden 64 Reviews, 63 Modell-Frameworks und insgesamt 502 wissenschaftliche Veröffentlichungen zur Energiesystemmodellierung ausgewertet. Auf dieser Basis wurde ein grundlegendes Energiesystemmodell entwickelt, das aus Variablen und Gleichungen besteht, die den meisten optimierungsbasierten Energiesystemmodellen gemein sind, sodass andere Forschende selbst ein Modell-Framework entwickeln können. Darüber hinaus bietet die Arbeit verschiedene Modellerweiterungen auf Grundlage der 502 untersuchten theoretischen Arbeiten zur Optimierung von Energiesystemen. Das Review erörtert ausführlich alternative Modellformulierungen wie MILPs, MIQPs, NLPs, iterative lineare Probleme und Nicht-Konvexität. Darüber hinaus werden verschiedene Ansätze zur Komplexitätsreduktion diskutiert. Zudem wurde von Forschenden aus Subtopic 1.1 im Rahmen der European Energy Research Alliance (EERA) zusammen mit zahlreichen internationalen Partnern ein Vision Paper erarbeitet, das die aktuellen Modelle zur Bestimmung der europäischen Energiepolitik kritisch diskutiert [2]. Die Autorinnen und Autoren argumentieren, dass eine verstärkte Zusammenarbeit zwischen europäischen Forschungsinstituten mit europäischen und nationalen Modellen die Planung der Energiewende durch zusätzliche Erkenntnisse über die Auswirkungen von Entscheidungen auf verschiedene Akteure, Marktmechanismen und Finanzierung beschleunigen könnte. In diesem Zusammenhang werden in Subtopic 1.1 zurzeit wichtige Beiträge zur Open Energy Ontology (OEO) [<https://openenergy-platform.org/ontology/>] erarbeitet, welche die Vernetzung von allen Energiesystemmodellen vereinfachen wird. Hierzu entsteht derzeit ein wissenschaftliches Papier, welches eine exemplarische Anwendung einer vereinheitlichten Datenstruktur für Open-source-Energiesystemmodelle von DLR und FZJ illustriert. Dies wird die Interoperabilität und Datengrundlage von Software in der Energiesystemforschung signifikant verbessern.

- [1] **M. Kleinebrahm, J.M. Weinand, E. Naber, R. McKenna, A. Ardone, W. Fichtner** (2023): *Two million European single-family homes could abandon the grid by 2050*, *Joule* 7 (11), 2485-2510.
- [2] **P. Vingerhoets, P. Jochem, N. Pflugradt et al.** (2023): *EERA vision paper – Towards a more collaborative energy system modelling for addressing Europe's energy transition challenges*. ISBN: 978-2-931174-05-0.

### **Highlight 3 (Topic 2): Meilenstein M1.1 Technical report on the flexibility potentials of buildings, districts, transport and energy-intensive industries (DLR, FZJ, KIT)**

Die Erfüllung des Topic 2 Meilensteins M1.1 war eine gemeinsame Leistung von DLR, FZJ und KIT unter der Leitung des DLR. Der daraus resultierende Fachbericht „Flexibilitätspotenziale und Lösungen für Gebäude, Quartiere, Verkehr und energieintensive Industrien“ wurde auf der Helmholtz Energy Website veröffentlicht. Er gibt einen Rückblick auf die ESD-Topic 2-Aktivitäten bis zum Jahr 2023, indem er die wichtigsten damit verbundenen Arbeiten und Veröffentlichungen zusammenfasst.

Grüner Wasserstoff wird als zukünftiger Energieträger diskutiert, der es ermöglicht, große Mengen an erneuerbarer Energie über verschiedene Zeitskalen zu speichern und diese Energie für verschiedene Sektoren verfügbar zu machen. Insbesondere werden Power-to-Gas-Prozesse als Schlüsseltechnologie zur Erlangung von Flexibilität diskutiert. Darüber hinaus wird die direkte hybride elektrisch-thermische Energiespeicherung am Beispiel eines realen Laborkraftwerks analysiert.

Der Bericht befasst sich ferner mit Flexibilitätspotenzialen und Lösungen für die verarbeitende und die produzierende Industrie, die als große Energieverbraucher eine beträchtliche Nachfragerreaktion bieten können, wenn sie ihre Produktion als Reaktion auf schwankende Stromverfügbarkeit und -preise anpassen können. Lösungen, die auf einer Planungsoptimierung basieren, berücksichtigen zeitliche Abhängigkeiten zwischen Prozessaufgaben, Prozessmaterial- und Energieflüssen sowie lokalen Energieversorgungssystemen.

Besonderes Augenmerk wird auf die nachhaltige Energieversorgung des Wohnsektors gelegt. Mit dem Fokus auf Gebäude- und Quartiersenergiesysteme wird das Flexibilitätspotenzial dieser dezentralen Energiesysteme, die aus verschiedenen Prosumer-Technologien bestehen, quantifiziert und damit eine effiziente Planung und Betriebsführung ermöglicht. Darüber hinaus wird die zunehmende Integration des Strom-, Wärme- und Verkehrssektors auf dezentraler Ebene thematisiert.

Abschließend wird skizziert, wie dezentrale Flexibilitäten durch die Integration von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEVs) und Brennstoffzellen-Elektrofahrzeugen (FCEVs) in das Stromsystem geschaffen werden können. Das kontrollierte Laden von BEVs könnte die Verteilnetze entlasten und Möglichkeiten der Lastverschiebung nutzen, während dezentrale FCEVs als dezentrale Reservekraftwerke dienen könnten.

*C. Agert, M. Dahmen, A. Dyck, M. Frahm, S. Germscheid, K.-H. Häfele, V. Hagenmeyer, N. Jacobs, P. Jochem, M. Kröner, J. Matthes, K. von Maydell, A. Mitsos, M. Mork, D. Müller, A. Ojeda, S. Schlüters, F. Schuldt, M. Vehse, M. Vogelbacher, A. Xhonneux, Fachbericht zum Meilenstein, 2023.*

### **Highlight 4 (Topic 2): Meilenstein M3.1: Provision of validated operating data of the three smart areas (DLR, FZJ, KIT)**

Das erfolgreiche Erreichen des Meilensteins M3.1 ist ein entscheidender Schritt im ESD-Programm. Mit der Bereitstellung von validierten Betriebsdaten für die drei smarten Areale – Energy Lab in Karlsruhe [1], Living Lab Energy Campus (LLEC) in Jülich [2] und DLR NESTEC in Oldenburg [3] – hat dieser Meilenstein eine solide Grundlage für die anstehenden Aufgaben wie Scheduling und Steuerung der Anlagen im smart Areal geschaffen. Die Datensammlung beinhaltet ein umfassendes Spektrum an Parametern, von den lokalen Wetterparametern über die Innenraumklimabedingungen einzelner Gebäude bis hin zum aggregierten Strombezug der gesamten Areale, die über verschiedene Sensoren [4] und Infrastrukturen erfasst wurden. Der erste Einsatz der auf FIWARE basierenden IKT-Plattform erfolgte ab Q4/2023. Ein zentraler FIWARE-Broker wird eingesetzt und ist öffentlich erreichbar. Der Dienst ist geschützt

und nur für die Mitglieder der Helmholtz-Zentren zugänglich. Der Meilenstein wurde auf zwei Arten erreicht: Erstens durch die gegenseitige Bereitstellung von Live-Betriebsdaten über die IKT-Plattform, bei der intuitive Datenvisualisierungstools und Dashboards eingesetzt wurden, um die Zugänglichkeit und das Verständnis zu verbessern. Zweitens durch die Bereitstellung von Nicht-Live-Betriebsdaten ausgewählter Komponenten innerhalb der smarten Areale. Die Bereitstellung dieser Datensätze wird durch die Open-X-Aktivitäten begleitet. Mit Blick auf die Zukunft verlagert sich der Schwerpunkt auf die kontinuierliche Überwachung und die Erkundung von Möglichkeiten zur Skalierung und Replikation dieses Ansatzes auf andere Bereiche in unseren smarten Arealen.

- [1] **Wiegel, F., Wachter, J., Kyesswa, M., Mikut, R., Waczowicz, S., & Hagenmeyer, V.** (2022). Smart Energy System Control Laboratory – a fully-automated and user-oriented research infrastructure for controlling and operating smart energy systems. *At - Automatisierungstechnik*, 70(12), 1116–1133. <https://doi.org/10.1515/auto-2022-0018>.
- [2] **Benigni, A., Xhonneux, A., Carta, D., Pesch, T., & Müller, D.** (2022). On the development of control solutions for local energy communities: An incremental prototyping approach and related infrastructure, *at - Automatisierungstechnik*, 70(12), 1095-1115. <https://doi.org/10.1515/auto-2022-0034>.
- [3] **von Maydell, K., Petznik, J., Behrends, H., Esch, T., Ahmed, M., Rubio, A., Uhse, L., Völker, R., Unglaube, S., Geißendörfer, S., Schuldt, F., & Agert, C.** (2022). The Networked Energy Systems Emulation Center at the German Aerospace Center DLR – bridging the gap between digital simulation and real operation of energy grids. *at - Automatisierungstechnik*, 70(12), 1072–1083. <https://doi.org/10.1515/auto-2022-0019>.
- [4] **Althaus, P., Redder, F., Ubachukwu, E., Mork, M., Xhonneux, A., & Müller, D.** (2022). Enhancing Building Monitoring and Control for District Energy Systems: Technology Selection and Installation within the Living Lab Energy Campus. *Applied Sciences*, 12(7), 3305. <https://doi.org/10.3390/app12073305>.

### **A.2.1.3.3    Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen**

*Das Helmholtz-Team sollte einen verlässlichen Fahrplan für die strategische Ausrichtung des Forschungsbereichs mit gut identifizierten Meilensteinen entwickeln, der es ermöglicht, mit Unterstützung der Gesellschaft und der Wirtschaft die Tragfähigkeit der ausgewählten Optionen zu bewerten.*

ESD ist übergreifend und zentral im Rahmen der Aktivitäten der Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR) tätig. ESD-Teams sind in enger Zusammenarbeit im HETR-Kernteam sowie den HETR-Fachgruppen insbesondere zu grundlegenden Energieszenarien aktiv (ESD-Arbeitsgruppe Szenarien), die im Rahmen eines gemeinsamen Zeitplans abgestimmt und auf methodisch-konsistenter Grundlage definiert jetzt für die HETR zur Verfügung stehen. Die Arbeiten wurden im Oktober 2023 einem Expertenkreis aus mehreren Ministerienvertretungen und nationalen Szenarientwicklerinnen sowie -entwicklern verschiedener Institutionen als ESD-Szenarien vorgestellt.

*Um das Topic „Energiesystemtransformation“ als Dach für den Helmholtz-Forschungsbereich Energie zu etablieren, sollte das Team (1) klarere und ehrgeizigere Ziele und Leistungen formulieren, die gut auf den Zeitplan des Technologieprogramms abgestimmt sind, (2) die Kohärenz und Impact des Arbeitsprogramms durch eine ehrgeizige zeitliche Anpassung der Werkzeugentwicklung verbessern, (3) eine klare Rückkopplungsschleife zu den Technologie-Roadmaps schaffen und (4) benchmarking der Modellentwicklung gegenüber anderer Modellierungsansätze.*



Das Subtopic 1.1 wurde in die Arbeitsgruppen Methoden, Daten und Szenarien neu strukturiert, um den Bedarf an Modellentwicklung und des Modellworkflows zu konkretisieren, Schnittstellen zu identifizieren und Rahmen- und Technikdaten abzustimmen. Insbesondere zu den Technikdaten hat eine intensive Abstimmung mit MTET stattgefunden, sodass überarbeitete Technik-Datensätze mit hohem Grad an Harmonisierung zur Verfügung stehen. Diese Datensätze wurden schon für die Generierung der ESD-Szenarien genutzt. Das Subtopic 1.2 hat die Arbeitsgruppen Integrative Nachhaltigkeitsbewertung, Long Term Governance und Entscheidungsverhalten gebildet. Ansätze zur multikriteriellen Entscheidungsanalyse (MCDA-Ansätze) finden Eingang in die Lebenszyklusorientierte Nachhaltigkeitsbewertung, die Analyse der Energiewende als zielgerichtete langfristige Transformation (Fertigstellung eines Rahmenkonzeptes Long-term Governance) sowie in die Weiterentwicklung von Entscheidungs- und Diffusionsansätzen unter Berücksichtigung von gesellschaftlichen Präferenzstrukturen. Das Instrumentarium wurde genutzt, um für die ESD-Szenarien eine umfassende sozio-technische Folgenabschätzung und Bewertung von Transformationspfaden zu gewährleisten.

Damit ist eine Abstimmung mit dem zentralen Strategiewerkzeug HETR möglich. Die im Jahr 2023 bereitgestellten Szenarien bilden die Grundlage und Referenz für die HETR und dienen weiterhin zur Abstimmung mit dem MTET-Programm. Neben methodischen Weiterentwicklungen für sozio-technische Szenarien und Nachhaltigkeitsbewertung rückten 2023 strategische Herausforderungen der Transformation wie z.B. Net-Zero, CO<sub>2</sub>-Kreislauf oder C-Nutzung stärker in den Vordergrund. Auch das Thema Extremereignisse und Versorgungssicherheit stand im Fokus. Neben polit-ökonomischen Ereignissen (Ukraine-Krieg / siehe RESUR-Projekt) umfasste das Thema auch geo-strategisch motivierte mögliche Materialknappheiten. Zu letzterem Thema konnte ein ERC-Starting-Grant für das Forschungsprojekt MATERIALIZE eingeworben werden (Dr. Heidi Heinrichs, FZJ).

*Das Gremium ermutigt das Team, sich auf regionale Modelle zu konzentrieren, da diese das Potenzial für ein Alleinstellungsmerkmal (Unique Selling Proposition, USP) haben.*

Zur Stärkung der Aktivitäten im Bereich regionale Modelle wurde in der Arbeitsgruppe ESA (Energiesystemanalyse) am IAI die Methodik der automatisierten Modellgenerierung für elektrische Nieder- und Mittelspannungsnetze aus Open Data untersucht und in enger Zusammenarbeit mit den Stadtwerken Karlsruhe validiert [1]. Mit den Stadtwerken Bruchsal und dem Energy Lab wird in einer gemeinsamen Kooperation eine Wohnsiedlung als multimodales Co-Simulationsmodell erstellt. Hierfür wird das Strom- und Wärmenetz inklusive der Anlagen sowie aller Gebäudemodelle mit Gebäudehülle, elektrischer und thermischer Anlagenmodelle, Regler, Nutzerverhalten und Belegungsprofile nachgebildet. Eine Automatisierung der Erzeugung von gekoppelten multimodalen Quartiersmodellen aus Open Data ist in Bearbeitung. In diesem Kontext konnten mit optimierten Vorhersagemodellen – mittels modellprädiktiver Steuerung (MPC) und Grey-Box-Modellen für Gebäudehüllen – Energieeinsparungspotenziale in Quartieren ermittelt werden.

Die Co-Simulationsplattform eCoSim als Teil des IAI-Frameworks eASiMOV [2, 3] wurde in der Helmholtz-Gemeinschaft für die vergleichende Analyse zur Verbesserung der Nachhaltigkeit von auf Kraft-Wärme-Kopplung basierenden Multi-Energie-Systemen mit Photovoltaik, Power-to-Heat und Wärmespeicherung für regionale Modelle eingesetzt [4].

Zur Kopplung regionaler Modelle mit übergeordneten Netzmodellen wurde unter dem Gesichtspunkt der Daten- und Modellsicherheit die IAI-Plattform eASiMOV-eCoSim evaluiert und erweitert.

- Mit einem Machine Learning Ansatz (ML) wird die Zusammenarbeit der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) und Verteilnetzbetreiber (VNB) ohne den Austausch sensibler

Nutzer- und Netzdaten im Verteilnetz (VN) ermöglicht. Hierzu werden lediglich ML-Datenmodelle der Verteilnetze an den ÜNB übergeben, der hiermit seine Prognoseberechnungen mittels OPF erstellen kann [5].

- Ein anderer Ansatz ist die Anpassung der Co-Simulation an eine geographisch-verteilte Lastflussberechnung. Hierbei werden die Berechnungen der Teilnetze (ÜN, VN) mit Hilfe eines Koordinators gekoppelt, wobei keine Modell- und Nutzerdaten ausgetauscht werden. [6] Die Trennung der Netzberechnungen von der geschützten Datenübertragung ermöglicht den universellen Einsatz der Co-Simulationsplattform eCoSim in unterschiedlichen Domänen und für eine Vielzahl von Aufgabenstellungen, bei denen keine Weitergabe von sensiblen Daten aufgrund von urheberrechtlichen Einschränkungen oder Geheimhaltungsvereinbarungen möglich ist. Die Lösung eignet sich für die Zusammenarbeit innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft.
- Die Stabilität und die Korrektheit von Co-Simulationen mit eCoSim wurden in Rahmen einer Studie mit Teilnehmern aus 14 benachbarten Zeitzonen erfolgreich getestet.
- Im Projekt RESUR („Zeitenwende – Energieversorgungssicherheit“) wurden regionale Modelle, Schnittstellen und Software für die Quartiersanalyse entwickelt und für die Kopplung an Transportnetze zur Untersuchung der Auswirkungen disruptiver Ereignisse angepasst.

Für die Beherrschbarkeit der Modellkomplexität von Stromnetzmodellen wurde eine Methode zur topologieerhaltenden Reduktion von Stromnetzmodellen entwickelt [7]. Dies ermöglicht in Kombination mit der Methode der automatisierten Bearbeitung von RSCAD-Modellen [8] die Echtzeitsimulation von Stromnetzen [9] und die Bewertung der Systemdynamik [10]. Im Rahmen eines dreimonatigen Forschungsaufenthalts an der UNC Charlotte (USA, North Carolina) zum Thema „Verteilte Echtzeit-Co-Simulation“ konnten die im BMBF-Projekt Kopernikus ENSURE entwickelten Methoden evaluiert werden [11].

- [1] **Weber, M.; Janecke, L.; Çakmak, H. K.; Hagenmeyer, V.** (2023). *Open Data-Driven Automation of Residential Distribution Grid Modeling with Minimal Data Requirements*. arxiv. doi:10.48550/arXiv.2312.06552
- [2] **Kovacevic, J.; Süß, A.-C.; Çakmak, H. K.; Hagenmeyer, V.** (2023). *Distributed Co-Simulation of Multimodal Energy Systems using eASiMOV (Tutorial 5)*. "Tutorials," 2023 Open Source Modelling and Simulation of Energy Systems (OSMSES), Aachen, Germany, 2023, pp. 1-8, doi:10.1109/OSMSES58477.2023.10089750
- [3] **Kovacevic, J.; Süß, A.-C.; Çakmak, H. K.; Hagenmeyer, V.** (2023). *Introduction to eASiMOV-eCoSim* doi:10.5445/IR/1000159679. *Tutorial als Video mit Untertitel*
- [4] **Erdmann, A.; Marcellan, A.; Stock, J.; Neuroth, D.; Utama, C.; Suriyah, M.; Steinle, S.; Müller, F.; Hering, D.; Francke, H.; Gritzbach, S.; Henke, M.; Pflugradt, N.; Çakmak, H.; Kotzur, L.; Stolten, D.; Leibfried, T.; Müller, D.; Schlatmann, R.; Xhonneux, A.; Hagenmeyer, V.; Ulbrich, C.** (2023). *A comparative co-simulation analysis to improve the sustainability of cogeneration-based district multi-energy systems using photovoltaics, power-to-heat, and heat storage*. *Energy Conversion and Management*, Volume 291, 117226, doi:10.1016/j.enconman.2023.117226
- [5] **Dindar, B.; Saner, C. B.; Çakmak, H. K. & Hagenmeyer, V.** (2023). *TSO-DSO Interaction: Privacy-Preserving Optimal Power Flow with DGs Using a Machine Learning-Based Approach*. *IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC 2023)*, 6th -9th December 2023, Chiang Mai, Thailand (In Print)
- [6] **Dai\*, X.; Kocher\*, A.; Kovacević, J.; Dindar, B.; Jiang<sup>†</sup>, Y.; Jones, C.N.; Çakmak, H. K.; Hagenmeyer, V.** (2024). *Ensuring Data Privacy in AC Optimal Power Flow with a Distributed Co-Simulation Framework*. arxiv, doi:10.48550/arXiv.2402.01001, Accepted at PSCC 2024 (Preprint), \*Shared first authors
- [7] **Weber, M.; Çakmak, H. K.; Kühnapfel, U.; Hagenmeyer, V.** (2023). *A Novel Method for Topology Preserving Static Network Reduction*. 2023 IEEE 11th International Conference on Smart Energy Grid Engineering (SEGE), Oshawa, ON, Canada, 13-15 August 2023, 58–63, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). doi:10.1109/SEGE59172.2023.10274576
- [8] **Weber, M.; Enzinger, J.; Çakmak, H. K.; Kühnapfel, U., Hagenmeyer, V.** (2023). *PyAPI-RTS: A Python-API for RSCAD Modeling*, 2023 Open Source Modelling and Simulation of Energy Systems (OSMSES), Aachen, Germany, 2023, pp. 1-7, doi: 10.1109/OSMSES58477.2023.10089671
- [9] **Kyesswa, M.; Weber, M.; Wiegand, F.; Wachter, J.; Waczowicz, S.; Kühnapfel, U., Hagenmeyer, V.** (2023). *A Digital Framework for Locally and Geographically Distributed Simulation of Power Grids*. *Energy Technology*, Art.-Nr.: 2201186. doi:10.1002/ente.202201186

- [10] **Kyesswa, M.; Çakmak, H. K.; Kühnapfel, U.; Hagenmeyer, V.** (2023) A two-stage parallel hybrid method for power system dynamic security assessment, at - Automatisierungstechnik, <https://doi.org/10.1515/auto-2023-0079>
- [11] **Mehlmann, G.; Kühnapfel, U.; Wege, F.; Winkens, A.; Scheibe, C.; Vogel, S.; Noglik, P.; Gratza, M.; Richter, J.; Weber, M.; Burlakin, I.; Kuri, A.; Wagner, T.; Hubschneider, S.; Poppenborg, R.; Heins, T.; Förderer, K. M.; Ulbig, A.; Monti, A.; Hagenmeyer, V.; Luther, M.** (2023). The Kopernikus ENSURE Co-Demonstration Platform. IEEE Open Journal of Power Electronics. [doi:10.1109/OJPEL.2023.3332515](https://doi.org/10.1109/OJPEL.2023.3332515)

Zusätzlich zu den Übertragungsnetzmodellen auf europäischer oder nationaler Ebene wird derzeit eine Reihe von Verteilungsnetzmodellen entwickelt. Es gibt (a) generische Modelle von MV/LV-Modellen, die halbautomatisch aus geografischen Daten (z.B. Google-Earth, Open-Street-Map, etc.) generiert werden und (b) 110-kV-Modelle, die entweder isoliert oder in Verbindung mit den Übertragungsnetzmodellen simuliert werden können.

Das FZJ-IEK-10 hat eine Hardware in the Loop (HiL) Co-Simulationsumgebung für multimodale Energiesysteme entwickelt, getestet und validiert, welche aus zwei Modellen besteht: ein digitaler Zwilling des Stromnetzes des Forschungszentrums Jülich, der auf Opal-RT läuft, und ein im Bau befindliches Niedertemperatur-Nahwärmenetz (LTDH), das als Functional Mock-up Unit (FMU) läuft. Die Verbindung zwischen den beiden Systemen bilden Wärmepumpen. Der Betriebspunkt jeder Wärmepumpe wird von einem auf Model Predictive Control (MPC) basierenden Regler bestimmt, der im HiL-Rahmen als Device Under Test (DUT) betrachtet wird. Der Regler läuft auf einem lokalen Computer und tauscht Daten mit der LTDH-Simulation über einen Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)-Broker aus, der in der Cloud läuft. Die vorgeschlagene Umgebung wurde über ein 24-Stunden-Szenario getestet und validiert, basierend auf historischen Daten, die an einem Winterarbeitstag im Jahr 2017 gesammelt wurden. Die erzielten Ergebnisse zeigen Auswirkungen, die die neue Installation auf das bestehende Netzwerk haben würde. Zusätzlich zu den lokalen Modellen hat das IEK-10 ein Übertragungsnetzmodell für Nordrhein-Westfalen entwickelt, das in Echtzeit auf einem RTDS-Simulator läuft und mit dem OPAL-RT-Simulator gekoppelt werden kann.

In einem interdisziplinären Setting werden in den Topics 1 und 2 übergreifend sozio-technische Impactanalysen hinsichtlich städtischer Microgrids und ihrer Bedeutung für Resilienz, Nachhaltigkeit und Daseinsvorsorge untersucht und Optimierungsfragen zur Auslegung solcher formuliert sowie mathematische Solver dazu entwickelt.

Seitens Topic 1 liegt der methodische Fokus auf techno-ökonomischen Modellen und Ansätzen für die sozio-technische Bewertung von Impacts. Um Transformationsstrategien auch auf regionaler Ebene zu entwerfen, werden techno-ökonomische Modelle entwickelt, welche die regionalen Nachfragen und Erzeugungspotenziale abbilden können. Im Rahmen einer Zusammenarbeit von Topic 1 mit Topic 2 wurde das Potenzial der Eigenversorgung von 41 Mio. freistehenden Einfamilienhäusern unter heutigen Bedingungen und für 2050 kalkuliert. Dazu wurden für 4.000 repräsentative Gebäude wetter-robuste kosten-minimale Energieversorgungssysteme identifiziert und die Ergebnisse auf den Gebäudebestand übertragen. Gebäude in Gebieten mit wenig ausgeprägter Saisonalität und hohen Beschaffungskosten zeigen das höchste Potenzial für Selbstversorgung. Für ca. 50 % der Gebäude ist es technisch möglich, sich mittels PV selbst zu versorgen und diese Quote kann für 2050 auf 75 % steigen. Im Vergleich zu netzabhängiger Stromversorgung können mehr als 2 Mio. Gebäude mit bis zu 50 % höheren Kosten bis 2050 eine vollständig autarke Eigenversorgung erreichen.

Für die sozio-technische Impactanalyse und -bewertung werden verstärkt ökonomische (partielle) Gleichgewichtsmodelle sowie Input-Output-Modelle weiterentwickelt und, ergänzt durch regionalökonomisch-empirische Ansätze, eingesetzt, neue Ansätze für vollständige ökonomische Gleichgewichtsmodelle (GEM-Modelle) adaptiert sowie Technologie- und Produkt-bilan-

zierende Ansätze wie LCA und LCSA mit Fokus Deutschland unter Einbeziehung von grenzüberschreitenden Lieferketten weiterentwickelt. Diese Themen werden zentrenübergreifend in den Arbeitsgruppen Makroökonomie sowie Integrative Nachhaltigkeitsbewertung bearbeitet. Erste Ergebnisse zu Arbeitsplatzeffekten und Ressourcenkritikalität im Rahmen der szenario-basierten ESD-Transformationspfade liegen vor.

*Das Team sollte sich auf die Kontrolle (Regelung) und nicht so sehr auf die einzelnen Technologien konzentrieren.*

Modellgestützte Einsatzplanung und Regelung kann einen netzdienlichen Betrieb energieintensiver industrieller Prozesse und deren lokaler Energieversorgungssysteme ermöglichen. Das FZJ entwickelt Modelle und Verfahren zur optimierungsbasierten Analyse des Lastverschiebungs-Potenzials und zur Echtzeitbetrieboptimierung energieintensiver Prozesse. Dazu werden Prozess- und Energiesystemmodelle erstellt, die die relevante Dynamik, den Zusammenhang zwischen Produktionsraten und Energieverbrauch und die wesentlichen Stoff- und Energieflüsse zwischen den Systemkomponenten berücksichtigen. Ein Schwerpunkt liegt auf der stochastischen Optimierung der Lastverschiebung, da Strompreisprognosen stets mit Unsicherheiten behaftet sind. Neben effizienten Modellen und Problemformulierungen als Grundlage für Echtzeit-fähige Betriebsoptimierungen entwickelt das FZJ probabilistische Prognosemethoden mittels generativer KI, um hochgenaue Zeitreihenvorhersagen als Grundlage für die automatisierte Entscheidungsfindung liefern können.

Daneben entwickelt das FZJ ein Portfolio von Modellen, Methoden und Werkzeugen zur Betriebsoptimierung von sektorenkoppelnden Energiesystemen mit besonderem Fokus auf Gebäuden, Quartieren und industriellen Systemen. Ein zentrales Werkzeug in diesem Portfolio ist das Open-Source-Python-Paket COMANDO, welches eine komponentenorientierte Modellierung unter expliziter Berücksichtigung von nichtlinearem, dynamischem und diskretem Systemverhalten erlaubt. In Kombination mit der gemeinsam von FZJ, KIT und DLR entwickelten IKT-Plattform wird gegenwärtig an einer echtzeitfähigen Betriebsoptimierung des Jülicher Living Lab Energy Campus (LLEC), insbesondere des Niedertemperaturwärmenetzes, des im Aufbau befindlichen Wasserstoffsystems und der Batteriespeicher, gearbeitet. Mit Hilfe des am FZJ entwickelten Open-Source-Python Pakets LINMOG können Komponentenmodelle für eine Betriebsoptimierung unter Verwendung von gemessen oder simulierten Betriebsdaten automatisiert generiert werden. Bei der Entwicklung und Demonstration modellgestützter Betriebsoptimierungsverfahren werden, wo sinnvoll möglich, auch die Nutzerpräferenzen berücksichtigt. Über die am FZJ entwickelte Webapplikation JuControl können die Nutzerinnen und Nutzer entsprechend ausgestatteter Büro- und Besprechungsräume die Messdaten (Raumluftqualitätsgrößen, auf Basis der Messdaten geschätzter thermischer Energiebedarf) der eigenen Räumlichkeiten einsehen sowie Vorgaben für die gewünschte Raumtemperatur und angedachte Raumpräsenz eintragen. Diese Angaben werden von den modellprädiktiven Raumkontrollern als Randbedingung berücksichtigt. Mittlerweile sind über 500 Räume mit Sensoren und Funkthermostaten instrumentiert und in die JuControl-Plattform eingebunden. Die datenzentrierte Analyse der Last-Frequenzregelung bildet seit Jahren einen Schwerpunkt der Forschung. Im letzten Jahr haben FZJ und KIT ein Referenzmodell für die Frequenzdynamik im europäischen Verbundnetz vorgestellt, das ein mechanistisches Modell und tiefe neuronale Netzwerke zur Vorhersage integriert. Bereits im April 2022 haben FZJ und KIT erste Untersuchungen zur Frequenzstabilität nach der Not-Synchronisation des ukrainischen Netzes mit dem zentraleuropäischen Netz vorgestellt – die endgültigen Ergebnisse wurden 2023 veröffentlicht.

Der wachsende Anteil dezentraler Stromerzeugung, z.B. durch PV-Anlagen und Windenergie, sowie der weit verbreitete Einsatz moderner leistungselektronischer Verbrauchsgeräte, z.B. Ladestationen für Elektrofahrzeugen oder Wärmepumpen, stellen neue Herausforderungen für das Stromnetz und die darin befindlichen Geräte dar. Um die Auswirkungen auf die Netz- sowie Geräteregelelung unter dem Gesichtspunkt der Netzresilienz besser zu verstehen, wurden reale Netzfehlerfälle analysiert [1].

[1] **Wachter, J.; Gröll, L.; Hagenmeyer, V.** (2023). *Survey of Real-World Grid Incidents–Opportunities, Arising Challenges and Lessons Learned for the Future Converter Dominated Power System*, *IEEE Open Journal of Power Electronics*, vol. 5, pp. 50-69.

Für Netze mit zunehmender Nutzung von dezentralen Energieressourcen ergibt sich die regelungstechnische Aufgabe, die Einspeisung unter mehreren Energielieferanten im lokalen Netz aufzuteilen, um primär einen stabilen Betrieb mit ausreichend Regelreserve zu gewährleisten, und sekundär die ökonomischen und ökologischen Kosten des Energiemixes zu minimieren. Zu diesem Zweck wurde untersucht, inwiefern sich verschiedene Topologien von Gleichstrom-Microgrids eignen, die Verteilung der Einspeisung zwischen mehreren über Stromrichter angebundenen Energieressourcen über eine flachheitsbasierte Vorsteuerung unter der Randbedingung einer festgelegten Netzspannung anzupassen. Die Stromrichtermodelle, die mithilfe von Higher-Order-Averaging-Methoden erstellt wurden, wurden auf die systemtheoretische Flachheitseigenschaft untersucht, mithilfe derer Regelungen mit Vorsteuerungen entwickelt werden können.

Alle Modelle auf der Ebene der Übertragungs- und/oder Verteilungsnetze beinhalten interne Steuerungsmodelle (primär, sekundär, ...) für die Stromerzeugung in Kraftwerken oder aus Erneuerbaren Energien. Darüber hinaus wird Forschung im Hinblick auf Flexibilität und Optimierung der Erzeugungs- und Lastplanung betrieben. Die Forschung umfasst dynamische Modelle auf Systemebene für z.B. Booster, Batteriespeicher, H<sub>2</sub>-Konvertierung (Elektrolyseur) und H<sub>2</sub>-Speichersysteme.

*Das Team sollte durchgreifende/disruptive und out of the box-Konzepte untersuchen, wie z.B. die Auswirkungen von Leistungselektronik / nicht synchronisierten Netzen.*

Im Rahmen der Forschungsarbeiten werden vielfältige Aspekte im Zusammenhang mit dem Einsatz von leistungselektronischen Systemen und der sich daraus ergebenden Anwendungsszenarien in den Übertragungs- und Verteilnetzen untersucht.

Während Stromrichter bislang nur im Hochspannungs-Übertragungsnetz für den Netzbetrieb eingesetzt werden, zeichnet sich zunehmend ab, dass Leistungselektronik auch in den Mittel- und Niederspannungsverteilsnetzen Vorteile hinsichtlich des nachhaltigen Ausbaus der Stromnetze bieten kann. Vor allem die Vermaschung der AC-Netze mithilfe von entkoppelnden Stromrichtern zur flexiblen Steuerung des Lastflusses ist Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten am KIT. Darüber hinaus wird untersucht, inwieweit sich unterlagerte DC-Netze für eine einfachere Integration regenerativer Energieerzeugung in die Verteilsnetze eignen. Fragestellungen hinsichtlich Stabilität von DC-Netzen sowie eine ganzheitliche Integration von Wasserstofftechnologien werden hier untersucht, da auch hier die Kopplung mit dem Stromnetz mittels leistungselektronischer Komponenten erfolgt.

Die Arbeitsschwerpunkte auf diesen Gebieten liegen in ganz unterschiedlichen Teilaspekten. Neben sehr hardwarenahen Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Leistungsteilentwicklung von DC/AC- und DC/DC-Wandlern großer Leistung für den Einsatz in Mittel- und Niederspannungsnetzen stehen Untersuchungen zur Stabilität der Regelung von Stromrichtern in elektrischen Netzen im Vordergrund. Darüber hinaus werden Untersuchungsmethoden und -aufbau-

ten erforscht, mit denen sich das Verhalten von ganzen Stromrichtern oder Stromrichterkomponenten (sog. Power Electronic Building Blocks – PEBB) am Netz nicht nur simulativ, sondern auch mit praktischen, realitätsnahen Power Hardware-in-the-Loop (PHIL) Tests untersuchen lässt. Diese Konzepte ermöglichen umfassende praktische Messungen in verschiedensten Anwendungsszenarien und zeichnen sich durch extrem hohe Bandbreiten im Frequenzbereich sowie kleine Latenzzeiten aus. Im Hinblick auf den stark wachsenden Bedarf an Stromrichterlösungen für den Ausbau der Stromnetze wurde das High Power Grid Lab (HPGL) als Helmholtz-Forschungsinfrastruktur detailliert geplant und beantragt. Parallel dazu wurde im Vorgriff auf die für Mitte 2024 geplante Förderentscheidung begonnen, eine skalierte HW-Forschungsplattform für die Entwicklung der HPGL aufzubauen. Neben dem Aufbau der skalierten Plattform umfassen die Arbeiten sowohl die Entwicklung der zugehörigen Steuerungs- und Regelungstechnik als auch die Schutztechnik für einen sicheren Betrieb. Damit können die AC- und DC-Netzemulatoren sowie verschiedene Use Cases für den Betrieb des HPGL vorab entwickelt und getestet werden.

Neben den Netzstrukturen werden auch die effiziente Anbindung von PV- und Windparks in Kombination mit Batteriespeichern und Elektrolyseuren oder Ladesäulen für die Elektromobilität erforscht. Weiterhin werden der Netzbetrieb bei in weiten Grenzen variabler Netzfrequenz und die Auswirkungen eines solchen Betriebs auf die Netzbetriebsmittel und Verbraucher sowie die Netzstabilität untersucht. Auch in diesen Forschungsarbeiten ermöglicht eine leistungsstarke PHIL-Versuchsumgebung die Simulation von sowohl AC- als auch DC-Netzen sowie den gleichzeitigen Betrieb leistungselektronischer Betriebsmittel in den entsprechenden Realnetznachbildungen.

Um den sich bei der Umsetzung einer „All Electric Society“ abzeichnenden Engpässen bei der Übertragungskapazität von Netzen und den verfügbaren Energiespeichern möglichst energie- und kosteneffizient bzw. nachhaltig begegnen zu können, wird im Programm ESD zudem ein möglicher Paradigmenwechsel für den Netzbetrieb erforscht: In Anlehnung an Technologien aus dem Betrieb von Datennetzen werden Konzepte für eine möglicherweise quantisierte Übertragung elektrischer Energie untersucht. Dabei soll die Nutzung vorhandener Leitungs- und Speicherkapazitäten gleichzeitig optimiert werden. Das dabei entstehende Netz zeichnet sich durch gezielt geregelte Energieübertragungspfade aus und ist gekennzeichnet von sich selbst organisierenden Subnetzen, die durch Energierouter miteinander verbunden sind.

In Ergänzung der Forschungsarbeiten, die auf Modellierung, Systemanalyse und Reglersynthese mit klassischen Methoden setzen, werden auch bisher in der Regelung von Umrichtern nicht betrachtete Zugänge auf ihre praktische Anwendbarkeit geprüft. Dazu zählt im Berichtszeitraum ein beobachterbasierter, adaptiver Ansatz, der auf die Einsparung von Hardware-sensoren zielt. Die Realisierbarkeit des Ansatzes unter Realbedingungen wurde an einem einfachen Prototyp im Labor des Energy Lab 2.0 erfolgreich nachgewiesen.

Für die Aufrechterhaltung einer effizienten, nachhaltigen und sicheren Energieversorgung ist die Integration der verschiedenen Infrastrukturen wie dem Strom-, Gas- und Wärmesektor notwendig, die den Betrieb des Energiesystems vor komplexe Anforderungen stellt. Inwiefern sich eine veränderte Versorgungssituation im Gassektor auf das Energiesystem auswirkt, kann anhand von Gasflussmodellen simuliert werden. Das Gas-Simulationstool GasNetSim des IEK-10 ermöglicht die Simulation von Gasströmen mit unterschiedlichen Gasgemischen. Auf Basis verschiedener Szenarien kann der zukünftige Betrieb der Gasnetze überprüft und gewährleistet werden. Da entsprechende LNG-Terminals über den Kontinent verteilt sind, ist hierzu eine Abbildung des kontinentaleuropäischen Gasnetzes erforderlich. Zusammen mit dem Simulationsmodell für Stromnetze des IEK-10 sowie entsprechende Marktmodelle für die Strom- und Gasmärkte ist so eine integrierte Simulation des Betriebs von Strom- und Gasnetzen möglich.

Dies ist für Deutschland schon deshalb von hoher Relevanz, da der Ausbau der Windenergie zu zunehmenden Engpässen im deutschen Stromnetz führt. Forschende untersuchen daher die Integration von Grid Boostern, in dem Fall flexibel einsetzbaren Großelektrolyseuren, die als erzeugungsnahe Lasten von bis zu 100 MW das Übertragungsnetz entlasten. Der in großen Mengen produzierte Wasserstoff kann direkt genutzt oder über Gasnetze (Beimischung zu Erdgasnetzen oder über Wasserstoffpipelines) transportiert werden.

Auf einer kleineren Ebene (z. B. einer lokalen Energiegemeinschaft) ermöglicht der am IEK-10 entwickelte HiL-Cosimulation die Untersuchung der Möglichkeiten und der Flexibilität, die eine domänenübergreifende Steuerung bietet. Insbesondere erlaubt die entwickelte und validierte MPC-basierte Regelung die Berücksichtigung von Einschränkungen und Flexibilität sowohl des Stromnetzes (Strombelastbarkeit der Komponenten, thermische Einschränkungen der Leitungen, Erzeugung aus erneuerbaren Energien und ähnliches) als auch des LTDH-Netzes (gewünschte Raumtemperatur, thermische Speicherung, Stromverbrauch der Wärmepumpen und mehr). Unter Berücksichtigung all dieser Informationen maximiert der MPC die Effizienz der verfügbaren Ressourcen, indem er z. B. die Überproduktion einer Photovoltaikanlage nutzt, um den Wärmespeicher zu laden, sodass der Stromverbrauch der Wärmepumpen im Falle eines Engpasses reduziert werden kann.

#### **A.2.1.3.4    Strategische Themen**

##### ***Talentmanagement***

Im September wurde ein gemeinsamer Promovierenden-Workshop der Programme Energiesystemdesign (ESD) und Materialien und Technologien für die Energiewende (MTET) durchgeführt, an dem sich rund 50 Promovierende beteiligten. Sie gewannen einen Einblick in Helmholtz Energy und in die beiden Programme. Im Anschluss präsentierten die Promovierenden ihre eigenen Forschungsarbeiten und diskutierten in Workshops zu verschiedenen Themen. Zielsetzung war neben dem fachlich-inhaltlichen Austausch die programmübergreifende Vernetzung und der „Blick über den Tellerrand“ in andere Forschungsthemen.

##### **Topic 2**

Benjamin Schäfer, der seit 2022 eine Helmholtz YIG am KIT-IAI leitet, wurde im Mai 2023 zum Tenure-Track Professor für „Künstliche Intelligenz für das Energiesystem“ an der KIT-Fakultät für Informatik ernannt. Damit wird eine langfristige und attraktive Perspektive zur Weiterentwicklung für Benjamin Schäfer umgesetzt. Weiterhin stärkt es die Anbindung an den Universitätsbetrieb des KIT, wodurch die Betreuung von Promotionen oder studentischen Abschlussarbeiten erleichtert wird.

Die Tenure Track-Professur von Giovanni De Carne, Leiter der Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Hybride Netze“, wurde im Jahr 2023 positiv evaluiert. Die Gruppe befasst sich mit dem Design, der Steuerung und der experimentellen Erprobung zukünftiger Energiesysteme.

Prof. Dr. Roland Dittmeyer vom KIT-IMVT fungiert als Sprecher der Research School NETs@Helmholtz, die unter dem Dach des vor kurzem gestarteten Helmholtz-Projekts DACStorE „A Comprehensive Approach to Harnessing the Innovation Potential of Direct Air Capture and Storage for Reaching CO<sub>2</sub>-Neutrality“ eingerichtet wurde. Das im Rahmen der Sustainability Challenges Kampagne der Helmholtz Gemeinschaft laufende Projekt DACStorE

befasst sich ganzheitlich mit technischen, standortbezogenen und gesellschaftlichen Aspekten der CO<sub>2</sub>-Entnahme aus der Luft (Direct Air Capture = DAC).

## **Vernetzung**

### Topic 1

Am 13. Oktober hat Helmholtz Energy unter dem Motto „Energieszenarios weitergedacht: Sozio-technische Perspektiven von Helmholtz Energy“ Expertinnen und Experten aus der Energieszenario-Forschung sowie Vertreterinnen und Vertreter der Bundesministerien zu einem Workshop in Berlin eingeladen. Dabei erhielten rund 30 Teilnehmende Einblicke in die neuesten Erkenntnisse aus der Energieszenario-Forschung im ESD-Programm und setzten diese in Bezug zu bereits publizierten Energieszenarien.

Das ITAS führte Veranstaltungen im Rahmen der European Energy Research Alliance (EERA) mit den Joint Programms e3s und Energy Storage in Madrid (JPs e3s and ES joint workshop „ENERGY FOR THE FUTURE – Exploring not-technical factors for Energy Storage deployment“), Karlsruhe (Workshop on „Energy System Benchmarking for Hybrid Storage“) und Wien (Hybrid Energy Storage Days) durch.

Der Workshop MCDA for Sustainability Assessment wurde unter Beteiligung von FZJ und DLR am 18.-19. Oktober 2023 am ITAS durchgeführt. Die Veranstaltung fokussierte auf Software Tools und Stakeholder Integration.

Gemeinsam mit Gasteditoren von FZJ und DLR bringt das ITAS des KIT ein Special Issue im Journal Energy Sustainability and Society zum Thema Societal Feasible Transition Pathways for Sustainable Energy Systems heraus. Erste Beiträge sind im Review-Verfahren, weitere können bis Mitte Februar 2024 eingereicht werden.

Das Rahmenkonzept Long-term Governance wurde auf verschiedenen Konferenzen präsentiert und zur Diskussion gestellt (z. B. STS-Hub.de (2023), Aachen; 6th Energy and Society Conference (2023), Trient; safeND (2023), Berlin).

Als Gastwissenschaftlerin (International Excellence Fellow) besuchte Prof. Ana Lucia Prieto, Universidad de Chile, für zwei Monate das KIT zum Projekt Wastewater to H<sub>2</sub>.

Das ITAS des KIT hat die 17th „Society and Materials Conference“ vom 9.-10. Mai in Karlsruhe organisiert. Themen der Konferenz waren u. A. Life Cycle Assessment, MCDA und Social Sciences and Humanities. Hierfür haben sich in etwa 50 internationale Forschende versammelt.

Am KIT wurde ein gemeinsamer Workshop der Programme ESD und MTET zum Thema „Netzintegration von Elektrolyse und Folgeschritten“ durchgeführt. Im Rahmen des Workshops wurden Arbeitsgruppen festgelegt, welche definierte Themen weiterbearbeiten und die Ergebnisse in einem Folgeworkshop vorstellen.

### Topic 2

Eine Gruppe von Forschenden des KIT nahm vom 12. - 14. Juni am 1. Chilenisch-Deutschen Akademischen Forum in Santiago de Chile teil, um sich mit Kolleginnen und Kollegen verschiedener Universitäten in Chile zum Thema Energiewende auszutauschen. Es fanden mehrere Workshops mit Teilnehmenden aus der Industrie und relevanten Behörden aus Chile statt. Die Wasserstoffstrategie Chiles wurde diskutiert und Möglichkeiten für eine Zusammenarbeit chilenischer und deutscher Universitäten im Bereich erneuerbare Energien und Power-to-X wurden identifiziert. Als Ergebnis dieser Workshops wurde eine chilenisch-deutsche Arbeitsgruppe gegründet mit dem Ziel, gemeinsame Forschungs- und Demonstrationsprojekte sowie



einen Austausch in der akademischen Lehre zu diesen Themen vorzubereiten. Seit dem Forum hatte die chilenisch-deutsche Arbeitsgruppe mehrere produktive Online-Treffen und erarbeitete mehrere Forschungsvorschläge, von denen einer kürzlich beim BMBF eingereicht wurde. Darüber hinaus ist eine chilenisch-deutsche Summer School zum Thema Power-to-X geplant, die 2025 in Punta Arenas stattfinden soll.

Das KIT hat den internationalen IEEE eGrid2023 Workshop organisiert, der vom 16. - 18. Oktober in Karlsruhe mit mehr als 170 Teilnehmenden, davon 1/3 aus der Industrie, stattgefunden hat. Der Workshop wurde von der IEEE Power Electronics Society gesponsert und richtete sich an Industrie, Versorgungsunternehmen und Hersteller, um die aktuellen und zukünftigen Trends der Integration von Leistungselektronik in Energiesystemen zu diskutieren. Neben Vorträgen wurde ein Besuch mit Live-Demos in der Energy Lab 2.0-Anlage organisiert.

Am ITEP des KIT wurde ein umfangreiches Forschungsnetzwerk aufgebaut, das sich über vier Kontinente erstreckt. Besonders hervorzuheben ist die Entwicklung gemeinsamer Forschungsaufgaben mit US-Nationallabors wie NREL, PNNL, Argonne und Sandia. Derzeit besuchen zwei Doktoranden des ITEP das NREL und arbeiten an der Netzstabilität bei geringer Trägheit und der Integration von Wasserstoff in Energiesysteme. Ein weiterer Doktorand des ITEP forscht derzeit an der North Carolina State University zum Thema datengesteuerte Energienetze.

Im Rahmen eines DAAD-Austauschprogramms wurde am ITEP eine Zusammenarbeit mit der University of North Wales, Australien, zum Thema der Integration von Festkörpertransformatoren in Energiesystemen aufgebaut.

Das Innovationspool-Projekt „Energy Transition and Circular Economy“ beschäftigt sich mit der Dekarbonisierung und Energienetzintegration industrieller Recyclingprozesse. Dies beinhaltet zum einen, das Design von Prozessen um Stoffkreisläufe abseits des Kohlenstoffkreislaufs zu schließen, zum anderen die Erforschung deren netzdienlichen Betriebs. Das Projekt ist interdisziplinär und programmübergreifend angelegt und schafft eine Brücke zwischen ESD und MTET. 2023 wurde eine einjährige Verlängerung des Projekts bis Ende 2024 bewilligt.

Ausgehend von der Vernetzungsinitiative des Forschungsbereichs Energie zu Beginn der PoF IV-Periode hat sich innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft ein interdisziplinäres Netzwerk zu dem Thema „Resiliente und nachhaltige städtische Energiesysteme“ ergeben, bestehend aus den Instituten ITES und ITAS des KIT, den DLR-Instituten VE und PI sowie Siemens Energy. Gemeinsam mit Partnern aus Wirtschaft sowie mit städtischen Stakeholdern wurde im Dezember 2023 im Rahmen des 7./8. EFP eine gemeinsame BMWK-Skizze für die resiliente kommunale Wärmeplanung eingereicht.

Das ITES des KIT pflegt im Rahmen der Forschungspartnerschaft zwischen dem KIT und dem Energy Production and Infrastructure Center (EPIC) an der University of North Carolina at Charlotte (UNCC) eine langfristige Kooperation zu dem Thema „Resiliente städtische Energiesysteme“. Aus dieser Kooperation ging eine konkrete Zusammenarbeit mit dem Schwerpunkt „Städtische Microgrids“ hervor, die auch das ITAS des KIT sowie das National Renewable Energy Lab (NREL) miteinschließt.

## ***Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft***

### **Topic 1**

Im Rahmen des Programms finden weiterhin eine Vielzahl von Aktivitäten statt, deren Ziel die Einbindung der Gesellschaft in die Forschung ist. Neben dem Transfer von Wissen in die Gesellschaft wird angestrebt, die gewonnenen Erkenntnisse aus der Kommunikation mit der Ge-

sellschaft in die eigene Forschung zu integrieren, um einen intensiven bidirektionalen Wissenstransfer zu ermöglichen. In diesem Sinne wird am KIT das in 2022 gegründete Karlsruher Transformationszentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel (KAT) weitergeführt, das mit seinem Reallabor „Quartier Zukunft – Labor Stadt“ und verschiedenen Forschungs- und Transformationsprojekten an der Schnittstelle von Wissenschaft und Gesellschaft agiert. Mit seinem klar partizipativen und co-kreativen Ansatz und dem Ziel einer „dichten Nachhaltigkeit“ hat es inzwischen als Reallabor der ersten Stunde weltweiten Ruf erlangt und spielt national eine führende Rolle in der Reallaborforschung. Beispielhaft können folgende Projekte für 2023 genannt werden:

- ZuSkE: Die Zukunft der Sektorkopplung auf kommunaler Ebene – gemeinsam gestalten, bewerten und handeln. Das Projekt zielte darauf ab, in einem engen Austausch mit drei ausgewählten Kommunen in Deutschland die lokale Sektorkopplung zu gestalten. Als Orientierungshilfe hat das Projektteam einen Katalog mit insgesamt 100 bereits durchgeführten Maßnahmen erstellt und weitere Werkzeuge zur Unterstützung von Kommunen entwickelt (siehe Presseinformation 104/2023).
- Mobiles Partizipationslabor (MobiLab): Das MobiLab stellt eine mobile Infrastruktur in Form eines Tiny Houses für vielfältige Formen partizipativer Forschung, Citizen Science, der Wissenschaftskommunikation sowie Partizipation und Dialog zur Verfügung. 2023 war das MobiLab u.a. in der „Eucor MobiLab Roadshow“ auf Dreiländer-Tour in der Oberrheinregion (siehe Presseinformation 046/2023).
- DuPa: Mit dem Projekt Dual-mode Participation wurden neue – teils digitale – Partizipationsstrategien gesucht, die digitale und asynchrone Beteiligungspraktiken aus der Zeit der Coronamaßnahmen aufgreifen und soziale Inklusion in der Partizipation unterstützen.
- Urbane Xtopien: 2023 wurde ein Projekt abgeschlossen, um neue Wege zu entwickeln, ambivalente und vielschichtige Zukunftsvorstellungen gesellschaftlich zu diskutieren. Inzwischen liegt die aus dem Projekt entwickelte Toolbox vor (<https://xtopien.org/toolbox/>).
- Das KAT brachte sich in die KIT Science Week 2023 mit insgesamt zehn eigenen Transferveranstaltungen ein, u.a. zu den Themen nachhaltiger Klimaschutz, Energiewende und Reallaborforschung.
- Im Frühjahr startete das Projekt #climatechallenge, das neben Bildung und Transfer auch die Ausbildung von Multiplikatorinnen und Multiplikatoren für Klimaschutz zur Aufgabe hat. Zielgruppen sind Schulen, Universitäten, außerschulische Lernorte und Kommunen. Erste Schulungen von Multiplikatorinnen und Multiplikatoren wurden durchgeführt.

Das ITAS hat an einer Beratung des österreichischen Parlaments mit dem Thema Foresight und Technikfolgenabschätzung: Monitoring von Zukunftsthementeilgenommen teilgenommen. Weiterhin wurde bei einer GERMANWATCH-Veranstaltung zum Thema Weiterentwicklung und Umsetzung einer Rohstoffwende. Potenziale und Herausforderungen im Mobilitätssektor wurden im Beitrag Alternative Batterietechnologien – Fokus Natrium-Ionen-Batterie vorgestellt.

Über das Jahr 2023 verteilt wurde eine internationale Online Lecture Series zu Normative Energy Ethics von der Foschergruppe PhilETAS (Philosophie der Technik, Technikfolgenabschätzung und Wissenschaft) Gruppe organisiert. Für das Effekte Wissenschaftsfestival wurde eine Session zu innovativen Tarifen im Öffentlichen Verkehr aus Gerechtigkeitsperspektive

von der PhilETAS Gruppe durchgeführt. Weiterhin fand im Rahmen der Science Week im Triangel ein Symposium zum Thema „Smart Cities: nachhaltiger und lebenswerter?“ statt.

Die Forschungsgruppe Sylvanus (Sylvanus – Erhöhung der Resilienz und Vermeidung von Zielkonflikten bei Waldumwandlungen) organisierte im Rahmen des GrüneLunge Projekts ein innovatives transdisziplinäres Dialogformat am 16. Mai 2023. Für LookKIT, das Magazin für Forschung, Lehre, Innovation des KIT, wurde des Weiteren ein Beitrag *„Wie steht es um den Gesundheitszustand der Wälder in Deutschland, und wie sollte der sozial-ökologische Umbau beschleunigt werden, um die Resilienz zu erhöhen?“* erstellt ([https://www.sts.kit.edu/downloads/lookKIT\\_202303.pdf#page=26](https://www.sts.kit.edu/downloads/lookKIT_202303.pdf#page=26)).

Darüber hinaus wurde in Auftritten im Fernsehen, im Radio und im Internet zu unterschiedlichen Themen der Energiewende Stellung bezogen. Außerdem wurde zum Briefing des Außenministeriums im Vorfeld der COP28 beigetragen.

## Topic 2

Am ITEP des KIT wurde im Jahr 2023 ein Patent zur Identifizierung der elektrischen Netzlastparameter angemeldet: M. Courcelle, G. De Carne, Q. Tao, „Method for determining load parameters“, EP23195368. Das Patent wird derzeit noch geprüft.

Die 2022 in Nature Communication veröffentlichten Ergebnisse zum Braessschen Paradoxon (Zusammenarbeit KIT-IAI, FZJ-IEK-10, FZJ-IEK-STE) wurden im Herbst 2023 in einem populärwissenschaftlichen Artikel in der Zeitschrift „Spektrum der Wissenschaft“ der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht: <https://www.spektrum.de/news/das-braess-paradoxon-gefaehrdet-das-den-netzausbau-des-stromnetzes/2162694>

Im Rahmen des Drittmittelprojektes Smart East kooperiert das IAI mit der Ausgründung InnoCharge GmbH, die intelligente Lösungen für das kostenoptimierte Laden von Elektrofahrzeugen entwickeln.

Wissenschaftliche Erkenntnisse wurden während der KIT Science Week durch einen Tag der offenen Tür im Energy Smart Home Lab (ESHL) an interessierte Bürgerinnen und Bürger vermittelt. Mehrere Führungen im Energy Smart Home brachten Schülerinnen sowie Schülern französischer und deutscher Schulen sowie Bürgerinnen und Bürgern die praxisorientierte Forschung im ESHL näher.

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse unter Beteiligung des IIP des KIT wurden durch Interviews und Zeitungsbeiträge der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht (z.B.: Zeit, Welt, FAZ, SWR) und führten zur Anregung des öffentlichen Diskurses (z.B.: Linkedin Diskussion). Weitere Beiträge des Programms erfolgen u.a. durch Fernsehauftritte, beispielsweise in der ARD Tagesschau.

Prof. Dr. Roland Dittmeyer und sein Team vom IMVT haben mit zahlreichen Presse-Interviews und mit multimedialen Formaten zum Wissenstransfer in die Gesellschaft in den Bereichen „synthetische Kraftstoffe / e-Fuels“ und "Entnahme von Kohlendioxid aus der Atmosphäre" beigetragen. Zu nennen sind u.a. Berichte im Deutschlandfunk vom 16. Januar 2023 (Hoffnung auf CO<sub>2</sub>-Speicherung im Untergrund, <https://www.deutschlandfunk.de/co2-speicherung-in-deutschem-boden-100.html>), im Heute Journal vom 23. Januar 2023 (Ringen um Verbrenner - Welche Zukunft haben e-Fuels), im ARD Mittagmagazin vom 7. März 2023 (Verbrenner-Aus - Wie sinnvoll sind e-Fuels), in der FAZ vom 12. März 2023 (Was die synthetischen Kraftstoffe wirklich bringen, <https://www.faz.net/aktuell/wissen/physik-mehr/e-fuels-koennen-sie-uns-zur-klimaneutralitaet-fuehren-18738461.html>) und im Handelsblatt vom 19. Januar 2024 (Was e-Fuels an der Tankstelle kosten würden, <https://www.handelsblatt.com/politik/international/verbrenner-aus-was-e-fuels-an-der-tankstelle-kosten-wuerden/100005095.html>) sowie ein auf youtube publiziertes Video über e-Fuels bei ProSieben Galileo am 22. Juni 2023 (<https://we.tl/t->

laXq6z495w), vier auf youtube veröffentlichte Filme zum Thema Klimaneutrales Fliegen (Klimaneutrales Fliegen – Der Energiewende-Report: <https://youtu.be/MUjL4w5REmI>, Climate-Neutral Flying – The Energy Transition Report: <https://youtu.be/t1IusDIleZg>, Klimaneutraler Flughafen Memmingen – Die Hintergrund-Reportage: <https://youtu.be/zX3rKAYEIYc>, Fliegen ohne Treibhausgaseneffekt – geht das? Der Experten-Vortrag: <https://youtu.be/02sgFouubMk>) und ein Podcast des BR2 in der Reihe IQ-Wissenschaft und Forschung am 5. Februar 2024 (Kann CCS das Klima retten, <https://www.br.de/radio/bayern2/sendungen/iq-wissenschaft-und-forschung/riesenstaubsauger-fuer-co2-ccs-100.html>).

Alle Helmholtz-Zentren im ESD-Programm haben im Jahr 2023 die Zusammenarbeit mit Netzbetreibern intensiviert. Beispielhaft sei hier ein gemeinsames Projekt zur szenarienbasierten Analyse der Wahrscheinlichkeit von Fehlerkaskaden und Systemaufspaltungen im europäischen Übertragungsnetz bis 2050 genannt. Wissenschaftler des FZJ-IEK-10 haben gemeinsam mit einem deutschen Übertragungsnetzbetreiber ein Simulationsmodell entwickelt und umfangreiche Analysen durchgeführt. Dabei wurden Szenario- und Netzdaten des IAI des KIT verwendet.

### ***Drittmittleinwerbung***

#### Topic 1

Das neue EU-Projekt „Materialien für nachhaltige Natrium-Ionen-Kondensatoren“ (MUSIC, 2023-2027) fokussiert auf den Bedarf an einer neuen Superkondensatortechnologie, die eine mit Leistungsbatterien vergleichbare Energiedichte erreicht, aber keine kritischen Rohstoffe benötigt, weil Natrium als Rohstoff-Komponente verwendet wird. Hier werden prospektive LCA-Ansätze angewendet und weiterentwickelt.

Das BMBF-Projekt MoWiKo, Moralisierung in der Wissenschaftskommunikation, wurde durch das ZAK, KIT und die Uni Heidelberg eingeworben.

Im Rahmen der EU-Horizon-Förderlinie „Future of ethical review“ wurde das Projekt *CHANGER Europaweites Netzwerk* u.a. mit der Hellenic National Commission for Bioethics and Technoethics, Athens, der TU Wien, der LMU, der Univ. of Macedonia, der Univ. Edinburgh sowie der Univ. Groningen eingeworben.

Das Projekt *SinFo: Stärkung einer integrativen und wirkungsvollen Nachhaltigkeitsforschung an Baden-Württembergischen Hochschulen* wird als 5-Jahres-Begleitforschungsprojekt im Rahmen des Programms PAN HAW BW, finanziert durch MWK BaWü und EFRE (EU) durchgeführt.

Im Kopernikus-Projekt ENSURE (BMBF) für den Umbau des Energienetzes zur Erreichung der Ziele der Energiewende werden Handlungsempfehlungen entwickelt, die federführend durch das KIT organisiert werden. Das KIT ist hierbei für die Nachhaltigkeitsbewertung der ENSURE-Lösungen verantwortlich. Weiterhin werden Konzepte des Good-Governance der lokalen Sektorenkopplung entwickelt.

Ein neues BMBF-Projekt, FutureBioCity, untersucht, ob die Erhöhung der biologischen Vielfalt der städtischen und stadtnahen Wälder deutschen Städten einen Beitrag zur Resilienz leisten kann.

#### Topic 2

WeForming (2023-2026, EU Horizon Europe) verfolgt das Ziel, Gebäude (Intelligent Grid-Forming Buildings, iGFBs) und deren Energieformen (elektrische, thermische, mechanische und

chemische Energie) in optimaler Weise zu integrieren, um ein hohes Maß an Effizienz und sogar Autarkie zu erreichen und gleichzeitig die Zufriedenheit der Gebäudenutzerinnen und -nutzer in Bezug auf Komfort und Beobachtbarkeit/Kontrollierbarkeit zu verbessern. Besonderes Augenmerk gilt dabei der Interaktion mit anderen Gebäuden sowie Netzen und Märkten. Ziel des UP-TO-ME-Projekts (EU Horizon Europe 2022-2025) ist die Entwicklung neuartiger Technologien zur Herstellung erneuerbaren Methanols durch eine vollständig autonome, selbstoptimierende und kompakte Technologie zur Nutzung biogener Punktquellen von CO<sub>2</sub>. Die Technologie muss sich an verschiedene Umweltbedingungen anpassen und Wettervorhersagen zur Optimierung der Methanolproduktion nutzen können. Darüber hinaus sollten diese Anlagen niedrige Investitions- und Betriebskosten anstreben, um erneuerbares Methanol in Zukunft zu einer wettbewerbsfähigen Alternative zu anderen verfügbaren grünen Kraftstoffen zu machen.

Im August 2023 startete die Phase III des BMBF-Projekts „ENSURE - Neue EnergieNetzStrukturen für die Energiewende“. Zentrale Ziele sind Handlungsempfehlungen für die ganzheitliche Ausgestaltung eines zukünftigen Netzes, ein „Energiewende-Baukasten“ mit technischen Lösungen in Form von Einzelbausteinen, die Erweiterung und Fertigstellung einer Co-Demonstrationsplattform sowie der Dialog und der Transfer. Schwerpunkte des KIT sind dabei Netzmodelle, Harmonische Stabilität, Energy Hubs, Solid State Transformer, die Integration von Speichern in Energiemärkte, die Gesamtbewertung der verschiedenen Lösungen und der dialogbasierte Transfer.

Die Phase II des BMWi-Kopernikus Projekts ENSURE wurde zum Jahresende 2023 erfolgreich abgeschlossen. Das IAI des KIT entwickelte darin eine Reihe von Simulationsmodellen für das zukünftige Stromnetz in Deutschland nebst angrenzenden Regionen. In einem weiteren Meilenstein wurden für die Stromnetz-Echtzeitsimulation die speziellen Hochleistungs-Simulatoren im Energy Lab am KIT und die spezielle Hardware im Netzlabor der FAU in Nürnberg gekoppelt. Die dabei realisierte Computing-Architektur wurde inzwischen auch zur Kopplung mit dem Realtime-Lab des FZJ eingesetzt und nutzt damit die Synergien innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft im Programm ESD.

Prof. Dr. Roland Dittmeyer vom IMVT des KIT hat die wissenschaftliche Leitung für die dritte Förderphase des BMBF-Kopernikus-Projekts P2X übernommen. In dieser dritten Förderphase werden vielversprechende Technologien, die in den ersten beiden Förderphasen entwickelt wurden, demonstriert. Bei P2X ist dies die Produktion von synthetischem paraffinischem Kerosin (SPK) nach ASTM D7566 als nachhaltiger Flugtreibstoff im Maßstab von ca. 1 Tonne pro Tag im Rahmen des Projekts P2Fuels in der weltweit ersten kommerziellen Power-to-Liquid Produktionsanlage, die von der Ausgründung des KIT INERATEC im Industriepark Frankfurt-Höchst gebaut wird. Neben dem Demoprojekt P2Fuels werden potenzielle Industriestandorte für Power-to-X-Prozesse erforscht sowie zwei Satellitenprojekte mit den Schwerpunkten Power-to-Polymers und Power-to-Value Chemicals durchgeführt.

Das BMBF förderte 2023 mit einer weiteren Aufstockung des Projekts Energiesystemintegration & Sektorkopplung am Beispiel der Forschungsinfrastrukturen Energy Lab 2.0 und Living Lab Energy Campus (SEKO) die Erweiterung der Forschungsinfrastruktur Energy Lab. Die Aufstockung adressiert die Erstellung von (Co-)Simulationsmodellen als digitale Zwillinge für Energiesysteme und Energiesystemkomponenten. Mit einem zweiten Förderschwerpunkt werden neue Technologien für die Energiewende rund um Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe im Energy Lab ausgebaut.

Im durch das BMWK geförderten Projekt „Neue Daten für die Energiewende“ (NEED) bauen 15 Partner aus Wirtschaft und Forschung eine Datenplattform auf, die auf Basis konventioneller und synthetisch generierter Daten die Planung und Durchführung von Maßnahmen rund

um die Energiewende, z.B. im Bereich der Wärmeleitplanung und bei der Erstellung von dynamischen Energienutzungsplans, ermöglichen bzw. erleichtern soll. Die Daten werden dabei zur besseren Auffindbarkeit und Verknüpfbarkeit semantisch annotiert.

Im BWPlus Projekt HydrogREenBoost wird im Netzbooster-Projekt der TransnetBW, der im Netzentwicklungsplan der Bundesnetzagentur verankert ist, der netzstützende Batteriespeicher (250MW/250 MWh) um einen Wasserstoffspeicher mit Rückverstromung mittels Wasserturbine erweitert. Die so erweiterte Anlage kann damit als „Hybrider H<sub>2</sub>-Netzbooster“ charakterisiert werden. Im IAI wird ein techno-ökonomisches Simulationsmodell der gesamten Anlage entwickelt, mit dessen Hilfe sowohl die regelungstechnische Auslegung der Einzelkomponenten und der Gesamtanlage, als auch deren wirtschaftlicher Einsatz untersucht werden. Im Ende 2023 neu bewilligten BMWK Verbundprojekt FlexBlue werden Kältespeicher und Klimaanlagen auf ihr Flexibilisierungspotential hin untersucht. Eine der Versuchsanlagen wird am KIT-IAI realisiert und wissenschaftlich untersucht.

Ein weiteres Verbundprojekt in Europäischen Rahmen ist das Verbundprojekt DigiPlat, das in der D-A-CH-Region das Flexibilisierungspotential von dezentralen EE-Anlagen untersucht und eine oder mehrere digitale Plattformen zur dezentralen Vermarktung von Energiepaketen im Verteilnetz realisiert. Neben Forschungseinrichtungen, wie KIT, ATI und den Hochschulen Ulm und St. Gallen, sind im Projektkonsortium die Übertragungsnetzbetreiber TransnetBW, APG und SwissGrid beteiligt.

Da ITEP hat das Horizon Europe Flagship Projekt „Research Facility 2.0“ gewonnen, das von Tenure-Track-Prof. Dr. De Carne geleitet wird und sich auf die Energieeffizienz und Nachhaltigkeit in großen Forschungsinfrastrukturen wie Teilchenbeschleunigern konzentriert. An diesem Projekt sind fünf der größten europäischen Beschleuniger beteiligt (ALBA, CERN, DESY, HZB, MAX IV), die neuartige Energielösungen sowohl auf Komponenten- als auch auf Systemebene vorschlagen.

Tenure-Track-Prof. Dr. De Carne hat als PI das BMBF-Projekt „ACcelerator Energy System Stability – ACCESS“ eingeworben, das im Einklang mit den in der Forschungseinrichtung 2.0 untersuchten Aspekten die Herausforderungen in Bezug auf Stabilität und Stromqualität in Teilchenbeschleunigern aus der Sicht des Netzes untersucht.

Das IIP hat im Jahr 2023 u.a. neu folgende Projekte eingeworben.

- Analyse von Bietstrategien und deren Einfluss auf den Strompreis im EU-Binnenmarkt – BETS (BMWK).
- Agentenbasierte inverse Analyse von Marktpotentialen für Carnot-Batterien unter Berücksichtigung unsicherer Energiesystempfade „AIM for Carnot“ (DFG).

Das KIT ist Teil des **European Digital Innovation Hub Applied Artificial Intelligence and Cybersecurity** (EDIH-AICS). Diese Innovationshubs sind zentrale Anlaufstellen, die Unternehmen und Organisationen des öffentlichen Sektors dabei unterstützen, auf digitale Herausforderungen zu reagieren und ihre Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Ziel des Innovationshubs „Artificial Intelligence and Cybersecurity“ ist es, die Vision einer sicheren und nachhaltigen europäischen Technologie für künstliche Intelligenz in den Bereichen Produktion, Mobilität, Energie, Handel und Dienstleistungen sowie öffentliche Verwaltung voranzutreiben, um deren Wettbewerbsfähigkeit zu stärken und der Gesellschaft Nutzen zu bringen.

#### **A.2.1.3.5 Senatsempfehlungen**

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts im Jahr 2023 zu eigen und beschließt ihn als seine Bewertung zum Programmfortschritt 2023. Er bestätigte damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für das Jahr 2023.

#### **A.2.1.4 Programmanteil Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET)**

Die strategische Begutachtung des Programms hat bestätigt, dass die Programmplanung optimal auf die Erreichung der forschungspolitischen Ziele – ggf. unter Berücksichtigung entsprechender Senatsempfehlungen – ausgerichtet ist.

##### **A.2.1.4.1 Das Programm im Überblick**

##### ***Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich***

Ziel des MTET-Forschungsprogramms ist es, wesentliche wissenschaftliche Erkenntnisse und zukunftsfähige Technologien für die Energiewende in Deutschland und für die nachhaltige Umgestaltung der Energieversorgung und Nutzung weltweit bereitzustellen.

Gestützt auf seine Kompetenzen in den Bereichen Physik, Chemie, Material- und Ingenieurwissenschaften, seinen multidisziplinären Ansatz und seine hochentwickelte und umfangreiche Forschungsinfrastruktur erforscht das Programm MTET Prozesse und Technologien in verschiedenen Maßstäben und Stufen der Systemintegration über die gesamte TRL-Skala hinweg. Steigerung der Effizienz und Langlebigkeit bei gleichzeitiger Reduktion der Kosten sind bei der Gewinnung, Bereitstellung und effizienten Nutzung erneuerbarer Energie erforderlich.

Das Programm MTET erarbeitet deshalb Optionen, um innovative Materialien und skalierbare Technologien für die Energieversorgung der Zukunft zu entwickeln, die eine Umsetzung in Deutschland wie auch in Exportmärkten erlauben. Es werden marktfähige Technologien für die Speicherung und Wandlung von Energie unter Berücksichtigung der Schließung von Stoffkreisläufen und der Schonung von Ressourcen entwickelt.

In fünf Topics wird die thematische Ausrichtung des Programms vorangetrieben. Beteiligt sind die fünf Helmholtz-Zentren Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Forschungszentrum Jülich (FZJ), Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB), Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) sowie das KIT.

## Programmstruktur

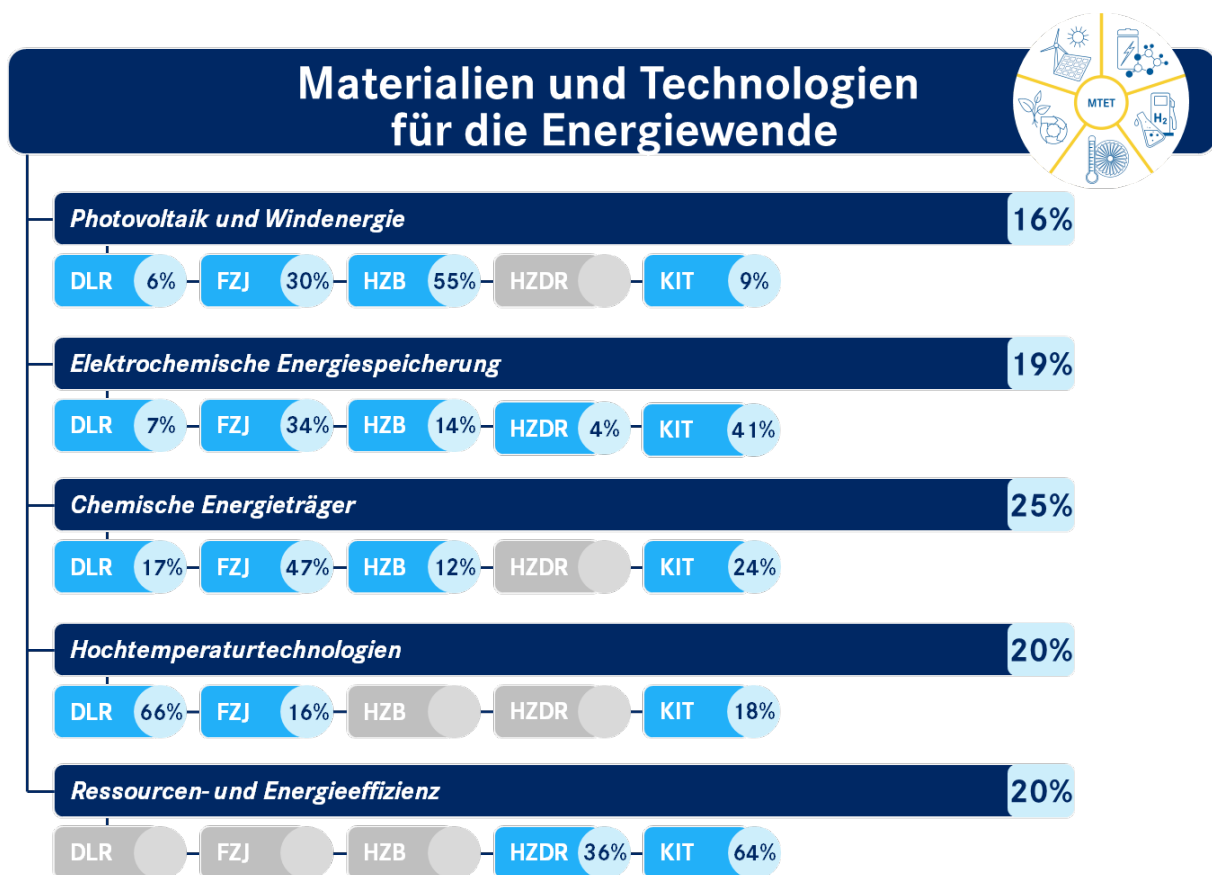


Abbildung 3: Programmstruktur MTET

Das Programm gliedert sich in

Topic 1: Photovoltaik und Windenergie  
(Sprecher: Rutger Schlatmann, HZB)

Photovoltaik und Windenergie stehen als die wichtigsten technologischen Säulen für die CO<sub>2</sub>-freie Stromerzeugung im Fokus. Grundlegende Materialfragen werden beantwortet und sowohl Hochleistungskomponenten und -systeme als auch Produktionstechnologien entwickelt, die kostengünstig, nachhaltig und über lange Zeit stabil sind.

Topic 2: Elektrochemische Energiespeicherung  
(Sprecher: Helmut Ehrenberg, KIT)

Topic 2 widmet der elektrochemischen Energiespeicherung, mit der sich kompakte und hoch-effiziente Speicher für dezentrale Versorgungssysteme und eine nachhaltige Elektromobilität bereitstellen lassen. Neue Batteriematerialien und -technologien einschließlich der Rohstoffverwertung werden erforscht und innovative Prozesse zur Zellherstellung und leistungsfähige Batteriesysteme für stationäre und mobile Anwendungen entwickelt.

Topic 3: Chemische Energieträger  
(Sprecher: Olivier Guillon, FZJ)

Das Thema chemische Energieträger befasst sich mit effizienten chemischen und elektrochemischen Umwandlungstechnologien zur Überbrückung der Lücke zwischen Energieangebot



und -bedarf im Stromsektor sowie Anwendungen im Mobilitäts- und Industriesektor. Neue Verfahren wie Power-to-X-Technologien sollen erneuerbaren Strom umweltschonend in chemische Energieträger umwandeln. Das können etwa grüner Wasserstoff oder synthetische Kraftstoffe sein. Diese lassen sich gut speichern, transportieren und sind vielseitig im Energiesystem einsetzbar.

Topic 4:                   Hochtemperaturtechnologien  
(Sprecher: Robert Pitz-Paal, DLR)

Um Strom und Prozesswärme künftig klimaschonend bereitstellen, speichern und nutzen zu können, forschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Topic 4 zu thermischen Hochtemperaturtechnologien: Dabei stehen fünf Schlüsseltechnologien und ihre Integration im Fokus: brennstoff- und lastflexible Gasturbinen, solarthermische Kraftwerke, geothermische Anwendungen, Hochtemperaturwärmepumpen sowie Hochtemperaturwärmespeicher.

Topic 5:                   Ressourcen- und Energieeffizienz  
(Sprecher: Dieter Stapf, KIT)

Die Schaffung einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft ist Voraussetzung für eine klimaneutrale Industrieproduktion unter Verzicht auf fossile Rohstoffe und für das Recycling knapper Nicht-eisenmetalle und seltener Erden. Das Topic beschäftigt sich daher mit der Steigerung der Ressourcen- und Energieeffizienz. Ziel ist, die großen Grundstoff- und Produktkreisläufe für Kohlenstoff, Metalle und Mineralien zu schließen. Hierfür werden neue Technologien und Konzepte für energieintensive Prozesse entwickelt, für die Nutzung von Primär- und Sekundärrohstoffen und für den hocheffizienten Transport elektrischer Energie.

## ***Neue strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen***

Keine.

### ***A.2.1.4.2   Wissenschaftliche Highlights des Programms***

Topic 1

#### **Highlight 1: KI für Perowskit-Solarzellen – Schlüssel zur besseren Produktion: (KIT, Helmholtz AI, DKFZ)**

KI für Perowskit-Solarzellen – Schlüssel zur besseren Produktion: Tandemsolarzellen auf Basis von Perowskit-Halbleitern können das Sonnenlicht effizienter in Strom umwandeln als herkömmliche Silizium-Solarzellen. Um diese Technologie auf den Markt zu bringen, müssen Stabilität und Produktionsprozesse weiter verbessert werden. Forschende des KIT sowie der Plattformen Helmholtz Imaging am DKFZ und Helmholtz AI, haben nun einen Weg gefunden, die Qualität der Perowskit-Schichten und damit der Solarzellen vorherzusagen: Mit Maschinellem Lernen und neuen Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) lässt sich diese bereits bei der Herstellung aus Variationen in der Lichtemission erkennen. Über die Ergebnisse, aus denen sich verbesserte Produktionsprozesse ableiten lassen, berichtete das Team in *Advanced Materials* [1].

[1] L. Klein, S. Ziegler, F. Laufer, C. Debus, M. Götz, K. Maier-Hein, U. W. Paetzold, F. Isensee, P. F. Jäger, *Adv. Mater.* **2024**, 36, 1, DOI: 10.1002/adma.202307160.

### **Highlight 2: Transluzente Perowskit Solarmodule: (KIT)**

Angetrieben durch den Übergang zu erneuerbaren Energietechnologien und die zunehmende Konkurrenz um Flächen wächst der Bedarf nach gebäudeintegrierter Photovoltaik (BIPV) im städtischen Raum. Um auch Flächen wie Fassaden und Fenster für die Photovoltaik zu erschließen, bedarf es transparenter BIPV-Technologien. Im Jahr 2023 wurden am KIT vom Team um Tenure-Track Prof. Dr. Paetzold die ersten Prototypen hocheffizienter transluzenter Perowskit-Solarmodule vorgestellt. Die zugehörige Studie wurde im Journal Energy & Environmental Science [1] veröffentlicht. Die Studie berichtet über eine skalierbares Laserstrukturierungsverfahren zur Herstellung von transluzenter Perowskit Dünnschicht-Photovoltaik mit einstellbarer Transparenz. Das resultierende optische Erscheinungsbild ist eine gleichmäßige und neutrale Farbwiedergabe nach industriellen Glasqualitätsstandards.

[1] D. B. Ritzer, B. Abdollahi Nejand, M. A. Ruiz-Preciado, S. Gharibzadeh, H. Hu, A. Diercks, T. Feeney, B. S. Richards, T. Abzieher, U. W. Paetzold, *Energy Environ. Sci.* **2023**, 16, 2212, DOI: 10.1039/D2EE04137E.

## Topic 2

### **Highlight 1: Festkörper-Li-S-Batterien: Visualisierung von Reaktionsfronten und Transportbeschränkungen in Festkörper-Li-S-Batterien mittels Operando-Imaging (HZB, FZJ, KIT)**

Lithium-Schwefel-Batterien mit Festkörperelektrolyten stellen eine optimale Kombination dar, um eine verbesserte Batteriesicherheit und hohe Energiedichte auf dem Weg in eine nachhaltige Zukunft zu erreichen. Der genaue Grund für die geringe Kapazität, die die Weiterentwicklung von Lithium-Schwefel-Festkörperbatterien erschwert, ist jedoch noch nicht geklärt. In der Visualisierung wird mit Hilfe der Neutronen-Bildgebung die räumliche Verteilung des Lithiums während des Zellbetriebs direkt sichtbar gemacht und gezeigt, dass der träge makroskopische Ionentransport innerhalb der Verbundkathode die Rate begrenzt. Die Beobachtung einer Reaktionsfront, die sich von der Separatorseite in Richtung Stromkollektor ausbreitet, bestätigt den nachteiligen Einfluss einer geringen effektiven Ionenleitfähigkeit. Darüber hinaus deutet eine irreversible Lithiumkonzentration in der Nähe des Stromkollektors auf einen bisher übersehenen Verlustmechanismus hin, der durch einen langsamen effektiven Ionentransport innerhalb einer Kompositkathode hervorgerufen wird. Diese Entdeckung kann ein Eckpfeiler für die zukünftige Forschung an Festkörperbatterien sein, unabhängig von der Art des aktiven Materials.

R. Bradbury, G. F. Dewald, M. A. Kraft, T. Arlt, N. Kardjilov, J. Janek, I. Manke, \* W. G. Zeier, \* S. Ohno, \* (2023): *Advanced Energy Materials* 13, 17, 2203426

### **Highlight 2: Modellierung des beschleunigten Solid Electrolyte Interphase-Wachstums auf Silizium und quantitative Erklärung der ausgeprägten Hysterese von Silizium während des Zyklus (DLR, KIT)**

Um die Alterung von Siliziumteilchen als negative Elektrode in einer Lithium-Ionen-Batterie während des Zyklisierens besser zu verstehen, wurde ein neuartiges Modell entwickelt, das Elektrochemie und Mechanik in Elektrodenpartikeln und Feststoff-Elektrolyt-Grenzphase (Solid Electrolyte Interphase (SEI) konsequent koppelt [1]. Dies ist besonders wichtig, da Siliziumanoden hohe Energiedichten versprechen, aber während des Zyklisierens große Volumenänderungen zeigen. Diese Volumenveränderungen wurden zunächst modelliert [2]. Die

Degradation durch SEI ohne die zusätzliche Belastung durch die Volumenveränderung wurden mit einer experimentell validierten Theorie beschrieben [3]. Das neue Modell der SEI-Mechanik zeigt den beschleunigten Kapazitätsschwund aufgrund von Bruch und erneutem Wachstum der Festelektrolyt-Zwischenphase (SEI) [4]. Dabei wurde erstmals das mechanisch beschleunigte SEI-Wachstum während des Batteriezklus analysiert. Mit einer Weiterentwicklung des Modells ist es nun auch möglich, die ausgeprägte Hysterese des Siliziums während der Zyklisierung quantitativ zu beschreiben.<sup>4</sup>

- [1] **L. von Kolzenberg, A. Latz, B. Horstmann (2022):** Cover Feature: Chemo-Mechanical Model of SEI Growth on Silicon Electrode Particles, *Batteries & Supercaps*, 5 (2), <https://doi.org/10.1002/batt.202200006>
- [2] **G. F. Castelli, B. Horstmann, A. Latz, W. Dörfler (2021):** Efficient Simulation of Chemical–Mechanical Coupling in Battery Active Particles, *Energy Technology*, 9(6), <https://doi.org/10.1002/ente.202000835>
- [3] **L. von Kolzenberg, J. Stadler, J. Fath, M. Ecker, B. Horstmann, A. Latz (2022):** A four parameter model for the solid-electrolyte interphase to predict battery aging during operation, *Journal of Power Sources*, 539, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2022.231560>
- [4] **L. Köbbing, A. Latz, B. Horstmann (2023):** Voltage Hysteresis of Silicon Nanoparticles: Chemo-Mechanical Particle-SEI Model, *Advanced Functional Materials*, 34 (7), 2308818; <https://doi.org/10.1002/adfm.202308818>

### Topic 3

#### **Technical Fuel Assessment für einen klimagerechten Energie- und Mobilitätshaushalt (DLR, KIT)**

Ein Produkt aus der Fischer-Tropsch-Synthese des KIT wurde hergestellt und für die Analyse im DLR ausgewählt, um seine Einsatzmöglichkeiten zu bewerten. Die gesamte Entwicklungskette von der Herstellung über die technische Bewertung bis hin zur Brennstoffbewertung wurde abgebildet und erstmals durch den komplementären Einsatz von Experiment und Modellierung demonstriert. Der entwickelte mehrstufige Prozess ermöglicht die Bestimmung physikalischer und chemischer Eigenschaften, die über standardisierte Verfahren hinausgehen. Diese Entwicklung ist unerlässlich, um der steigenden Nachfrage nach neuen synthetischen Energieträgern gerecht zu werden und eine Abkehr von fossilen Brennstoffen zu ermöglichen. Die Daten fließen direkt in die SimFuel-Plattform des DLR ein, die größte Datenbank für Kraftstoffforschung in Europa und weltweit. Die SimFuel-Plattform ermöglicht darüber hinaus die Bestimmung entscheidender technischer Parameter, zulassungsrelevanter Größen und des Schadstoffbildungsverhaltens durch den gezielten Einsatz physikalischer Modelle und maschineller Lernverfahren. Aus dieser kraftstofftechnischen Bewertung werden Empfehlungen für die Veredelung und den Einsatz in Produktion und Anwendung abgeleitet. Die Abbildung der gesamten Kette ist ein entscheidender Schritt in der ökonomischen, technischen und ökologischen Bewertung zur Identifizierung und Auswahl nachhaltiger Kraftstoffe für einen klimafreundlichen Energie- und Mobilitätshaushalt.

### Topic 4

#### **Nutzung heimischer Rohstoffquellen zur nachhaltigen Gewinnung kritischer Rohstoffe für die Energiewende (KIT)**

Neben nutzbarer thermischer Energie enthalten geothermische Fluide auch eine Vielzahl gelöster Stoffe, darunter viele kritische Rohstoffe für die Energiewende wie Lithium (Li). Forschende des KIT demonstrierten im deutsch-chilenischen BrineMine-Projekt Ansätze zur Extraktion dieser Rohstoffe. Gemeinsam mit dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme wurde ein Prototyp zur Thermalwasseraufbereitung und -vorkonzentration entwickelt und im laufenden Geothermiebetrieb erfolgreich getestet. Auf Basis des berechneten Lithiumpotenzials wurde die wirtschaftliche Nachhaltigkeit der Extraktion numerisch bewertet. Dazu wurde

mit einem generischen Modell ein Betriebszeitraum von 30 Jahren unter den Bedingungen des Oberrheingrabens simuliert, der für den Li-Abbau besonders vielversprechend ist. Die errechnete durchschnittliche Li-Produktion von 231 t pro Jahr könnte die Wirtschaftlichkeit eines Geothermiekraftwerks deutlich verbessern und bei Umsetzung an mehreren Standorten die Abhängigkeit Deutschlands von Li-Importen verringern. Auch in Chile, aktuell wichtigster Lithiumproduzent für Europa, eröffnet der neue Ansatz Perspektiven, um den Energie- und Wasserbedarf bei der Rohstoffproduktion deutlich zu senken. Die Studien [1, 2] positionierten das KIT als wissenschaftliche Anlaufstelle für dieses zukunftssträchtige Thema für Wirtschaft, Industrie und Politik.

- [1] V. Goldberg, D. Winter, F. Nitschke, S. Held, F. Groß, D. Pfeiffle, J. Uhde, D. Morata, J. Koschikowski, T. Kohl (2023): *Development of a continuous silica treatment strategy for metal extraction processes in operating geothermal plants*, *Desalination* 564, 116775; <https://doi.org/10.1016/j.desal.2023.116775>
- [2] V. Goldberg, A. Dashti, R. Egert, B. Benny, T. Kohl, F. Nitschke (2023): *Challenges and Opportunities for Lithium Extraction from Geothermal Systems in Germany-Part 3: The Return of the Extraction Brine*. *Energies* 16 (16), 5899; <https://doi.org/10.3390/en16165899>

## Topic 5

### **Highlight 1: Aufbau und Inbetriebnahme einer Pilotproduktionslinie zur Herstellung von hochstromtragenden HTSL-Bandleitern für Anwendungen in der Energie- und Magnettechnik (KIT)**

Die anwendungsorientierte Entwicklung von hochstromtragenden Hochtemperatursupraleiter (HTSL)-Leiterstrukturen erfordert den Transfer materialwissenschaftlicher Forschungsergebnisse mit Kurzproben auf industrielle Herstellverfahren für Bandleitern. Im Rahmen der langfristig angelegten Forschungsk Kooperation KC4 (KIT-CERN Collaboration on Coated Conductor) konnte in den letzten beiden Jahren eine europaweit einzigartige industrielle Pilotproduktionslinie zur Herstellung von HTSL-Bandleitern mittlerer Länge an das Institut für Technische Physik (ITEP, KIT) transferiert und erfolgreich in Betrieb genommen werden. Innerhalb des auf über 500 m<sup>2</sup> Laborfläche aufgebauten KC4-Labors wird ab Anfang 2024 die flexible Herstellung von hochstromtragenden HTSL-Bandleiterarchitekturen mit Bandlängen von aktuell 20-50m Länge und mittelfristig bis zu 600 m für anwendungsrelevante Forschungsfragestellungen ermöglicht und die bislang existierende Transferlücke zwischen materialwissenschaftlichen Ergebnissen mit Kurzproben und dem Bedarf für die HTSL-Komponentenentwicklung geschlossen.

### **Highlight 2: Erstmaliger Transfer einer Pyrolysetechnologie für Mischkunststoffabfälle in den industriellen Demonstrationsmaßstab (KIT)**

Pyrolyseverfahren gelten als zentraler Baustein einer Kreislaufwirtschaft für Kunststoffe und sollen ein ressourcen- und energieeffizientes Recycling eines großen Teils der Mischkunststoffabfälle ermöglichen, die bisher nicht recyclingfähig sind und zur Kunststoffproblematik beitragen. Dies ist von besonderer Bedeutung für eine klimaneutrale Defossilisierung und Transformation der chemischen Industrie zur Schließung des anthropogenen Kohlenstoffkreislaufs. Basierend auf den grundlegenden Forschungsarbeiten am KIT und der Technologieentwicklung bis zum TRL 5 hat die Arcus Greencycling Technologies GmbH unter Nutzung der KIT-Lizenz die Schneckenpyrolysetechnologie für Mischkunststoffabfälle skaliert und eine erste Demonstrationsanlage für 4.000 t/a erfolgreich in Betrieb genommen. Integriert in den Chemiepark Höchst produziert die Anlage als Muster für dezentrale Pyrolyse recycelte Rohstoffe für die Polymerherstellung in Deutschland.

#### **A.2.1.4.3    Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen**

*Das Photovoltaik-Team wird ermutigt, den Fortschritt des PV-Programms sorgfältig zu überwachen, um die potenziellen Risiken zu mindern, die mit bedeutenden wissenschaftlichen Herausforderungen und hartem internationalen Wettbewerb verbunden sind.*

Die anhaltende weltweite Spitzenstellung der Photovoltaikforschung in Helmholtz Energy zeigt sich dadurch, dass gleich fünf PV-Forschende zu den von Clarivate weltweit einflussreichsten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern gezählt werden. Auf europäischer Ebene haben zwei Forschende renommierte „Consolidator Grants“ des Europäischen Forschungsrats erhalten. Innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft hat die Photovoltaikforschung mit dem von vier Forschenden geteilten High Impact Award eine sehr hohe Sichtbarkeit und Relevanz erlangt. Bundeskanzler Scholz betonte in seiner Ansprache beim Weltwirtschaftsforum in Davos 2023 explizit die Helmholtz PV Weltrekorde und damit die einhergehende rasche industrielle Umsetzung.

Durch die 2022 und 2023 gestarteten Projekte „Zeitenwende“ und SolarTAP wurde das industrielle Netzwerk in der PV von den Topicpartnern HZB, FZJ und KIT weiter auf- und ausgebaut. Obwohl die Position der Helmholtz PV Forschung weiterhin global zur absoluten Spitze gehört, ist zu sehen, dass auch andere Forschungslabore, inkl. die der chinesischen Großindustrie (z.B. Longi), immer bessere Ergebnisse erzielen und es eine nachhaltige, gemeinsame und koordinierte Anstrengung bedarf, um die Führungsposition zu behalten.

*Auf dem Gebiet der elektrochemischen Speicherung (1) sollte die Recyclingstrategie vom Anfang der Wertschöpfungskette an integriert werden und (2) die Ansätze sollten sorgfältig ausgewählt werden, um sich auf die vielversprechendsten Technologien zu konzentrieren.*

(1) „Design for Sustainability and Recycling“ und „Life Cycle Assessment“ sind Vernetzungsaktivitäten entlang der gesamten Wertschöpfungskette und sind eng in das BMBF-Kompetenzcluster „Recycling & Green Battery“ (greenBatt) eingebunden. Über die grundfinanzierten Aktivitäten hinaus werden in drittmittelfinanzierten Projekten unterschiedliche Methoden zur Gewinnung und Wiederverwertung von Batteriematerialien erforscht.

(2) Drei der fünf beteiligten Zentren arbeiten an *einer* Technologie. Eine Fokussierung auf die aussichtsreichsten Konzepte „Beyond Lithium“, „Metall-Schwefel“ und „Metall-Luft“ wurde auf Basis einer Bewertung der perspektivischen Leistungsindikatoren und einer Lebenszyklusanalyse umgesetzt. Die Arbeiten in der Helmholtz-Programmatik konzentrieren sich auf Natrium-Ionen- und Ca-Schwefel-Batterien, da diese von den untersuchten Metall-Schwefel Batterien die höchste Zellspannung liefern und die Weiterentwicklung dieser Zellchemien auch durch Drittmittelprojekte komplementär ergänzt werden. Die Arbeiten an Natrium-Ionen-Batterien werden vor allem durch das Exzellenzcluster POLiS ergänzt.

*Chemische Energieträger sind ein Eckpfeiler für eine kohlenstoffarme Wirtschaft. Die umfassende Aktivität ist von strategischer Bedeutung und dringend erforderlich, im Einklang mit der Wasserstoffstrategie der Bundesregierung, die durch das Programm aktiv unterstützt werden sollte. Die Kombination von in-situ- und in-operando-Instrumentierung von Nanomaterialien und Elektrochemie zum Design neuartiger Katalysatoren sollte als Alleinstellungsmerkmal (USP) etabliert und in vollem Umfang genutzt und substanziell gestärkt werden, einschließlich durch die Etablierung von Partnerschaften mit der Industrie.*

Trotz Unterstützung vom Strategic Advisory Board wurde die 4D-CAT Helmholtz Forschungsinfrastruktur leider nicht gefördert.

*Im Bereich der Ressourcen- und Energieeffizienz sollte ein stärker bedarfsorientierter statt kompetenzorientierter Ansatz gewählt werden, um sich auf die Herausforderungen mit dem Impact auf die Transformation des Energiesystems zu konzentrieren.*

Durch die Verknüpfung von Energie und Ressourcen konzentrieren wir uns auf Materialkreisläufe, die sowohl für die Kreislaufwirtschaft als auch für die Energiewende von großer Bedeutung sind.

Es werden Schlüsseltechnologien ausgewählt, die skalierbar und flexibel in Bezug auf Abfallrohstoffe sind und hochwertige Produkte liefern.

Nachdem diese Schlüsseltechnologien ihre Leistungsfähigkeit in Pilotversuchen unter Beweis gestellt haben, wird ihr potenzieller Beitrag zur Kreislaufwirtschaft und zum flexiblen Energiesystem kritisch bewertet.

#### **A.2.1.4.4 Strategische Themen**

##### ***Talentmanagement***

###### **Rufe**

Im Topic „Photovoltaics und Windenergie“ wurden mehrere Professoren im Jahr 2023 berufen, unter anderem Prof. Dr. Gerardo Hernandez-Sosa an das KIT.

Dr. Sonia Dsoke hat zum 1. Oktober 2023 die W3-Professur für „Elektrochemische Energieträger und Speichersysteme“ an der Universität Freiburg angetreten. Zuvor war sie Leiterin einer multidisziplinären Arbeitsgruppe am KIT sowie Sprecherin des Forschungsbereichs A - Elektrodenmaterialien im Exzellenzcluster POLiS.

Prof. Helge Stein hat das KIT zum 1. Juli 2023 verlassen, um eine W3-Professur für „Digitale Katalyse“ an der Technischen Universität München anzutreten. Im Rahmen seiner Tenure-Track-Professur für „Angewandte Elektrochemie“ am KIT u.a. forschte er zu Data-Mining-Techniken unter Zuhilfenahme von Methoden der Künstlichen Intelligenz.

Dr. Roswitha Zeis hat zum 1. Juli 2023 die Professur „Elektrische Wasserstoffsysteme“ an der Friedrich-Alexander-Universität angetreten.

###### **Nachwuchsgruppen**

Eine neue Nachwuchsgruppe (Vektor Stiftung YIG) zur Photovoltaik wurde am KIT von Christian Sprau gegründet.

Dr.-Ing. Klarissa Niedermeier wurde zur Leiterin der „KIT-Nachwuchsgruppe“ mit dem Titel „Wärmespeicherung auf Basis von Flüssigmetallen – der Schlüssel zu CO<sub>2</sub>-freien Hochtemperaturprozessen“ ernannt.

###### **Preise/Stipendien**

Tenure-Track-Prof. Dr. Moritz Wolf hat den renommierten Carl-Zerbe-Preis der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltige Energieversorgung, Mobilität und Kohlenstoffkreisläufe e. V. (DGMK) erhalten.

## **Ausbildung/Graduiertenschule**

Die im Rahmen des Helmholtz Sustainability Challenge-Projekts FINEST (2022–2027, 5 Mio Euro; HZDR (Koord.), KIT, HZB, UFZ, TUBAF, Uni Greifswald) geplante Graduiertenschule zur Ausbildung für effizientes Ressourcenmanagement konnte 2023 mit zwölf Promovierenden gestartet werden.

Praxisnahe Projekte der Graduiertenschule „Enable Net Zero (ENZo)“ des KIT-Zentrums Energie wurden gestartet. Die Teilnehmenden entwickeln aus ihren Doktorarbeiten eine übertragbare Idee und führen das reale Projekt gemeinsam mit einem interdisziplinären Team durch. ENZo wird von der HAFIS-Transferakademie unterstützt, die von der Helmholtz-Gemeinschaft gefördert wird.

## **Vernetzung**

### **Promovierenden-/Sommerschulen**

Die PV-Kooperationspartner KIT, FZJ und HZB, haben einen Workshop für 60 ihrer Promovierenden in Hirschegg (Österreich) organisiert, um die Vernetzung im Topic weiter zu stärken.

### **Internationale Zusammenarbeit**

In Singapur wurde ein Memorandum of Understanding (MoU) zwischen dem KIT und der Agency For Science, Technology And Research (A\*STAR) unterzeichnet. Seitens des KIT sind gemeinsame Arbeiten mit dem Institute of Sustainability for Chemicals, Energy and Environment (ISCE2) zu Power-to-X und Synthesegasfermentation geplant.

Auf Basis des laufenden Verbundprojekts VESTA wird die enge Kooperation zwischen der Forschungsinfrastruktur DeepStor und den US-amerikanischen National Labs INL und LBNL weiterentwickelt. Die Zusammenarbeit in VESTA wird gefördert durch BMWK und DOE.

Das erste Deutsch-Chilenische Wissenschaftsforum mit Beteiligung des KIT fand in Santiago de Chile statt. Es wurde eine deutsch-chilenische Arbeitsgruppe gegründet mit dem Ziel, gemeinsame Forschungs- und Demonstrationsprojekte vorzubereiten. Dieser Austausch führte zu einem eingereichten BMBF-Antrag und einer für 2025 geplanten Sommerschule.

Nach erfolgreicher Zwischenbegutachtung wurde die Helmholtz European Partnership for Technological Advancement (HEPTA) zwischen dem KIT und der Aristotle University of Thessaloniki (AUTH) um zwei Jahre bis Ende 2025 verlängert. Forschende arbeiten an der Entwicklung neuer Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff und kohlenstoffbasierten Kraftstoffen aus Biomasse-Reststoffen.

## **Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft**

### **Ausgründungen**

Sebastian Büchele, Forscher am KIT, hat im August 2023 die „Litona GmbH“ gegründet. Die Gründung des Spin-offs basiert auf dem erfolgreichen Scale-up von neuen Kathodenmaterialien für Natrium-Ionen-Batterien auf Basis chemisch modifizierter Preußisch Weiß-Derivate, die von Forschenden im Materialsyntheselabor der Helmholtz Energy Materials Foundry (HEMF) am KIT entwickelt wurden.

## **Technologietransfer**

Bei der Bundesgartenschau in Mannheim wurden neuartige Photovoltaikmodule ausgestellt, die von 2,2 Mio. Besucherinnen und Besuchern gesehen wurden. Dies war eine Kooperation zwischen KIT und Sunovation.

## **Wissenstransfer**

Die Ergebnisse des BMBF-Projekts BrineMine zur Extraktion von Rohstoffen aus Thermalwässern wurden in Santiago de Chile der chilenischen Industrie und Politik vorgestellt; die Relevanz der Arbeit wurde durch EU-Parlamentarier Malte Gallée unterstrichen. Auf Initiative der deutsch-chilenischen Handelskammer wurde V. Goldberg, Mitarbeiter des KIT, zum Besuch von Kanzler Scholz in Chile eingeladen, bei dem die Rohstoffpartnerschaft zwischen Deutschland und Chile erneuert wurde.

Das KIT untersuchte erstmals die Abbaubarkeit von Per- und Polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) in industriell skalierbaren thermischen Abfallverwertungsprozessen und bringt die Ergebnisse in die nationale Stakeholderdiskussion ein. Ein durch das Umweltbundesamt finanziertes Forschungsprojekt wurde gestartet (Partner: Bundesanstalt für Materialprüfung, KIT), und ein industriefinanziertes Projekt von Gujarat Fluorochemicals wurde durchgeführt.

Das KIT führt als federführende Wissenschaftsorganisation im Nationalen Begleitkreis Chemisches Recycling (NBKCR) Diskussionen zur Zukunft der chemischen Recyclingtechnologien. Technologie- und Impactbewertungen des THINKTANKS Industrielle Ressourcenstrategien (Koordination), finanziert von Baden-Württemberg und Industriepartnern, zeigen die besondere Nachhaltigkeit der Kombination von mechanischen und chemischen Recyclingverfahren. Das Journalistenkolleg „Energiewende“ der Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina fand am KIT für 3 Tage statt. Die teilnehmenden Journalistinnen und Journalisten konnten mit Forschenden des KIT in Gesprächsrunden intensiv debattieren, sich ausführlich informieren, die Forschungsanlagen besichtigen und so einen Einblick in die wichtigsten Forschungsfragen und Hintergründe zur Energiewende gewinnen.

## ***Drittmittelinwerbung***

### **Europäische Projekte inkl. ERC-Grants**

Zwei PV-Forscher des KIT, Prof. Dr. Uli Lemmer (Advanced) und Prof. Dr. Uli Paetzold (Consolidator), erhielten einen der renommierten ERC Grants.

### **Nationale Förderung (inkl. mit internationalen Partnern)**

Im gemeinsamen BMWi-Projekt LIMELISA testen DLR und KIT gemeinsam mit dem Pumpen- und Armaturenhersteller KSB Hochtemperaturkomponenten in flüssigem Salz (620 °C) und flüssigem Blei (700 °C) Schlüsselkomponenten für effiziente Hochtemperatur-Wärmespeicher. Photovoltaik der nächsten Generation wird mit dem niedersächsischen Kompetenznetzwerk NextGenPV mit einem Gesamtbudget von 6,2 Mio. Euro gefördert. Partner sind dabei das Institut für Solarenergieforschung Hameln (Koordination), KIT, HZB und mehrere Universitäten Niedersachsens.

Im BMBF-Projekt „InMicroBat - Intelligente, modular adaptive Mikroumgebungen für eine effizientere Batteriezellfertigung“ entwickeln das KIT gemeinsam mit Industriepartnern (Exyte Technology GmbH, Customcells Tübingen GmbH) intelligente, modulare, flexible und energieeffiziente Mikroumgebungen für die Batteriezellfertigung am Beispiel der Trockenbeschichtung.



Im BMBF-Projekt „SLAP - Stabilisierung von Lithium-Metall-Anoden mit Elektrolytzusätzen auf Porphyrinbasis“, erforscht das KIT gemeinsam mit DTU, der Jagiellonen Universität und der NanoScience Technology GmbH die zugrundeliegenden Mechanismen der Unterdrückung der Dendritenbildung, um die Entwicklung von Lithium-Metall-Batterien voranzutreiben.

Das BMBF-Projekt „Speedy\_HTS“ (KIT) zur Entwicklung eines mittelschnelllaufenden, effizienten Hochleistungs-Windkraftgenerators mit Hochtemperatur-Supraleiter ohne die Verwendung von Seltenerd-Magneten (Partner: TU Darmstadt, Nordex, Flender, Krämer, CirComp) wurde eingeworben.

Erneuerbare Kraftstoffe aus Raffinerien der Zukunft (REF4FU), gefördert vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr, zielt darauf ab, im TRL 5 weiterentwickelte flexible Technologien zur Herstellung von flottenkompatiblen und effizienten Kraftstoffkomponenten einzusetzen. Mit einer Förderung von 7,4 Mio. Euro sind neben dem KIT elf Partner aus Industrie und Wissenschaft beteiligt.

#### **A.2.1.4.5    *Senatsempfehlungen***

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts im Jahr 2023 zu eigen und beschließt ihn als seine Bewertung zum Programmfortschritt 2023. Er bestätigte damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für das Jahr 2023.

### **A.2.1.5    *Programmanteil Fusion***

#### **A.2.1.5.1    *Das Programm im Überblick***

##### ***Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich***

Das langfristige Ziel der internationalen Fusionsforschung ist die Erschließung einer neuen primären Energiequelle durch die Fusion leichter Wasserstoffisotope in magnetisch eingeschlossenen Plasmen. Hierbei spielt das Helmholtz-Programm „Fusion“ eine zentrale Rolle. Durch seine bedeutenden Beiträge zum europäischen (durch EUROfusion und die europäische ITER-Agentur F4E koordinierten) und zum weltweiten Fusionsprogramm stärkt es die international anerkannte Position Deutschlands in der Fusionsphysik und der Fusionstechnologie und trägt so dazu bei, die Basis für ein Demonstrationskraftwerk (DEMO) zu legen. Das Programm ruht auf drei Säulen: dem Bau des Tokamaks ITER in Frankreich, dem Betrieb und weiteren Ausbau des Stellarators Wendelstein 7-X (W7-X) in Greifswald („Stellarator Research“) und der Vorbereitung eines Demonstrationskraftwerks. Hierzu gehören drei komplementäre Aufgaben: die Demonstration eines brennenden Fusionsplasmas, die Validierung eines alternativen Konzepts, das einen inhärent stationären Energieeinschluss aufweist, sowie die Entwicklung von Technologien und Materialien für zukünftige Fusionskraftwerke. Die Programmenthemen „Stellarator Research“, „Tokamak Physics“, „Fusion Technologies and Materials“, „Plasma-Wall Interactions“ sowie die programmthemaübergreifenden Aktivitäten „Theory Challenges“ und „The Route to a Fusion Power Plant“ strukturieren diese Aktivitäten. Die Arbeiten zu ITER schließen sowohl Beiträge zur Konstruktion als auch zur Vorbereitung seiner

wissenschaftlichen Nutzung ein. Bei Wendelstein 7-X, der seinen Betrieb erfolgreich aufgenommen hat, liegt der Schwerpunkt seit 2019 auf dem weiteren Ausbau im Hinblick auf den vollen stationären Betrieb und der Umsetzung eines wissenschaftlichen Programms, das die notwendigen Grundlagen für den Hochleistungs-Dauerstrichbetrieb entwickeln soll. Auf einer längeren Zeitskala werden Lösungen für die technischen und wissenschaftlichen Herausforderungen an ein erstes Fusionskraftwerk, DEMO, erarbeitet.

Die Fusionsforschung der drei Zentren ist eng vernetzt und die Aufgaben gut koordiniert: Der Koordinierungsausschuss ist die „Entwicklungsgemeinschaft Kernfusion“, die auch als „Lenkungsausschuss“ des Helmholtz-Programms fungiert. Neben dem regelmäßigen Austausch von Informationen koordiniert die Entwicklungsgemeinschaft die Aufgabenverteilung entsprechend der in den Zentren vorhandenen Expertise und Infrastruktur.

Des Weiteren hat das Programm Fusion eine natürliche Schnittstelle zur Helmholtz Initiative „Energie System Design“. Hierbei liefert das Programm Fusion Modelle und Szenarien für potentielle Fusionskraftwerke, welche in entsprechenden Energiezukunftsszenarien berücksichtigt werden können. Die techno-ökonomische Analyse von Szenarien mit Fusionskraft liefert dabei wertvolles Systemwissen über die Implementierung von Fusion in ein nachhaltiges Energiesystem.

## Programmstruktur

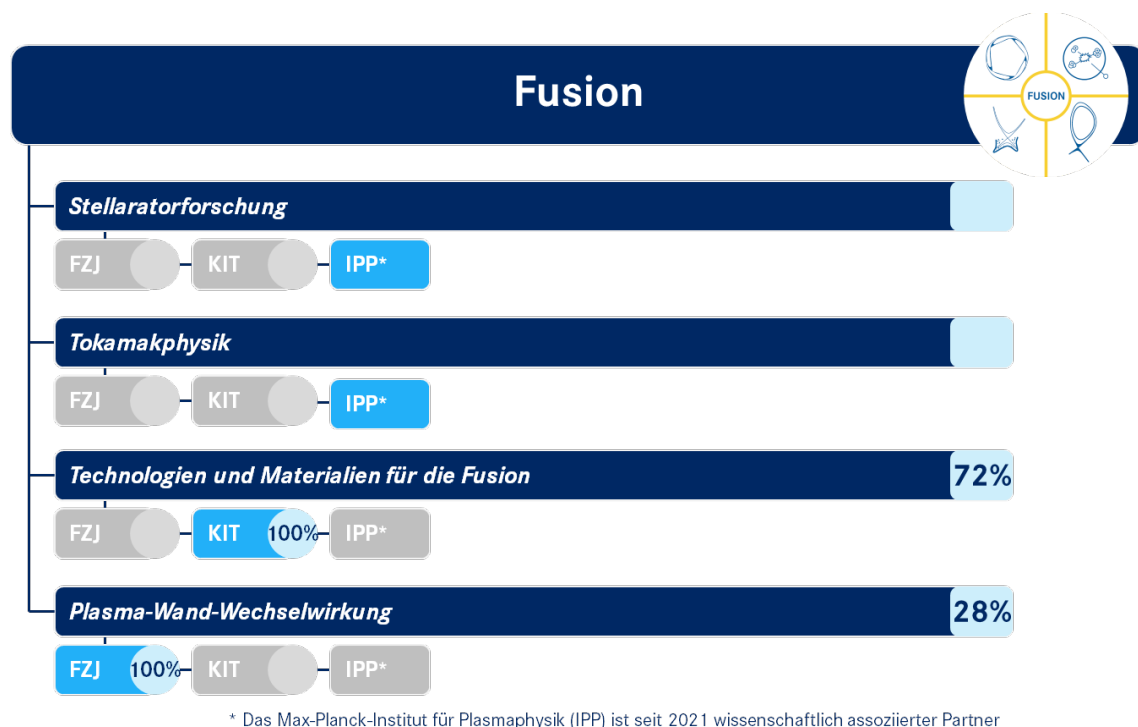


Abbildung 4: Programmstruktur Fusion

Das Programm Fusion gliedert sich in:

- Topic 1: Stellaratorforschung  
(Sprecher: Prof. Dr. Thomas Klinger, IPP)
- Topic 2: Tokamak Physics (Sprecher: Prof. Dr. Arne Kallenbach, IPP)
- Topic 3: Technologien und Materialien für die Fusion  
(Sprecher: Dr. Klaus Hesch, KIT)
- Topic 4: Plasma-Wand-Wechselwirkung  
(Sprecher: Prof. Dr. Christian Linsmeier, FZJ)

Das KIT ist nur im Topic 3 aktiv.

#### Technologien und Materialien für die Fusion

Das Topic umfasst sämtliche technologische Entwicklungen, die für die Realisierung großer Plasmaphysik-Experimente wie Wendelstein 7-X und Fusionsanlagen wie ITER bis hin zu einem Fusionskraftwerk, insbesondere dem europäischen Fusionsdemonstrationskraftwerk DEMO, notwendig sind. Dies schließt die Entwicklung, Charakterisierung und Qualifizierung der benötigten Materialien ein, die die schädigende Wirkung der Neutronenflüsse eines Fusionsplasmas hinreichend lange aushalten müssen, um einen wirtschaftlichen Kraftwerksbetrieb zu erlauben, ohne dabei langlebige Aktivierungsprodukte zu erzeugen.

### ***Neue strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen***

Querschnittsthema „The route to a Fusion Power Plant“

In diesem Querschnittsthema wird die Koordination der Untersuchungen zu den Anforderungen in Physik und Technologie zum Bau eines Fusionskraftwerks durchgeführt. Ende März wurde zum ersten Mal nach der Corona-Pause wieder ein 2-tägiger Workshop der Deutschen DEMO Working Group unter voller Beteiligung von FZJ, IPP und KIT in Garching durchgeführt. Nachdem das HGF Programm Fusion dem BMBF Input zu einem Roadmap Papier geliefert hatte, in dem als höchste Priorität der Bau eines Stellarator-Kraftwerks in Deutschland genannt wurde, widmete sich der Workshop der detaillierten Diskussion der einzelnen Themenbereiche welche hierzu bearbeitet werden müssten. In acht Beiträgen zu ‚Exhaust‘, ‚Divertor and Limiter components‘, ‚Plasma Scenario‘, ‚Breeding blanket qualification‘, ‚Materials‘, ‚Remote Maintenance‘, ‚Fuel Cycle‘ und ‚Magnets‘ wurden der jeweilige Stand sowie notwendige Maßnahmen zur Entwicklung eines Fusionskraftwerks ausführlich analysiert. Es zeigte sich, dass das deutsche Fusionsprogramm über die wesentliche erforderliche Expertise verfügt und im Falle einer entsprechenden Förderung zusammen mit der Industrie eine Roadmap zum Stellarator-Kraftwerk ausarbeiten und umsetzen könnte.

#### ***A.2.1.5.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms***

##### **Highlight 1 Topic 3: Innovativer 3D-Druck von Divertorteilen aus Wolfram**

Der Divertor ist die Komponente des Fusionsreaktors, die den höchsten Wärmebelastungen standhalten muss. Die derzeitige EUROfusion DEMO Baseline geht von 10 MW/m<sup>2</sup> im statio-

nären Zustand und bis zu 20 MW/m<sup>2</sup> bei Transienten von wenigen Sekunden aus. Als Abschirmmaterialien kommen nur Wolfram oder Wolframbasislegierungen in Frage, während für die Wärmesenke, d.h. das Rohr für das Kühlmittel, eine Kupferbasis angenommen wird. Einen neuen Ansatz verfolgt das KIT mit der additiven Fertigung der W-Abschirmung und der Verbindungsstruktur sowie der Infiltration mit dem Kupfer für die Wärmesenke. Auf diese Weise lässt sich auch bei flächigen Schildgeometrien eine Formschlüssigkeit zwischen Schild und Kühlkörper erreichen, die sonst nur durch aufwändiges Schweißen von Monoblock-Schildgeometrien, die den Kühlkörper umschließen, realisiert werden kann.

Im Jahr 2023 wurden Wolfram-Divertorteile verschiedener Geometrien erfolgreich mittels Elektronenstrahlschmelzen (EBM) dreidimensional gedruckt. Ein kleiner Prototyp („Mock-up“) wurde in der Garching LArge DIvertor Sample Test Facility (GLADIS) am IPP Garching erfolgreich auf hohe Wärmeströme getestet (100 Pulse von 20 s mit bis zu 20 MW/m<sup>2</sup>). Während der zyklischen Belastung mit 20 MW/m<sup>2</sup> stieg die Oberflächentemperatur der W-EBM-Flachdachziegel auf bis zu 2.520°C. Nach dem Test konnten keine makroskopischen Ausfälle, Beschädigungen oder Risse an den Wolfram-Flachziegeln festgestellt werden. Diese vielversprechenden Ergebnisse bilden die Grundlage für die Herstellung der nächsten Serie von Modellen mit optimierten Designs und Kühlkanälen aus CuCrZr, das temperaturbeständiger als Kupfer ist.

### **Highlight 2 Topic 3: ITER-Gyrotron-Prototyp**

Der zuverlässige Betrieb des verbesserten industriellen 170-GHz-Gyrotron-Prototyps für ITER und DTT (THA-LES TH1509U) wurde 2023 mit 1 MW Ausgangsleistung und langen Pulsen demonstriert. Zusätzlich zum zuverlässigen Betrieb bei 1 MW zeigt der Prototyp eine exzellente Modenreinheit von 97 % im Ausgangsstrahl. Der Betrieb bei einer Pulslänge von 1.000 s mit leicht reduzierter Leistung wurde bereits früher demonstriert. Es wird erwartet, dass der Betrieb bei voller Pulslänge von 1.000 s für ITER im Jahr 2024 demonstriert werden kann. Diese Zuversicht ist dadurch begründet, dass das optimierte EU ITER Gyrotron einen äußerst zuverlässigen Betrieb ohne Pulsabbrüche oder Modenkonkurrenz gezeigt hat. Der Wirkungsgrad des Gyrotrons wird durch eine Erhöhung der Gegenspannung am Kollektor weiter gesteigert werden können. Das Ergebnis wurde maßgeblich durch die Entwicklungsarbeit am KIT ermöglicht. Dies gilt für die Optimierung des physikalischen Designs und die Experimente am Gyrotron-Teststand des KIT unter Verwendung des KIT-Kurzpuls-Prototyps und des industriellen Vorprototyps TH1509.

### **A.2.1.5.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen**

*Durch eine enge Zusammenarbeit mit ITER sollten wissenschaftliche und technische Schlüsselfragen angegangen werden, um den Erfolg des ITER-Projekts sicherzustellen*

Die Entscheidung der ITER-Organisation, von einer Hauptkammerwand aus Beryllium auf eine vollständig aus Wolfram bestehende dem Plasma zugewandte Wand umzusteigen, erfordert eine Aktualisierung des ITER-Forschungsplans und dringende Forschung und Entwicklung zu mehreren Themen. ASDEX Upgrade steht als Pioniergerät im Betrieb mit Vollwolframwänden im Fokus der von IO formulierten Fragen und Aufgaben. Ende 2023 fanden mehrere Treffen

zwischen IPP- und IO-Mitarbeitenden statt, sowohl auf der Arbeits- als auch auf der Management-Ebene. Eine Priorisierung der ITER-Anfragen für die ASDEX Upgrade Experimentierkampagne 2024/25 wird aufgrund des erwarteten starken Gesamtbedarfs an Versuchszeit erforderlich sein.

Drei führende Experten aus dem Helmholtz-Fusionsprogramm (Prof. Dr. Robert Stieglitz, Leiter des KIT-Instituts für Neutronenphysik und Reaktortechnik, Prof. Dr. Hans-Stephan Bosch, Leiter des Betriebs von Wendelstein 7-X, und Dr. Ion Cristescu, Experte für den Fusionsbrennstoffkreislauf aus dem Tritium-Labor Karlsruhe am KIT) sind Mitglieder des ITER Operations Network, einem Beratungsgremium zur Vorbereitung des ITER-Betriebs.

Innerhalb des Rahmenvertrags zwischen dem KIT und ITER-IO über die Wasserstoff-Isotopen-Analysetechnologie, der 2022 geschlossen wurde, wurde der erste Task Order für die „Studie, den Entwurf und die Analysen von Laser-Raman-Systemen (LRS)“ unterzeichnet, gemäß den Spezifikationen durchgeführt und erfolgreich abgeschlossen. In der zweiten Hälfte des Jahres 2023 wurden drei weitere Task Orders vorbereitet und schließlich im November 2023 unterzeichnet. Darüber hinaus qualifiziert das KIT innerhalb eines Rahmenvertrags mit F4E die Diamant-Mikrowellenfenster für die ITER-Elektronenzyklotron-Resonanzheizung.

*Die strategischen Auswirkungen des Stellarator-Konzepts für DEMO und darüber hinaus sollten behandelt werden.*

Aufgrund der deutschen Spitzenstellung auf dem Gebiet der Stellarator-Forschung werden die Entwicklung der Grundlagen für ein Stellarator-Kraftwerk im nationalen Programm deutlich intensiver als im europäischen Konsortium EUROfusion behandelt. Das ist nicht zuletzt der Tatsache geschuldet, dass das weltweit größte und fortschrittlichste Stellaratorexperiment Wendelstein 7-X Teil des deutschen Fusionsprogramms ist.

Zudem gibt es inzwischen zwei privat finanzierte Startups, Proxima Fusion und Gauss Fusion, die beide auf das Stellaratorkonzept setzen. Erste gemeinsame Arbeiten zwischen diesen Firmen und der am Fusionsprogramm beteiligten Zentren werden durch ein BMBF-Projekt unterstützt.

Als Teil der Gesamtstrategie wurde damit begonnen, eine Reaktorstudiengruppe mit dem Focus auf Stellaratoren am IPP zu etablieren. Hierbei sollen Synergien genutzt werden, die sich daraus ergeben, dass am IPP sowohl Stellarator (mit Wendelstein 7-X) als auch Tokamaks (mit ASDEX Upgrade) erforscht werden.

*Die Kommunikation von Präzisionsdesign, Präzisionsfertigung und Feinwerktechnik an andere Industriezweige sollte verfolgt werden*

Die Qualifizierung des Verfahrens zur Herstellung von Bauteilen mit „Metall-3D-Druck“ (SLM, L-PBF) für den Einsatz an Wendelstein 7-X wurde abgeschlossen. Das erarbeiteten Vorgehen wird seitdem angewandt. Die Ergebnisse wurden veröffentlicht [1]. Das Verfahren eignet sich sehr gut für thermisch hochbelastete, dünnwandige Bauteile aus Edelstahl mit innenliegenden Kühlkanälen. Derartige Bauteile lassen sich konventionell nur mit viel höherem Aufwand herstellen. An Wendelstein 7-X werden diese Bauteile jetzt häufig als Plasma-zugewandte Hitzeschutzabdeckungen eingesetzt.

[1] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920379623005999>

#### **A.2.1.5.4 Strategische Themen**

##### ***Vernetzung***

Die Zentren IPP, FZJ und KIT sind integraler Bestandteil des von der Europäischen Kommission geförderten EUROfusion-Konsortiums, in dem seit 2014 alle europäischen Fusionslabore sowie zahlreiche Universitäten aus 28 europäischen Ländern zusammengeschlossen sind. Das IPP fungiert als Koordinator des Konsortiums und auch des 2021 für FP9 neu abgeschlossenen Grant Agreements mit der Europäischen Kommission, mit der Besonderheit, dass Deutschland mit IPP, FZJ und KIT drei Mitglieder aus einem Land hat. Die Zentren beteiligen sich an allen Missionen der EUROfusion-Roadmap und übernehmen in vielen Projekten eine führende Rolle. Auf internationaler Ebene tragen die deutschen Zentren zur Fertigstellung und Inbetriebnahme von ITER, dem weltweit größten Energieforschungsprojekt, bei, sowohl direkt über Verträge mit ITER als auch über die europäische Agentur Fusion for Energy (F4E), einschließlich Kooperationen mit der Industrie.

##### ***Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft***

KIT und IPP haben Rahmenkooperationsverträge mit mehreren Fusions-Start-ups unterschrieben: KIT und IPP mit Proxima Fusion (München), KIT mit Kyoto Fusion Engineering (Kyoto, Japan), das IPP mit Gauss Fusion (KIT steht hier auch kurz vor der Unterzeichnung) sowie dem US-Unternehmen Commonwealth Fusion (USA). Aufbauend auf zusätzlichen Ressourcen wird dies die Grundlage für gemeinsame Entwicklungen im Bereich der Fusionstechnologie bilden, die das Potenzial haben, die Fusion schneller zur kommerziellen Nutzung zu bringen. Des Weiteren ist am KIT das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt „Fusion Industrial Liaison Office“ angesiedelt und bildet damit die operative Basis für den deutschen ITER Industrial Liaison Officer, das Verbindungsbüro in Aix-en-Provence und das „Forum Fusion Deutschland“, das regelmäßige Austauschtreffen zwischen der deutschen Industrie und den deutschen Fusionszentren organisiert. Im Berichtszeitraum fanden zwei solcher Treffen unter breiter Beteiligung von Industrie und Fusions-Start-ups, Forschungseinrichtungen und Politik in Berlin und in Aix-en-Provence statt, wobei letzteres insbesondere für die Industrieteilnehmer die Möglichkeit bot, die ITER-Baustelle zu besichtigen.

##### ***Drittmittelinwerbung***

Im Rahmen von EUROfusion haben die drei Zentren im Jahr 2023 eine Gesamtfördersumme von 35,9 Mio Euro eingeworben (IPP: 17,5 Mio Euro, KIT: 15,3 Mio Euro, FZJ: 3,1 Mio Euro; ohne Unteraufträge: IPP: 17,2 Mio Euro, KIT: 8,9 Mio Euro, FZJ: 3 Mio Euro). Die drei Zentren sind an 23 der 26 Work Packages (IPP: 19, KIT: 20, FZJ: 3) des EUROfusion-Arbeitsprogramms beteiligt und stellen dabei 8 der 20 Projektleiter (IPP: 3, KIT: 2, FZJ: 3).

Innerhalb des Rahmenvertrags zwischen KIT und Fusion for Energy (F4E) zur Qualitätssicherung der Diamantfenster für die ITER-Mikrowellenplasmaheizung wurden die Arbeiten mittels eines dritten Calls (bis max. 680 TEuro) zur Charakterisierung und Qualifizierung der von Diamond Materials GmbH & Co. KG hergestellten Diamantfenster fortgesetzt. Innerhalb des Rahmenvertrags zwischen KIT und ITER-IO zur Wasserstoff-Isotopen-Analyse-Technologie wurde der erste Task Order zur Untersuchung, Auslegung und Analyse von Laser-Raman-Systemen im Dezember 2023 erfolgreich abgeschlossen; drei neue Task Order wurden unterzeichnet (Gesamtwert bisher ~ 240 TEuro).

#### **A.2.1.5.5    *Senatsempfehlungen***

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts im Jahr 2023 zu eigen und beschließt ihn als seine Bewertung zum Programmfortschritt 2023. Er bestätigte damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für das Jahr 2023.

#### **A.2.1.6    *Programmanteil Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research (NUSAFE)***

##### **A.2.1.6.1    *Das Programm im Überblick***

##### ***Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich***

Die Entsorgung radioaktiver Abfälle, die Sicherheit der Kernreaktoren und die Strahlenforschung sind wesentliche Aspekte der gesellschaftlichen Vorsorgeforschung, die die Helmholtz-Gemeinschaft maßgeblich durchführt und ein Beitrag zum deutschen Gemeinschaftsprojekt „Energiewende“ ist. Die letzten drei Kraftwerke zur Stromerzeugung aus Kernenergie in Deutschland wurden im April 2023 vom Netz genommen. Der Rückbau der kerntechnischen Anlagen sowie die sichere Entsorgung der radioaktiven Abfälle einschließlich der tiefeingeologischen Endlagerung werden in Deutschland bis mindestens zum Ende des Jahrhunderts andauern. Gleichzeitig hat die Stromerzeugung aus Kernenergie weltweit einschließlich einiger Nachbarstaaten Deutschlands eine langfristige Perspektive.

Bei der Suche nach einem Standort für ein tiefeingeologisches Endlager für hoch-radioaktive Abfälle wurde 2020 ein erster Meilenstein erreicht (Zwischenbericht Teilgebiete, BGE). In einem wissenschaftsbasierten und transparenten Verfahren soll durch den Vergleich mehrerer Standorte in unterschiedlichen Wirtsgesteinsformationen der Endlagerstandort mit der bestmöglichen Sicherheit für einen Zeitraum von einer Million Jahren ausgewählt werden. Die am NUSAFE beteiligten Helmholtz-Zentren fokussieren auf anwendungsorientierte Grundlagenforschung zur Endlagersicherheit. Hierbei wurden der Dialog mit den relevanten Organisationen (BGE, BGZ, BASE) fortgesetzt und Beiträge in die gesellschaftliche Diskussion mit der Öffentlichkeit eingebracht. Die BGE hat mitgeteilt, dass der gemäß Standortauswahlgesetz angestrebte Zeitpunkt der Standortentscheidung (2031) nicht haltbar ist und das Verfahren voraussichtlich mehrere Jahrzehnte länger dauern wird. Damit würden der Betriebsbeginn des Endlagers und der Beginn der Einlagerung wahrscheinlich erst gegen Ende des Jahrhunderts erfolgen. Das NUSAFE Programm hat begonnen, Beschleunigungspotenziale für diesen Prozess auszuloten.

Die Sicherheitsstandards beim Betrieb deutscher Kernkraftwerke befanden sich in den vergangenen Jahrzehnten auf einem sehr hohen Niveau, nicht zuletzt durch die Beiträge der Helmholtz-Gemeinschaft. Neben der Bewertung der Sicherheit deutscher Anlagen wurde bereits in der Vergangenheit die Sicherheit ausländischer Anlagen untersucht. Dies betrifft in neuerer Zeit auch im benachbarten Ausland geplante neue Reaktorkonzepte, wie beispielsweise Small Modular Reactors. Nicht erst seit dem Reaktorunfall in Fukushima ist die Notwendigkeit der Verfügbarkeit kerntechnischer Kompetenz für die Bewertung derartiger Ereignisse deutlich geworden.

Vor diesem Hintergrund bearbeitet das Forschungsprogramm NUSAFE ein breites Spektrum an Themen zu diesen Aspekten in enger Zusammenarbeit mit den Universitäten in Deutschland wie auch im internationalen Kontext. Hiermit leisten das Forschungsprogramm NUSAFE und die daran beteiligten Helmholtz-Zentren einen substanziellen Beitrag zu Aufbau, Weiterentwicklung und Erhalt der wissenschaftlich-technischen Kompetenz und zur Nachwuchsförderung im Bereich der nuklearen Sicherheitsforschung in Deutschland. Das Programm NUSAFE adressiert damit die Vorstellungen der Bundesregierung zur Kompetenz- und Nachwuchsentwicklung für die nukleare Sicherheit mit spezifischen Aufgaben für die Helmholtz-Gemeinschaft.

## Programmstruktur

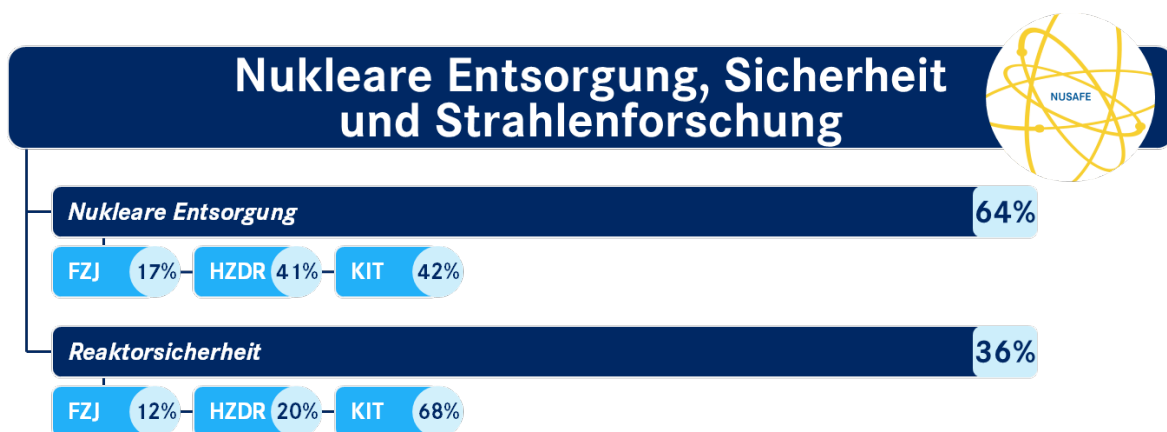


Abbildung 5: Programmstruktur NUSAFE

### Topic 1: Nukleare Entsorgung (Sprecher: Prof. Dr. Horst Geckeis, KIT)

Dieses ProgrammtHEMA umfasst grundlegende und angewandte Forschung zu allen geo-/bio-chemischen und insbesondere radiochemischen Fragestellungen, die mit der sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle in geologischen Formationen sowie mit der Standortauswahl verbunden sind. Ziel ist die Erarbeitung eines fundamentalen Verständnisses der in einem Endlagersystem ablaufenden Prozesse und der Ableitung entsprechender quantitativer Daten unter Anwendung einzigartiger Infrastrukturen in den beteiligten Helmholtz-Zentren. Hierzu gehören auch grundlegende Untersuchungen z.B. zur Natur der chemischen Bindungen von endlagerrelevanten Radioelementen wie den Actiniden. Weitere Arbeiten dienen der Entwicklung innovativer Technologien und Strategien sowohl für den Rückbau kerntechnischer Anlagen als auch für die Behandlung und Konditionierung radioaktiver Abfälle, die aus verschiedenen Abfallstoffströmen stammen. Gezielte Studien befassen sich mit der möglichen Degradation von bestrahltem Kernbrennstoff bei einer möglichen verlängerten Zwischenlagerung weit über den geplanten Zeitraum von derzeit 40 Jahren hinaus. Außerdem werden Konzepte, Methoden und Techniken zur internationalen Kernmaterialüberwachung weiterentwickelt.



Topic 2:                      Reaktorsicherheit  
                                    (Sprecher: Dr. Sören Kliem, HZDR)

Das Programmthema befasst sich mit sicherheitsrelevanten Phänomenen und Prozessen bei Auslegungs- und auslegungsüberschreitenden Störfällen. Schwerpunkte liegen dabei auf der Entwicklung und Validierung von neutronenkinetischen und thermohydraulischen (hier zunehmend CFD) Modellen sowie auf der Schaffung wissenschaftlicher Konzepte für die Bewertung des Werkstoffverhaltens unter reaktortypischen Bedingungen. Ein weiteres Thema ist die Verbesserung des externen Notfallschutzes mit Bezug zu radiologischen Folgen von kerntechnischen Unfällen. Mit seinen großskaligen thermohydraulischen Versuchsanlagen besitzt das Programmthema eine einzigartige Infrastruktur und Expertise, die international stark nachgefragt wird.

### ***Neue strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen***

Aufgrund des deutlich verlängerten Zeitbedarfs des Standortauswahlverfahrens wurde im Programm NUSAFE eine interne Diskussion begonnen, um aus wissenschaftlich-technischer Sicht Beschleunigungs- und Optimierungspotenziale zu evaluieren. Gleichzeitig verlängert sich auch der benötigte Zeitraum für die Zwischenlagerung. Wissenschaftliche Fragestellungen in diesem Kontext sowie optimierte Entsorgungspfade werden daher zukünftig im Programm NUSAFE einen noch höheren Stellenwert als bisher einnehmen.

Die Helmholtz-Reaktorsicherheitsforschung im Programm NUSAFE ist eine treibende Kraft für die Bewertung und Verbesserung der Sicherheit von Kernreaktoren. Sie spielt eine entscheidende Rolle bei der gesellschaftlichen Vorsorgeforschung und trägt maßgeblich zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik bei. Die Forschungsergebnisse sind nicht nur national von Bedeutung, sondern haben auch einen großen Einfluss auf internationale Sicherheitsstandards. Die Sicherheitsbewertung neuer Reaktorkonzepte, die weltweit entwickelt werden und innovative Ansätze für eine sichere Kernenergienutzung bieten, stellt eine neue Herausforderung dar. Die Helmholtz-Zentren verfügen über erstklassige Infrastrukturen und setzen ihre Expertise in internationalen Kooperationen ein. Damit können sie aktiv die Zukunft der Reaktorsicherheitsforschung gestalten und zu einer hohen Sicherheitskultur beitragen. Dazu gehört auch die stetige Weiterentwicklung des Entscheidungshilfesystems RODOS (Realtime Online Decision Support System) für den Katastrophenschutz, das u.a. in der Ukraine eingesetzt wird. Die Forschung befasst sich aber auch mit neuen Fragen im Zusammenhang mit der Langzeit-Zwischenlagerung von Brennelementen.

#### ***A.2.1.6.2      Wissenschaftliche Highlights des Programms***

##### **Highlight 1 – Topic 1: Neue Simulationstools zur Radionuklidadsorption**

NUSAFE-Partner entwickeln neue Simulationstools zur konsistenten Beschreibung von Oberflächenkomplexierungsprozessen und der elektrostatischen Potentialverteilung in nanoporösen Materialien. Die Kombination des Charge-Regulation Ansatzes mit geochemischen Gleichgewichtsrechnungen zur wässrigen Speziation und Oberflächenkomplexierung erlaubt die Simulation der Radionuklidadsorption an Mineraloberflächen und der Radionuklidspeziation in Porenräumen, auch in nanoporösen Strukturen, in denen die elektrischen Doppelschichten benachbarter Mineraloberflächen überlappen. Unter diesen Bedingungen, je nach

Ionenstärke auf einer Entfernungsskala von ca. 2 nm - 100 nm, wie sie zum Beispiel für Porenräume in Tongesteinen typisch sind, sind herkömmliche elektrostatische Oberflächenkomplexierungsmodelle nicht anwendbar, und die Lösungen sind nicht ladungsneutral.

Im Rahmen neuer Projekte (z.B. EURAD-II) sollen entsprechende Modelle gezielt für Tonminerale weiterentwickelt und parametrisiert werden. Das Ziel ist eine verbesserte und physikalisch konsistente Beschreibung von Sorptions-, Oberflächendiffusions- und Anionenausschlusseffekten in Tongesteinen.

**Heberling, F.; Lützenkirchen, J.; Gil-Díaz, T.** Bookchapter in *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*, (2023).

## **Highlight 2 – Topic 1: Mechanistisches Verständnis des Verhaltens abgebrannter Kernbrennstoffe in einem tiefeingeologischen Endlager**

Abgebrannter Kernbrennstoff aus Leistungsreaktoren bildet den wesentlichen Teil des endzulagernden hochradioaktiven Abfallinventars in Deutschland. NUSAFE-Institute beschäftigen sich seit vielen Jahren mit dem Freisetungsverhalten von Spalt- und Aktivierungsprodukten aus abgebrannten Kernbrennstoffen unter endlager-relevanten Bedingungen. Hierzu werden sowohl Experimente mit abgebrannten Kernbrennstoffen in abgeschirmten heißen Zellen als auch Einzeleffektstudien mit vereinfachten Modellsystemen durchgeführt. In Zusammenarbeit mit dem belgischen Kernforschungszentrum SCK CEN wurde die sogenannte Instant Release Fraction von Spaltprodukten (u. a. Cs-137, I-129, Sr-90 und Tc-99) und Spaltgasen (Kr und Xe) sowie die Korrosion der Brennstoffmatrix für konventionelle UO<sub>2</sub>-basierte Brennstoffe und Uran-Plutonium Mischoxidbrennstoffe (MOX) unter anoxischen bzw. stark reduzierenden Bedingungen experimentell quantifiziert. Dabei konnte gezeigt werden, dass, im Unterschied zur Freisetzung von Radionukliden aus der Brennstoffmatrix, die Redoxbedingungen nur einen geringen Einfluss auf die quasi-instantane Freisetzung der Spaltprodukte haben. Neben einem signifikanten Wasserstoff-Inhibierungseffekt hinsichtlich der längerfristigen Spaltproduktfreisetzung (Änderung des Freisetzungsmechanismus) zeigte sich auch eine deutliche Abhängigkeit der Mobilisierungsrate von der Brennstableistung (linear heat generation rate, LHGR). Komplementär zu den Untersuchungen an abgebrannten Kernbrennstoffen wurden Studien an UO<sub>2</sub>-basierten Modellsystemen zur Aufklärung von Einzeleffekten der Brennstoffkorrosion fortgesetzt. Mit modernsten mikroskopischen und spektroskopischen Methoden konnte dabei die bislang kontrovers diskutierte Speziation von Cr in modernen Cr-gedopten störfall-toleranten Brennstoffen (accident tolerant fuel, ATF) aufgeklärt werden, was zukünftig zum tieferen Verständnis des Langzeitverhaltens abgebrannter moderner Kernbrennstoffe unter Zwischen- und Endlagerbedingungen beitragen wird.

**Murphy, G.L.; Gericke, R.; Gilson, S.; Bazarkina, E.F.; Rossberg, A.; Kaden, P.; Thümmel, R.; Klinkenberg, M.; Henkes, M.; Kegler, P.; Svitlyk, V.; Marquardt, J.; Lender, T.; Hennig, C.; Kvashnina, K.O.; Huittinen, N.:** *Nature Communications*, 14 (2023) 2455.

**Mennecart, T.; Iglesias, L.; Herm, M.; König, T.; Leinders, G.; Cachoir, C.; Lemmens, K.; Verwerft, M.; Metz, V.; Gonzalez-Robles, E.; Meert, K.; Vandoorne, T.; Gaggiano, R.:** *Journal of Nuclear Materials*, 588 (2024) 154811.

**Schreinemachers, C., Leinders, G., Van Eyken, J., Mennecart, T., Cachoir, C., Lemmens, K., Verwerft, M., Deismann, G., Bosbach, D., Modolo, G.** *MRS Advances* 9 (2024), <https://doi.org/10.1557/s43580-024-00791-7>.

## **Highlight 3 – Topic 2: JRODOS: Mehr Resilienz durch präzise Impact-Analysen von kerntechnischen Unfällen und nuklearen Gefahren:**

Nach dem Tschernobyl-Unglück entwickelten Forschende am KIT die Entscheidungsunterstützungssoftware JRODOS. Diese ist integraler Bestandteil einer Rechenkette mit Codes wie ASTEC und MELCOR, um Nuklearunfallfolgen zu berechnen. JRODOS nutzt diverse Simula-

tionsmodelle, darunter für atmosphärische Verbreitung, aquatische Auswirkungen und Nahrungsketten. Damit ermöglicht es präzise Vorhersagen zur Ausbreitung radioaktiver Substanzen und berechnet die radiologischen Folgen für Mensch und Umwelt. Das System bewertet zudem die Effektivität von Katastrophenschutzmaßnahmen. Mit Installationen in über 40 Ländern, einschließlich der Ukraine, ist JRODOS weltweit im Einsatz und steht somit nicht nur für technologische Innovation, sondern auch für eine international vernetzte Zusammenarbeit im Streben nach nuklearer Sicherheit.

Besonders erwähnenswert ist, dass seit April 2022 Mitarbeitende des KIT stündlich Szenarien für ukrainische Kernkraftwerke rechnen, bei denen radioaktive Materialien freigesetzt werden. Die gewonnenen Daten werden mit den Ergebnissen japanischer Forschenden verglichen, die ein anderes System nutzen und regelmäßig den Kolleginnen und Kollegen in der Ukraine zur Verfügung gestellt. Diese Berechnungen können grundsätzlich für alle weltweit in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke durchgeführt werden.

Vor dem Hintergrund neu geplanter Kernkraftwerke in Europa, einschließlich der kleinen modularen Reaktoren, steht JRODOS für eine entscheidende Unterstützung für die Sicherheit und den Schutz vor den Folgen nuklearer Unfälle.

*Sanchez-Espinoza, V.H.; Gabrielli, F.; Imke, U.; Zhang, K.; Mercatali, L.; Huaccho, G.; Duran, J.; Campos, A.; Stakhanova, A.; Murat, O.; Mercan, A.K.; Etcheto, J.; Steinbrück, M.; Stuckert, J.; Gabriel, S.; Ottenburger, S.; Stieglitz, R.; Tromm, W.: Nuclear Engineering and Design, 414 (2023)112573.*

#### **A.2.1.6.3    Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen**

*Angesichts des bevorstehenden Ausstiegs aus der Kernenergieproduktion hängt der Erfolg von NUSAFE mit all seinen Themen entscheidend vom erfolgreichen Zusammenspiel zwischen (1) einem starken Engagement der Regierung, (2) der Aufrechterhaltung wissenschaftlicher Qualität von Weltrang und Investitionen in erstklassige Infrastruktur wie HOVER, (3) strategischer Planung, (4) der Rekrutierung und Bindung junger Talente und Lehrkräfte ab.*

NUSAFE-Partner haben mit der deutschen Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) intensiv über eine wissenschaftliche Unterstützung des Standortauswahlverfahrens diskutiert und im Jahr 2023 drei Projekte vereinbart. Im Rahmen dieser Projekte erfolgt eine intensive Zusammenarbeit, in deren Zuge ein Wissens- und Datentransfer in das laufende Standortauswahlverfahren stattfindet. Behandelte Themen betreffen die Zusammenstellung relevanter Radionuklidlisten sowie generische Daten zu Radionuklidquelltermen, die für Sicherheitsuntersuchungen relevant sind. Ein weiteres Projekt befasst sich mit Anforderungen an Endlagerkonzepte, bei denen schwach- und mittelfradioaktive Abfälle am gleichen Standort eines Lagers für hochradioaktive Abfälle vorgesehen sind.

Ein regelmäßiger Austausch sowie eine Abstimmung der strategischen Planung erfolgt durch die Mitwirkung von NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern im Kompetenzverbund Kerntechnik, in dem die wichtigsten Akteure der Reaktorsicherheitsforschung in Deutschland mitarbeiten, die Hochschulen, Helmholtz-Zentren, die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) und Vertreterinnen sowie Vertreter der Ministerien und der Industrie.

Im Lauf des vergangenen Jahres fanden mehrere Gespräche der Vorstände der drei in NUSAFE involvierten HGF-Zentren mit BMBF-Staatssekretärin Frau Pirscher zur Zukunft der Forschung zur Reaktorsicherheit innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft statt. Eine NUSAFE-

Arbeitsgruppe legte ein Konzeptpapier zur zukünftigen Ausrichtung der Reaktorsicherheitsforschung vor und entwickelte darin entsprechende Vorschläge zum zukünftigen Inhalt und der Ausstattung.

Teile der Forschungsinfrastruktur HOVER, bei denen keine Baumaßnahmen erforderlich waren ( $\mu$ -Spektromikroskopielabor, Elektronenmikroskopielabor mit fokussiertem Ionenstrahl (FIB-REM), Laboreinrichtung zur Untersuchung des Versprödungsverhaltens von Brennstoffhüllrohren unter Zwischenlagerbedingungen), konnten mittlerweile realisiert und in Betrieb genommen werden. Erhebliche Steigerungen im Finanzbedarf und zeitliche Verzögerungen traten bei der Realisierung des HOVER BIM-Labors (Building Information Modelling) als virtuelles Labor zur Optimierung des Rückbaus kerntechnischer Anlagen auf. Entsprechende Forschungsarbeiten konnten daher nicht wie geplant im Jahr 2023 begonnen werden. Im Rahmen einer Kompromisslösung werden Teile des BIM-Labors verzögert im Jahr 2024 in Betrieb gehen können.

Bei allen Einrichtungen, für die Baumaßnahmen erforderlich sind, traten enorme Kostensteigerungen auf, wodurch eine Realisierung in absehbarer Zeit in Frage gestellt ist. Es ist darauf hinzuweisen, dass nur mit dem Aufbau der gesamten innovativen Infrastrukturen des HOVER-Projekts sichergestellt werden kann, dass in NUSAFE strategisch wichtigen Themenfelder weiterhin mit hoher wissenschaftlicher Qualität und auf internationalem Niveau weiterbearbeitet sowie junge Talente sowie Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler rekrutiert werden können.

Die Rekrutierung von Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern in NUSAFE ist weiterhin stabil, ebenso die Zahl der Promovierenden (127 im Jahr 2023). In den letzten Jahren konnten junge NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler erfolgreich diverse Nachwuchsgruppen und ERC Grants einwerben. Hinsichtlich der Bindung junger Talente und Lehrkräfte kann Dr. Tonya Vitova als gelungenes Beispiel genannt werden, die nach ihrer Promotion im Jahr 2008 als PostDoc ans KIT kam, zunächst über das EU-Projekt ACTINET finanziert wurde, im Jahr 2011 eine Helmholtz Nachwuchsgruppe (VH-NG-734) und im Jahr 2020 einen ERC Consolidator Grant einwerben konnte und sich derzeit auf eine Professur am KIT bewirbt.

*In Abstimmung mit den zuständigen Ministerien soll das Helmholtz-Team ein Konzept entwickeln und umsetzen, dass diesen vier Anforderungen gerecht wird. Dabei sollten insbesondere folgende Aspekte berücksichtigt werden:*

*Entwicklung einer eigenen, auf die Regierungspolitik abgestimmten Forschungsstrategie zur Bewältigung der spezifischen Herausforderungen in Deutschland im internationalen Kontext auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit einschließlich der Herausforderungen der längerfristigen Zwischenlagerung*

Die Abstimmung der Forschungsstrategie erfolgte vorrangig über Gremienarbeit und direkte Kontakte zu den Ministerien (BMBF, BMUV) sowie zu den zuständigen Organisationen BGE, BASE und BGZ in starker Anlehnung an internationale Netzwerke europäischer Forschungseinrichtungen, z.B. EURAD SCIENCE und die Technologieplattformen SNETP (Sustainable Nuclear Energy Technology Platform) und IGDTP (Implementing Geological Disposal of radioactive waste Technology Platform). Träger waren dabei die NUSAFE-Partner selbst, die Einzelinstitutionen sowie die DAEF (Deutsche Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung). Die existierende sehr gute Vernetzung der NUSAFE-Partner in der europäischen Community kann zukünftig genutzt werden, um vermehrt entsprechende EURATOM-Forschungsprojekte einzuwerben.

Das BMUV hat im Hinblick auf die europäische Forschungsförderung einen EURAD-Steuerkreis unter Beteiligung von NUSAFE eingerichtet.

#### *Klare Vision für die Allokation von Personalressourcen*

Durch die Einwerbung neuer Projekte im Jahr 2023 konnte auch neues Personal (Promovierende, PostDocs) eingestellt werden (z.B. BMUV: EVIDENT, KuRSiV, SANGUR, z.B. BMBF: EKONT-2, FENABIUM-II, TRANSIENT). Allerdings stellen zusätzlich zu dem hohen wissenschaftlichen Anspruch des Programms NUSAFE die Kostensteigerungen im Personalbereich für die Allokation von Personalressourcen eine große Herausforderung dar.

#### *Auswahl der wichtigsten langfristigen strategischen Partner in Ländern mit einem langfristigen Engagement in der Kernenergie*

Als die wichtigsten internationalen strategischen Kooperationspartner sind im europäischen Rahmen das PSI, Villigen (Schweiz), SCK CEN, Mol (Belgien), CEA (Frankreich), ÚJV Řež (Tschechien), VTT (Finnland), University of Cambridge (GB), University of Manchester (GB), Subatech, Nantes (Frankreich), University of Helsinki (Finnland) und das Institut Jožef Stefan, Ljubljana (Slowenien) zu nennen. Aus Übersee sind das Glenn T. Seaborg Institute, Livermore (USA), verschiedene nationale Einrichtungen des DOE (Department of Energy) der USA (Argonne-, Idaho-, Oak Ridge- und Savannah River National Laboratory) sowie die Tokyo University (Japan) herauszuheben.

### **A.2.1.6.4 Strategische Themen**

#### ***Talentmanagement***

Zahlreiche Forschende des Programms NUSAFE engagieren sich bei der Qualifizierung junger Mitarbeitender durch die intensive Betreuung von Promovierenden sowie die Beteiligung an der Lehre. Die Vorlesungen und sonstigen Lehrveranstaltungen decken das gesamte Spektrum an Arbeitsthemen des Helmholtz-Programms ab und werden hauptsächlich an den Helmholtz-Zentren oder assoziierten Universitäten erteilt, aber auch an verschiedenen weiteren Universitäten (Universität Heidelberg und teilweise auch im Ausland, z. B. Université de Strasbourg, Frankreich) sowie an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg.

Im Jahr 2023 gab es 61 betreute Promovierende im Programm NUSAFE am KIT, darunter sehr viele internationaler Herkunft. Der weitaus größte Teil dieser Promovierenden wurden aus verschiedenen Drittmittel-Quellen finanziert, zum größten Teil aus europäischer und nationaler Projekt-Förderung, aber auch aus Industriemitteln oder durch Stipendien.

Justice Nwade erhielt einen Student Grant für die Nuclear Corrosion Summer School (Nu-CoSS-23) im Juli 2023 in Slowenien.

Dr. Carla-Olivia Krauß wurde im Rahmen des OECD/NEA Global Forum Rising Stars Programms für die Teilnahme am ersten Rising Star Workshop ausgewählt. Bei diesem Workshop, der im September 2023 am Massachusetts Institute of Technology (USA) stattfand, hielt sie einen Vortrag zum Thema Trennverfahren (Nasssiebung und Magnetabscheidung) für die Behandlung von radioaktivem Sekundärabfall, der bei der Stilllegung von kerntechnischen Anlagen aus dem Wasserstrahl-Suspensionsschneiden anfällt.

Ein Wissenschaftler und ein Ingenieur haben am KIT die Betreuung von Studierenden der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) übernommen. Die Studierenden können innerhalb der dreijährigen Studienzeit den Bachelor of Engineering erwerben. In den alternierenden Praxisphasen stehen sie als Mitarbeitende dem KIT zur Verfügung und sammeln so bereits im Rahmen ihres Studiums praktische Erfahrungen, u. a. auch an den einzigartigen NUSAFE-Versuchsanlagen wie z.B. COSMOS-H. Derzeit werden sechs DHBW-Studierende der Fachrichtungen Maschinenbau, Verfahrenstechnik und Elektrotechnik ausgebildet.

Zwischen März und September 2023 erhielten insgesamt 13 Studierende der Université Grenoble Alpes (Frankreich) die Möglichkeit, ein Praktikum im KIT/INR zu absolvieren. Dabei handelte es sich um zwölf Pflichtpraktika und ein freiwilliges Praktikum. An der Betreuung der Studierenden aus unterschiedlichen Studiengängen waren NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler aus verschiedenen Arbeitsgruppen beteiligt.

Im Rahmen des Nuclear Engineering Masterprogramms des Paul Scherrer Instituts und der ETH Zürich (Schweiz) haben 25 Studierende die Abteilung Rückbau am KIT/TMB besucht. Das Masterprogramm bietet eine Vertiefungsvorlesung zum Rückbau kerntechnischer Anlagen an, hierbei ist der Besuch einer technischen Einrichtung ein wichtiger Bestandteil des Curriculums. Bei diesem Besuch wurde den Studierenden durch NUSAFE-Mitarbeitende ein Einblick in die vielen Facetten der Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet angeboten.

#### Habilitationen und Berufungen:

Dr. Frank Heberling habilitierte sich am 18. Oktober 2023 am KIT im Fachgebiet Umweltmineralogie und Geochemie.

#### Ausrichtung von Workshops, Konferenzen usw. zur Qualifizierung junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler:

Die NUSAFE-Partner haben sich im Berichtsjahr durch die Organisation und Ausrichtung von Konferenzen und Workshops bei der Qualifizierung von jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern engagiert:

In Kooperation mit SUBATECH, Frankreich, organisierten NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler die 18th International Conference on the Chemistry and Migration Behaviour of Actinides and Fission Products in the Geosphere (MIGRATION 2023) in Nantes, Frankreich. In 255 Vortrags- und Posterbeiträgen tauschten sich Experteninnen und Experten sowie junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler – darunter auch viele aus den NUSAFE-Instituten – aus 18 Ländern über ihre neuesten wissenschaftlichen Ergebnisse aus. Themenkomplexe umfassen bio/geo/radiochemische Prozesse, die im Kontext der Endlagerung radioaktiver Abfälle von Relevanz sind und die das Migrationsverhalten von Radionukliden in geologischen Systemen betreffen.

Weiterhin waren NUSAFE-Forschende in Kooperation mit dem Los Alamos National Laboratory (USA) maßgeblich an der Organisation des Actinide and Brine Chemistry in a Salt Repository Workshop VII (ABC Salt VII) im Juli 2023 in Santa Fe (USA) beteiligt sowie in Kooperation mit der OECD/NEA am Database Project Course – 7th edition: Thermodynamic data collection and assessment im September 2023 in Nantes (Frankreich). Bei der VDI-Fachkonferenz Rückbau kerntechnischer Anlagen mit Spezialtag, die im Juli 2023 stattfand, hatte ein NUSAFE-Wissenschaftler die Konferenzleitung.

Die International Frédéric Joliot / Otto Hahn Summer School on Nuclear Reactors, die jährlich gemeinsam von CEA (Frankreich) und KIT organisiert und ausgerichtet wird, fand 2023 wieder in Karlsruhe statt. Schwerpunkt war „Digital Twins: New Horizons in Nuclear Reactor Design

and Optimisation“. Für die rund 50 teilnehmenden jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus nahezu 20 Ländern standen neben Vorlesungen, Seminaren und Gruppendiskussionen auch Besichtigungen von KIT-Versuchsanlagen auf dem Programm.

Im Februar 2023 fand am KIT ein von NUSAFE-Mitarbeitenden organisierter Workshop der Technical Area 2 – Severe Accidents der europäischen Sustainable Nuclear Energy Technology Platform (SNETP) statt. Weiterhin richteten NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler, meist gemeinsam mit weiteren Projektpartnern, verschiedene Workshops und Trainingskurse im Rahmen von EU-Projekten aus, z.B. INNUMAT-Workshop über Standardisierung und Qualifizierung innovativer Werkstoffe der Kerntechnik, EURAD/CORI Workshops oder SEAKNOT Workshop.

Im Oktober 2023 besuchten 16 Teilnehmende des FTU-Fortbildungskurses „Stilllegung – Abbau kerntechnischer Anlagen“ die Versuchshalle des KIT/TMB. Inhalte des Kurses waren u.a. der Erwerb von rechtlichen, genehmigungsrelevanten, theoretischen sowie praktischen Kenntnissen hinsichtlich der Stilllegung, des Freimessens und des Abbaus kerntechnischer Anlagen. Im Dezember 2023 fand am KIT der 28. Internationale QUENCH Workshop mit ca. 50 Teilnehmenden statt. Schwerpunkte der Vorträge und Diskussionen waren unfalltolerante (ATF) Hüllrohrmaterialien und Wasserstoffverhalten in Hüllrohren während der Trockenzwischenlagerung von Brennelementen über lange Zeit.

#### Preise:

NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler haben im Berichtsjahr auch wieder zahlreiche Auszeichnungen erhalten:

Beim IAEA International Symposium on Trends in Radiopharmaceuticals (ISTR-2023), das im April 2023 in Wien stattfand, errang Bianca Schacherl einen Young Professional Award.

Alena Wernke und Tania Barretto beteiligten sich sehr erfolgreich am Science Slam im Rahmen der KERNTec Scientific Days im Juni 2023, einer neuen Veranstaltung mit dem Ziel, den wissenschaftlichen Nachwuchs in Deutschland in der Kerntechnik zu stärken. Die beiden jungen NUSAFE-Wissenschaftlerinnen belegten dabei mit ihren Vorträgen den ersten bzw. zweiten Platz. Ein Forschungsteam des KIT, in dem auch der Doktorand Christoph Hofberger mitwirkt, wurde im Oktober 2023 mit dem Forschungspreis der Gips-Schüle-Stiftung Stuttgart ausgezeichnet.

Bianca Schacherl wurde für ihre Dissertation zum Thema „Advancing actinide high-energy resolution X-ray absorption / emission spectroscopic tools“ mit dem Promotionspreis des KIT des Jahrgangs 2022/2023 ausgezeichnet.

Zwei Beiträge von NUSAFE-Mitarbeitenden wurden beim International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP), der im April 2023 in Südkorea stattfand, mit einem Best Paper Award ausgezeichnet. Ein Beitrag war von Mirco Große, Sarah Weick, Conrad Rössger und Juri Stuckert, der zweite von Martin Steinbrück und Mirco Große.

#### Chancengleichheit:

An allen drei Helmholtz-Zentren hat das Thema Chancengleichheit (Geschlechtergerechtigkeit, Diversität und Inklusion) einen hohen Stellenwert und ist beispielsweise in der HZDR-Strategie 2030+, der Dachstrategie KIT 2025 und dem „Audit berufundfamilie“ festgeschrieben. In den vergangenen Jahren wurden an den Zentren verschiedene Maßnahmen im Hinblick auf eine verbesserte Vereinbarkeit von Beruf und Familie, die Bereitstellung einer zuverlässigen und flexiblen Kinderbetreuung sowie die individuelle Förderung von Karrierewegen junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler etabliert. Ein Beispiel für die individuellen

Förderung des Karriereweges stellt die Teilnahme von Dr. Klarissa Niedermeier an der Helmholtz-Akademie für Führungskräfte dar.

NUSAFE-Wissenschaftlerinnen engagierten sich im Berichtsjahr 2023 auch wieder bei Women in Nuclear (WiN) Germany und förderten so das Netzwerken von Frauen, die auf den Gebieten Kernenergie, Strahlenschutz, Nuklearmedizin und nukleare Wissenschaften arbeiten.

Im Programm NUSAFE liegt der durchschnittliche Anteil der Mitarbeiterinnen insgesamt bei ca. 30 %.

## **Vernetzung**

Aufgrund der umfangreichen Expertise sind Forschende des Programms NUSAFE aus den drei beteiligten Zentren Mitglied des Kompetenzverbundes Kerntechnik (KVKT), des Kompetenzverbundes Strahlenforschung (KVSF) und der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung (DAEF, Vorsitzender Dirk Bosbach). Die DAEF ist eine unabhängige Plattform der führenden Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Langzeitsicherheitsforschung der Endlagerung. Ihr Ziel ist es, einen Beitrag zur sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle zu leisten, Forschungsaktivitäten effektiver zu gestalten sowie entsprechende faktenbasierte Informationen bereitzustellen und an die Gesellschaft sowie politische Entscheidungsträger zu kommunizieren.

NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -wissenschaftler sind auch berufene Mitglieder der Entsorgungskommission (ESK) des BMUV und deren Ausschüsse. Prof. Dr. Horst Geckeis (KIT) ist stellvertretender Vorsitzender der ESK sowie Vorsitzender des Ausschusses Endlagerung radioaktiver Abfälle, Prof. Dr. Thorsten Stumpf (HZDR) ist Mitglied des Ausschusses Endlagerung radioaktiver Abfälle.

Die Beteiligung der Helmholtz-Zentren im Programm NUSAFE an zahlreichen nationalen, EU- und internationalen Projekten fördert die starke Vernetzung und Kooperation mit Forschungszentren und Universitäten weltweit. Das European Joint Programme on Radioactive Waste Management (EURAD) und viele weitere Projekte führen zu einer außerordentlich großen europäischen Forschungsintegration und einem hohen Anteil internationaler Promovierender, die zum Teil durch Stipendien ihres Heimatlandes finanziert werden. NUSAFE-Partner sind weiterhin im europäischen Zusammenschluss wissenschaftlicher Einrichtungen „EURAD Science“ aktiv.

NUSAFE-Mitarbeitende sind auch in den Lenkungsorganen weiterer europäischer Forschungs- und Technologie-Plattformen vertreten, etwa im Management Board und Steering Committee des EERA Joint Programme on Nuclear Materials (JPNM) und im Management Board of European Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery (NERIS). Die extrem gute Vernetzung zeigt sich auch in der Mitgliedschaft im High Scientific Council (HSC) der European Nuclear Society (ENS).

NUSAFE-Mitglieder sind im Vorstand der GDCh Fachgruppe Nuklearchemie (Dr. Marcus Altmaier, Prof. Dr. Petra Panak), der Kerntechnischen Gesellschaft KTG (Dr. Walter Tromm) und im Fachausschuss Kraftwerkstechnik des VDI (Dr. Walter Tromm) tätig.

NUSAFE ist auch gut mit der United States Nuclear Regulatory Commission (USNRC) vernetzt. Hier besteht eine Zusammenarbeit im Rahmen des Code Application and Maintenance Programs (CAMP) mit dem Ziel der Entwicklung und Verbesserung der Leistungsfähigkeit von thermohydraulischen Referenz-Rechenprogrammen für Sicherheitsanalysen von Leichtwasserreaktoren, sowie im Rahmen des Cooperative Severe Accident Research Programs (CSARP) mit dem Ziel des Erfahrungsaustauschs über sicherheitsrelevante Analysen von



Kraftwerken im Originalmaßstab, die mit speziellen Simulationscodes, z. B. MELCOR, durchgeführt werden. Die Zusammenarbeit zielt auch darauf ab, Erfahrungen über die Grenzen des Codes und mögliche Modellierungsverbesserungen auszutauschen und bei der Behebung von Mängeln und der Aufrechterhaltung einer international anerkannten Code-Version zusammenzuarbeiten.

Die Zusammenarbeit mit dem französischen Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) hat das Ziel des Erfahrungsaustauschs über sicherheitsrelevante Analysen von Kraftwerken im großen Maßstab, die mit dem ASTEC-Code durchgeführt werden.

Im Rahmen des europäischen CEN-Workshops 64 arbeiten NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler an der Weiterentwicklung des Auslegungsregelwerks für nukleare Komponenten RCC-MRx im Hinblick auf seine Anwendung für innovative Reaktorkonzepte mit.

Aufgrund der umfangreichen Expertise sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Programms NUSAFE aus den drei beteiligten Zentren Mitglieder in einer Vielzahl von Gremien. Exemplarisch seien hier genannt: Ausschusses „Notfallschutz“ der Strahlenschutzkommission (SSK), Steering Committee des Joint Program on Nuclear Materials (JPNM) der European Energy Research Alliance (EERA), deutscher Kompetenzverbund Strahlenforschung, EURADSCIENCE-Exekutivgruppe, Endlagerausschuss (EL) der Entsorgungskommission des Bundes (ESK), GDCh-Fachgruppe Nuklearchemie (stellvertretende Vorstandsvorsitzende) sowie OECD/NEA (z.B. Expert Group on Small Modular Reactors – EGSMR, Salt Club und Crystalline Club).

NUSAFE-Vertretende arbeiten in einer Vielzahl von institutionellen Gremien mit. Beispiele sind die Gutachtertätigkeit für und die Mitarbeit in wissenschaftlichen Beiräten (SAB) der Alexander v. Humboldt-Stiftung, des Schweizerischen Nationalfonds (SNF), der Stanford Synchrotron Radiation Lightsource (SSRL), des Hungarian National Research, Development and Innovative Office (NRDI), des Plasma Accelerators for Nuclear Applications and Materials Characterization (PLASMA) in Großbritannien, der Stanford Synchrotron Radiation Lightsource (SSRL), der Dresden International Graduate School, des Steering Committee des Center of Molecular Water Sciences (DESY) und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM).

Außerdem bestehen gemeinsame Doktorarbeiten zwischen NUSAFE-Partnern, der Universität Granada in Spanien und SUBATECH/ IMT Atlantique, Nantes sowie Université de Lille und Université Grenoble Alpes in Frankreich. Eine gemeinsame Promotion mit dem IIT Madras/Indien wurde erfolgreich abgeschlossen. Auch existieren nationale gemeinsame Doktorandinnen sowie Doktoranden zwischen NUSAFE-Partnern und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung zur Untersuchung der Korrosion von Behältermaterialien.

#### Zusammenarbeit mit IAEA:

Im Berichtsjahr wirkten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Programms NUSAFE wieder in verschiedenen IAEA-Gremien wie z.B. Vorsitz Standing Advisory Board on Safeguards Implementation (SAGSI), Mitglied des Network of Analytical Laboratories (NWAL), Technical Working Group on Fast Reactors oder Technical Working Group Light Water Reactors mit, teilweise auch in leitender Funktion, und nahmen an Expertentreffen zu verschiedenen Themen teil, etwa am First Consultancy Meeting on Preparing the TM on Compatibility Between Coolants and Materials for Fusion Facilities and Advanced Fission Reactors. Darüber hinaus waren sie an IAEA Coordinated Research Projects (CRPs) beteiligt, z.B. am Coordinated Research Project Testing and Simulation for Advanced Technology and Accident Tolerant Fuels (CRP ATF-TS).

Im Rahmen eines Besuches in Deutschland besuchten am 21.09.2023 mehrere Forschende aus China den Fachbereich Rückbau konventioneller und kerntechnischer Bauwerke des KIT. Initiiert wurde dieser Besuch von der IAEA.

#### Zusammenarbeit mit OECD/NEA:

NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler sind in die Aktivitäten der OECD/NEA zum Teil in Führungsfunktionen eingebunden. Sie repräsentieren Deutschland z. B. im Nuclear Science Committee (NSC) und im Management Board for the Development, Application and Validation of Nuclear Data and Codes (MBDAV), sowie in verschiedenen Arbeits- und Expertengruppen, etwa der Expert Group on Reactor Coolants/Components Technology (EGCoCoT), der Expert Group on Small Modular Reactors (EGSMR) und der Expert Group on Innovative Structural Materials (EGISM). Sie sind zudem am NEA Project on the Thermodynamic Characterisation of Fuel Debris and Fission Products Based on Scenario Analysis of Severe Accident Progression, Phase-2 (TCOFF-2) beteiligt. KIT ist Operating Agent des OECD-NEA Joint Undertaking QUENCH-ATF, in dessen Rahmen drei QUENCH Bündelexperimente mit unfalltoleranten Hüllrohrmaterialien durchgeführt werden. Die OECD/NEA Expert Group on Small Modular Reactors hat weltweit existierende Versuchsanlagen zu sicherheitsrelevanten Aspekten von SMRs zusammengetragen. Hier wurden auch die NUSAFE-Versuchsanlagen COSMOS-H, COSMOS-L und QUENCH aufgenommen. Ein NUSAFE-Wissenschaftler wurde zur Nuclear Safety Research Joint Project Week der OECD/NEA im Januar 2023 eingeladen, die unter dem Motto „A Success Story and Opportunities for Future Developments“ stand. Er stellte dort das QUENCH-ATF-Projekt vor.

#### ***Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft***

Im Rahmen der Helmholtz-Transferkampagne wird das Vorhaben MYTOS aus Mitteln des Impuls- und Vernetzungsfonds mit 529 TEuro gefördert. Zielstellung ist die Entwicklung der Myonenbildgebung für die Überwachung von Industrieprozessen, technischen Anlagen und Castor-Behältern.

Eine kommerzielle Lizenz des HZDR-Reaktordynamikprogramms DYN3D wurde an die slowakische Firma VUJE Trnava a.s. (TSO der slowakischen Kernkraftwerke) erteilt.

Im Rahmen des deutschen IAEA-Safeguards-Unterstützungsprogramms wurden u. a. die Arbeiten zur Bereitstellung von bisher nicht verfügbaren Mikro-Referenzpartikeln mit einer Anreicherung bis zu 90 % U-235 zur Qualitätskontrolle der Partikelanalyse des Netzwerkes analytischer Laboratorien (NWAL) der IAEA fortgesetzt.

#### ***Wissen für Entscheidende***

Im Kontext der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle leiten bzw. beteiligen sich NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler an den nationalen Sachverständigengruppen, sind für Ministerien und Bundesbehörden als Gutachtende in verschiedenen Projektkomitees tätig (Projektkomitee Zwischenlagerung/Abfallbehandlung, Projektkomitee Endlagerung) und beraten die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) im Zusammenhang mit der Schließung der Schachanlage Asse II zu geochemischen und radiochemischen Themen. Sie stellen ihre Expertise auch staatlichen Abfallentsorgungsorganisationen im Ausland (Belgien, Frankreich, Schweden, Südkorea) zur Verfügung.

NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler beteiligten sich aktiv und teilweise federführend am Projekt „Sichere Entsorgung und Tiefenlagerung von hochradioaktivem Material“

der deutschen Wissenschaftsakademien Leopoldina, acatech und Akademienunion. Als Resultat entstand ein Diskussionspapier, in dem der interdisziplinäre Forschungsbedarf für die Suche nach einem sicheren Standort zur Lagerung radioaktiver Abfälle noch Forschungsbedarf analysiert wurde (<https://www.acatech.de/publikation/sichere-entsorgung-und-tiefenlagerung-von-hochradioaktivem-material/>).

Darüber hinaus sind NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler in verschiedenen Beiräten von Forschungseinrichtungen und Großprojekten vertreten, z. B. im International Advisory Committee (IAC) für den geplanten belgischen MYRRHA-Reaktor (*Multi-purpose HYbrid Research Reactor for High-tech Applications*). Zudem stellt NUSAFE Mitglieder in den folgenden Fachausschüssen und Beiräten: ESK-EL, KVSF, DAEF.

Das JRODOS-System simuliert und bewertet die Effektivität von Katastrophenschutzmaßnahmen und ist in über 40 Ländern, einschließlich der Ukraine, weltweit zur Unterstützung von Entscheidenden im Einsatz.

Im Berichtsjahr besuchten mehrere Bundes- und Landespolitikerinnen und -politiker (aus Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz) das KIT und informierten sich dort u.a. auch bei NUSAFE-Forschenden zu Fragen der Kernenergie, der nuklearen Entsorgung und des Rückbaus.

#### *Wissen für Betroffene*

Im Rahmen der NUSAFE-Forschung erarbeitete Daten für Endlagersicherheitsuntersuchungen werden kontinuierlich in Datenbanken (z. B. THEREDA, OECD/NEA-TDB) eingespeist und damit öffentlich zugänglich gemacht. NUSAFE-Partner wirken an der Weiterentwicklung und Pflege der thermodynamischen Referenzdatenbank THEREDA (gefördert von der BGE) mit, welche über <https://www.thereda.de> frei zugänglich ist. Außerdem sind NUSAFE-Mitarbeitende am Verbundvorhaben „Transdisziplinäre Forschung zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland, TRANSENS“ beteiligt und stellen dadurch eine Verbindung zwischen Wissenschaft und Gesellschaft her. NUSAFE-Partner nahmen aktiv mit Beiträgen an Veranstaltungen des Planungsteams Forum Endlagersuche sowie des Fachforums Teilgebiete innerhalb der Standortsuche für ein Endlager in Deutschland teil.

NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler wurden im Berichtsjahr wieder von den verschiedenen Medien sehr häufig um Interviews und Stellungnahmen zu aktuellen Themen wie Abschaltung des letzten Kernkraftwerks in Deutschland, Rückbau, Kernkraft und Klimakrise oder Sicherheitslage am ukrainischen Kernkraftwerk Saporischschja angefragt. Sie wirkten an zahlreichen Presseartikeln (u. a. Handelsblatt, Süddeutsche Zeitung, Stuttgarter Zeitung, FAZ, BILD, TV-Beiträgen (u. a. ZDF heute journal, WDR Quarks, 3 sat NANO...), Radiosendungen und Podcasts mit und trugen so mit ihrer Expertise zur Information der breiten Öffentlichkeit bei. Auch bei ausländischen Medien war die Expertise von NUSAFE-Mitarbeitenden gefragt. So strahlte beispielsweise der öffentliche-rechtliche japanische Fernsehsender NHK im März 2023 eine einstündige Reportage mit umfangreichen Beiträgen über die QUENCH-Versuche am KIT aus.

NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler beteiligten sich auch mit Vorträgen und Dialogformaten an diversen Öffentlichkeitsveranstaltungen, wie etwa an den Energiewendetagen Baden-Württemberg auf dem Schlossplatz in Stuttgart oder am Forum Endlagersuche. Weiterhin hielten sie Vorträge im Rahmen der öffentlichen Vorlesungsreihe *ENERGIE – Wende. Wandel. Wissen* im TRIANGEL Transfer | Kultur | Raum Karlsruhe sowie der Online-Reihe *ENERGIE – Forschung.Forum.Fragen*. Eigene Beiträge wurden im Rahmen der „Lunch & Learn Sessions“ des EURAD-Projektes präsentiert.

Verschiedene NUSAFE-Institute bzw. Arbeitsgruppen beteiligten sich mit interessanten Programmpunkten am Tag der offenen Tür am KIT Campus Nord, der von rund 25.000 Bürgerinnen und Bürgern besucht wurde. Themen und Entwicklungen aus der Nuklearen Sicherheitsforschung und Radioökologie wurden der breiten Öffentlichkeit in Veranstaltungen und Vorträgen anschaulich nahegebracht. Das HZDR beteiligte sich z. B. an der Langen Nacht der Wissenschaften in Dresden und Leipzig sowie an der Seniorenakademie Dresden.

### ***Drittmittelinwerbung***

Im Berichtsjahr konnten wieder verschiedene neue nationale und internationale Drittmittelverträge abgeschlossen werden.

- *Förderung aus EU-Mitteln:*
  - DMLSE - Decommissioning Management and Leadership for Safety Education (KIT)
- *Förderung aus Mitteln der Bundesministerien für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Bildung und Forschung (BMBF), Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV):*
  - Bero – Entwicklung eines Beprobungssystems inklusive qualitätsgesichertem Beprobungsverfahren für nicht zugängliche Bereiche (BMBF; KIT)
  - ZIKA – Automatisierte zerstörungsfreie Innenkorrosionserkennung an radioaktiven Fassgebinden (BMBF; KIT)
  - EKONT-2 – Weiterentwicklung von Geräten für eine trocken-mechanische Ecken- und Innenkantendekontamination in kerntechnischen Anlagen (BMBF; KIT)
  - EVIDENT – Erosion von Bentonit unter In-situ Bedingungen durch Einwirkung natürlicher Wässer in geologischen Tiefenlagern (BMUV; KIT)
  - STAMINA – Stabilität von Mineralphasen des Eisens im Nahfeld eines Endlagers (BMUV; KIT)
  - KuRSiV – Konkurrenz und Reversibilität bei Sorptionsvorgängen (BMUV; HZDR, KIT, GRS)
- *Förderung aus Mitteln der Industrie, TSO und Sonstigen*
  - BGE-Asse / R18 – Sorptionsuntersuchungen an Gesteinsproben der Bohrung Remlingen 18 (BGE; KIT)
  - BGE-PARFREI – Parameter der Freisetzung, Sorption und Löslichkeit (BGE; FZJ, HZDR, KIT)
  - BGE-Abstand – Endlagerung hochradioaktiver sowie schwach- und mittelradioaktiver Abfälle an einem gemeinsamen Standort (BGE; KIT)
  - BGE-Nuklidschema – Bestimmung eines vereinfachten Nuklidschemas für die Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (BGE; FZJ, GRS, KIT)
  - BRGM-Be-2023 – Study on the sorption of beryllium by Aptian sands under conditions relevant for the CSA site (BGRM, Frankreich; KIT)
  - ONDRAF-RN-Cement – Radionuclide retention on cement and calcite. WP1: Calcite sorption (+ effect ISA and Cl). WP2: Sorption of inorganic C-14 on cement (ONDRAF-NIRAS, Belgien, KIT)
  - Sorptionsexperimente mit Uran und Plutonium zur Ableitung von Kd-Werten (Hyundai, Republik Korea; KIT)
  - Vertrag über die Entwicklung und Anwendung des SIMMER-Codes (EDF, Frankreich; KIT)

Außerdem wurden zahlreiche weitere Projektanträge zum kompletten NUSAFE-Themenspektrum vorbereitet und eingereicht, z.B. im Rahmen des neuen Calls HORIZON-EURATOM-2023. Es ist davon auszugehen, dass davon wieder eine ganze Reihe von Anträgen positiv evaluiert und auch finanziert werden. Mit dem Start dieser Projekte ist im Jahr 2024 zu rechnen.

#### **A.2.1.6.5    *Senatsempfehlungen***

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts im Jahr 2023 zu eigen und beschließt ihn als seine Bewertung zum Programmfortschritt 2023. Er bestätigte damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für das Jahr 2023.

#### **A.2.1.7    *Strategische Initiativen***

##### **A.2.1.7.1    *Energy Lab 2.0***

Das „Energy Lab 2.0“ dient der Erforschung des Zusammenwirkens der Komponenten zukünftiger, überwiegend auf erneuerbaren Energien basierter intelligenter Energienetze hin zu einem integrierten und sektorgekoppelten Energiesystem. Dazu verbindet die Infrastruktur experimentelle Versuchsanlagen mit einer leistungsfähigen multiskaligen Simulationsumgebung zu einer virtuellen Plattform für die Energiesystemforschung. Zu den Forschungsfragen zählen die Integration elektrochemischer, chemischer und thermischer Speichertechnologien – unidirektional und bidirektional – im Verbund mit verschiedenen Stromerzeugern und Energieverbrauchern, der Übergang zu einer flexibleren Stromerzeugung im Hinblick auf Last und Brennstoff sowie die Verknüpfung von Strom-, Wärme- und Gasnetzen unter Einbeziehung relevanter Aspekte wie Big Data, Netzsicherheit und Privatheit der Daten. Diese wissenschaftlichen Arbeiten sind in den Programmen „Energiesystemdesign“ (ESD) und „Materialien und Technologien für die Energiewende“ (MTET) im Forschungsbereich Energie verortet.

Um Steuerungs- und Regelungsaufgaben im Kontext moderner energietechnischer Anlagen und neuer Regelalgorithmen möglichst realitätsnah simulieren und studieren zu können, wurde im Rahmen des Energy Labs 2.0 das Smart Energy System Simulation and Control Center (SEnSSiCC) realisiert, welches im Jahr 2021 aufgebaut wurde. Seither dient das SEnSSiCC u.a. als Microgrid-Testlabor, in dem neuartige Netzalgorithmen in Hardwareexperimenten evaluiert wurden. Zudem konnten im Jahr 2023 validierte Betriebsdaten für die drei smarten Areale – Energy Lab 2.0 in Karlsruhe, Living Lab Energy Campus (LLEC) in Jülich und DLR NESTEC in Oldenburg – gesammelt werden, die eine solide Grundlage für die anstehenden Aufgaben wie Scheduling und Steuerung der Anlagen im smarten Areal darstellen. Die Datenerfassung umfasst ein breites Spektrum an Parametern, von den lokalen Wetterparametern über die Innenraumklimabedingungen einzelner Gebäude bis hin zum aggregierten Strombezug der gesamten Areale, die über verschiedene Sensoren und Infrastrukturen erfasst wurden.

Im Power-to-X-Teil des Energy Lab 2.0 wurde die Integration eines 250 kW Co-Elektrolyseurs in die Systemumgebung zur Verknüpfung mit dem Fischer-Tropsch-Teil der zweistufigen Power-to-Liquid-Anlage (PtL) weiter vorangetrieben. Es wurde ein zweiter Prozesscontainer

auf die PtL-Anlage aufgesetzt und die darin zu installierende Anlage zur Aufarbeitung des Fischer-Tropsch-Rohproduktes zu synthetischem paraffinischem Kerosin wurde geplant und es wurden Beschaffungen hierfür angestoßen. Ziel ist der Aufbau und Versuchsbetrieb einer vollständigen Co-SOEC-basierten PtL-Prozesskette mit dem Zielprodukt e-Kerosin. Der Aufbau einer Syntheselinie ausgehend von CO<sub>2</sub> und Wasserstoff bis zu synthetischem paraffinischem Kerosin in der e-XPlore-Containeranlage des KIT sowie deren Ertüchtigung für den Betrieb auf einer schwimmenden Offshore-Plattform im Kontext des Wasserstoff Leitprojekts H<sub>2</sub>Mare wurde in weiten Teilen abgeschlossen. Der Aufbau einer neuen Containeranlage zur kombinierten CO<sub>2</sub>-Abscheidung aus Punktquellen und Synthese von e-Methanol wurde ebenfalls weitgehend fertiggestellt. Im Testfeld für gebäudeintegrierte CO<sub>2</sub>-Gewinnung und -Umwandlung wurden eine DAC-Anlage der Firma Climeworks auf dem Gebäudedach des IMVT aufgebaut und in den Abluftstrang der Lüftungsanlage integriert. Ferner wurde eine Photovoltaikanlage aufgebaut, die als exemplarische erneuerbare Stromquelle ins System integriert werden soll.

Der 2022 begonnene Umbau der Waben-Methanisierungsanlage auf die neuste Generation der am KIT entwickelten katalytisch beschichteten metallischen Wabenkörper und die Planungen zum Aufbau der nachgeschalteten Gasreinigung und Verflüssigung des Methans zu regenerativem LNG wurden im Jahr 2023 weiter fortgeführt. Die Infrastrukturintegration dieser Anlagen wurde gestartet. Nach Abschluss der Arbeiten kann erstmals die gesamte Power-to-LNG Prozesskette im TRL 6+ im Energy Lab 2.0 demonstriert werden.

#### **A.2.1.7.2 Querschnittsthema: Bioeconomy meets Energy**

Ansätze zur nachhaltigen Nutzung von Biomasse und Kenntnisse über biologische Systeme stellen einen wichtigen Baustein zur Entwicklung eines geschlossenen anthropogenen Kohlenstoffkreislaufs dar. Diese werden in einem integrierten Bioökonomie-Ansatz gemeinsam von den Forschungsbereichen Energie und Erde und Umwelt vorangetrieben. Der Fokus liegt auf der Forschung zu neuartigen Prozessen, Prozessketten und Produkten, die hybride Ansätze nutzen, indem z.B. in der nachhaltigen Produktion von Kohlenstoff- und Energieträgern biochemische, (bio)elektrochemische, katalytische, thermo- und/oder photochemische Prozesse kombiniert werden. Auf diese Weise kann es gelingen, Sektoren auf effiziente Weise zu koppeln. Zum Beispiel erlaubt die Nutzung von biogenem Kohlenstoff und erneuerbarer elektrischer Energie zur Herstellung von Proteinen als Lebensmittelbestandteilen die Kopplung des Lebensmittelsektors mit dem Energiesektor. 2023 sind im Themenfeld Agri-PV weitere Entwicklungen dazugekommen: Zum einen finden erste Abstimmungen und Versuche im Themenfeld Biodiversitäts-PV statt, so dass neben der Biomasse-Produktion auch Ökosystem-relevante Aspekte und Einflüsse von erneuerbaren Energiesystemen untersucht werden. Zum anderen stehen großskalige, Agrarwirtschaft-relevante Systeme mit vertikalen Agri-PV Systemen zur praxisnahen Forschung und als Demo für Großlandwirtschaftsbetriebe in der Planung. Des Weiteren wurde die Entwicklung von Prozessen zur Fixierung von Kohlenstoff aus biobasierten Quellen vorangetrieben, um negative CO<sub>2</sub> Emissionen zu erzielen, die z.B. für den Ausgleich von unvermeidbaren Emissionen aus der Landwirtschaft dauerhaft erforderlich sind (CO<sub>2</sub>-Sequestrierung und Biokohle). Hierbei wird der Fokus insbesondere auf eine effiziente Kopplung mit anderen Produkten für die chemische Industrie und den Energiesektor gelegt. Weiterhin sind mehrere Projekte zur Verknüpfung der Bioökonomie mit dem Wasserstoff-Cluster in der Umsetzung.

### **A.2.1.7.3 GeoLaB**

GeoLaB – Geothermielabor im Bergwerk soll der erste geothermische Reservoirsimulator für Reservoirtechnologie und Bohrlochsicherheit werden.

Eines der größten geothermischen Potenziale befindet sich im kristallinen Grundgebirge in tektonisch gespannten Gebieten. Eine erfolgreiche Geothermie erfordert dort die Gewinnung relativ hoher Fließgeschwindigkeiten aus geklüftetem Gestein. Das neue unterirdische Forschungslabor GeoLaB widmet sich einer umweltverträglichen Gewinnung, indem neue und wissenschaftlich fundierte Strategien und Technologien entwickelt und erprobt werden.

Die geplanten Experimente werden das grundsätzliche Verständnis der mit den Betriebsbedingungen in Reservoirstrukturen verbundenen Prozesse deutlich erweitern. Die Anwendung und Entwicklung modernster Werkzeuge zur Analyse und Überwachung von Prozessen im Untergrund wird grundlegende Erkenntnisse liefern, die für eine sichere und ökologisch nachhaltige Nutzung der Geothermie von großer Bedeutung sind. Darüber hinaus werden neue Perspektiven für alternative Wege zur energetischen Nutzung des geologischen Untergrundes eröffnet. GeoLaB ist als interdisziplinäre und internationale Forschungsplattform konzipiert und fördert auf vielfältige Weise Zusammenarbeit und Synergien für den wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritt und technologische Innovationen.

Der Aufbau der Forschungsinfrastruktur begann im Jahr 2023 mit der GeoLaB Standortsuche. Dazu hat das KIT für einen potentiellen GeoLaB Standort im Odenwald über die Erteilung einer Erlaubnis gemäß § 7 BbergG den rechtlichen Rahmen erhalten. In diesem Rahmen wurde mit der hydrogeologischen und hydrochemischen Überwachung ober- und unterirdischer Wasserleiter begonnen. Geomorphologische Analysen geben erste Hinweise auf die Zielstrukturen, nämlich Störungszonen in Verbindung mit offenen Klüften im Erlaubnisfeld Tromm. Für die geplante seismische Überwachung des Stollenvortriebs an diesem möglichen GeoLaB-Standort wurden bereits erste Modellierung und Feldbegehungen durchgeführt.

Der Beitrag zum Aufbau eines digitalen GeoLaB am KIT fokussiert auf die Entwicklung von digitalen Methoden für die technische Erschließung des Untergrundes. Mit dem Projekt DiGiTSimulator wurde am KIT die Virtualisierung des untertägigen Vortriebs entwickelt. Der heutige Simulator bietet eine realitätsgetreue Schnittstelle mit einem möglichst realitätsnahen Verhalten der Maschine im Vortrieb. Rudimentäre Konfiguration der Geologie und Streckenplanung sind bereits vorgesehen. So können unvorhergesehene Grenzfälle wie Störungen und Lastspitzen virtuell vordefiniert, reproduziert und sicher trainiert werden. Ein digitales Abbild der Maschine im Untergrund und dessen Einsatz zur Simulation lassen dabei einen Digitalen Zwilling entstehen.

Mit dieser weltweit einzigartigen Forschungsinfrastruktur für die Geothermie ermöglicht GeoLaB Spitzenforschung, indem es Grundlagen- und angewandte Forschung für Reservoirtechnologie und Bohrlochsicherheit miteinander verknüpft, Experimente im Labor- und Feldmaßstab durchführt und die Forschung zu erneuerbaren Energien mit der gesellschaftlichen Wahrnehmung verbindet. Zu letzterem haben bereits erste Veranstaltungen in den möglicherweise involvierten Gemeinden stattgefunden.

#### **A.2.1.7.4 Innovationspool**

##### ***Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR) und Plattform Helmholtz Energy***

Die Erstellung einer Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR) als Instrument für die strategische Forschungsplanung in Helmholtz Energy, dem Helmholtz-Forschungsbereich Energie, wurde fortgesetzt. HETR soll als technologieoffene Roadmap die Energiewende mit Fokus auf Treibhausgasneutralität 2045 (Deutschland) bzw. 2050 (Europa, global) adressieren und basiert auf veröffentlichten nationalen und internationalen Energieszenarien sowie auf Szenarien aus dem Programm ESD. Sie zeigt Herausforderungen entlang möglicher Transformationspfade auf und gibt einen strukturierten Überblick über Lösungen und Beiträge seitens der Energieforschung. Damit soll sie als Informations- und zentrales Strategieinstrument zur dynamischen Weiterentwicklung und Ausrichtung der Forschung von Helmholtz Energy beitragen. Die HETR hat inzwischen nach mehreren Feedbackschleifen durch die Programme ESD, MTET und Fusion einen Stand erreicht, in dem sie als einer von mehreren Inputs im Rahmen des nun begonnenen POF-V-Strategieprozesses in Helmholtz Energy verwendet wird.

Die Plattform Helmholtz Energy widmet sich der programm- und zentrenübergreifenden Vernetzung sowie dem Talentmanagement, der Öffentlichkeitsarbeit und dem Wissenstransfer von Helmholtz Energy. Als wichtiges Mittel für die Öffentlichkeitsarbeit dient die Helmholtz Energy Webseite (<https://energy.helmholtz.de/>), die es seit 2023 auch auf Englisch gibt. Des Weiteren wurde für Helmholtz Energy ein LinkedIn Profil [Helmholtz Energy | LinkedIn](#) erstellt. Die Verwendung von „Helmholtz Energy“ als Marke wurde 2023 voll umgesetzt. So wird nun „Helmholtz Energy“ in allen Texten als griffiger Ausdruck für den Forschungsbereich Energie verwendet. Dokumente und Präsentationen enthalten das Helmholtz Energy-Logo.

Die vom Helmholtz Energy Office organisierte Konferenz „Tackling the Global Challenges for the Energy Transition“ bot Forschenden aus den beteiligten Helmholtz-Zentren sowie Kooperationspartnern aus den anderen Forschungsbereichen im Juni 2023 die Möglichkeit, in interdisziplinären wissenschaftlichen Sessions gemeinsam die Herausforderungen und jüngsten Fortschritte der Energieforschung zu diskutieren sowie sich weiter zu vernetzen.

Beim Workshop „Energieszenarios weitergedacht: Sozio-technische Perspektiven von Helmholtz Energy“ im Oktober 2023 in Berlin hat Helmholtz Energy seine Energieszenarien vorgestellt und mit Vertreterinnen und Vertretern der Bundesministerien sowie mit Expertinnen und Experten renommierter nationaler Forschungseinrichtungen diskutiert.

Aus dem Innovationspool wurden der HETR Officer, die Konferenz und der Workshop finanziert. Der Eigenanteil wurde durch zwei grundfinanzierte Vollzeitäquivalente (VZÄ) erbracht.

##### ***Energiewende und Kreislaufwirtschaft (EuK)***

Das Innovationspoolprojekt „Energiewende und Kreislaufwirtschaft: Dekarbonisierung und Flexibilisierung energieintensiver Recyclingprozesse“ befasst sich mit der Entwicklung von Methoden und Modellen für das Design und den Betrieb energieintensiver Recyclingprozesse und der damit verbundenen Netzintegration sowie der (stofflichen) Wertschöpfungskettenintegration. Die Koordination liegt mit Herrn Prof. Dr. Hagenmeyer als koordinierender Sprecher beim KIT. Das Projekt ist eine programmübergreifende Kooperation der Helmholtz-Programme ESD und MTET unter der Beteiligung der Helmholtz-Zentren KIT, FZJ und HZDR.

Im Rahmen des Arbeitspakets „Ressourceneffizienz, Dekarbonisierung und Lastmanagement“ wurde die theoretische Fähigkeit von Prozessen, die für die Verarbeitung von Primär- und Sekundärrohstoffen typisch sind und ein hohes Elektrifizierungspotenzial aufweisen, zur Bereitstellung von nachfrageseitiger Flexibilität (Demand Side Flexibility) im Stromnetz bewertet.



Zu diesem Zweck wurden verschiedene Parameter auf Technologiebasis definiert, um die Verfügbarkeit für bestimmte Netzdienstleistungen und Strommärkte zu beurteilen, sie in Stromnetzsimulationsmodelle einzubeziehen und ihre wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen zu quantifizieren. Die Parameter wurden für Prozesseinheiten bewertet und quantifiziert. In einer ersten integrierten Betrachtung von Prozessketten zur Herstellung von neuartigem Belite-Zement und Sekundärkupfer konnten die Wechselwirkungen mit elektrischen Netzen und Märkten untersucht werden: Flexibilität geht nur mit betrieblichen Einschränkungen (Kapazitätsanforderungen), Kompromissen bei der Produktqualität und zusätzlichen Kosten (Pufferkapazitäten, Personal) einher. Die Quantifizierung dieser Wechselwirkungen erfordert eine Untersuchung, wie ein bestimmter Prozess mit den Stromnetzen verbunden werden kann. Auch müssen die Prozessschritte bei dem neuartigen Zementherstellungsprozess noch reifen, um einen angemessenen Maßstab zu erreichen und Flexibilität zu bieten. Für eine erste vorläufige Bewertung des Demand-Response-Potenzials der Belite-Produktion wurde ein Resource-Task Network (RTN) Modell entwickelt.

Im Arbeitspaket „Netzintegration“ wurde eine Echtzeit-Co-Simulation des Stromnetzes und der generischen Prozesse realisiert und als Ergebnis das Blindleistungspotenzial der industriellen Prozessplanung am Beispiel der Kupferproduktion untersucht. Im Hinblick auf Regelungsstrategien für Stromrichter wurden Möglichkeiten der Lastverteilung in DC-Microgrids auf der Grundlage der differentiellen Flachheit modelliert.

### ***Solarer Wasserstoff – hochrein und komprimiert***

Das Innovationspool-Projekt „Solarer Wasserstoff – hochrein und komprimiert“ zielt darauf ab, grundlegende wissenschaftliche Erkenntnisse und tragfähige Technologien für die Umwandlung von Solarenergie in grünen Wasserstoff bereitzustellen. Dazu werden verschiedene Typen von Elektrolysezellen oder Verfahren auf Basis thermochemischer und pyrolytischer Prozesse entwickelt und getestet, wobei der Schwerpunkt auf Materialien, Effizienz und Lebensdauer liegt. Wesentliche Anforderungen sind der bereitzustellende Druck und die erforderliche Reinheit. Im Projekt werden die besonderen Kompetenzen und Werkzeuge hinsichtlich Materialfragen, Simulation mittels Computational Fluid Dynamics (CFD) und Katalyse in Abstimmung mit den Helmholtz-Partnern genutzt und weiterentwickelt.

Am ITES erforscht man die Nutzung von Solarenergie für die Wasserstofferzeugung durch Pyrolyse von Methan im Flüssigmetalllabor KALLA. Verschiedene Solarreaktoren wurden basierend auf einer Literaturrecherche bewertet und der Stand der CSP-Technologie als Hochtemperaturwärmequelle analysiert. Der Einfluss des Drucks auf die Prozesseffizienz sowie thermodynamische, kinetische und hydrodynamische Aspekte in mit flüssigem Metall gefüllten Blasensäulenreaktoren wurden untersucht. Auch die Rolle von CO<sub>2</sub> bei der Pyrolyse von Biogas wurde betrachtet. Wasserstoff entsteht hauptsächlich durch Trockenreformierung und Pyrolyse von Methan, wobei die Gaszusammensetzung von CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> und Betriebstemperatur abhängt. Eine Zusammenarbeit mit der ITES-Wasserstoffabteilung umfasst die Simulation der Wasserstoffreinigung über Membranen mit einem eigenen CFD-Modell. Die Effizienzverbesserung und Rückgewinnung von Wasserstoff durch Strömungskanaloptimierung wurde erforscht.

Das IAM-AWP arbeitete an der elektrochemischen Charakterisierung und Modellierung von Hochtemperatur-Festelektrolysezellen (Kooperation mit Forschungszentrum Jülich, IAM-WK). Ein Leistungsmodell für den reversiblen Zellbetrieb wurde auf höhere Drücke erweitert und ein Prüfstand (10 bar) aufgebaut. Mit der Sunfire GmbH konnte ein Industriepartner für Versuchszellen gewonnen werden.

Das IAM-WK hat auf dem Gebiet der Brennstoffzellen eine enge Zusammenarbeit mit dem IAM-ET und dem Forschungszentrum Jülich aufgebaut. In dieser Zusammenarbeit wurden folgende Meilensteine erreicht: Es wurden eine Methode zur Präparation und Analyse von Materialien für Brennstoffzellen unter realen Bedingungen (Temperatur und Druck) im TEM (Transmissionselektronenmikroskop) entwickelt, die Reduktion von NiO/YSZ und NiO/BZCY Materialien für Brennstoffelektroden im TEM beobachtet, die Ausgangspunkte der Reduktion in NiO identifiziert und ein Mechanismus der NiO-Reduktion vorgeschlagen, der sich von früheren Studien der NiO/YSZ-Reduktion unterscheidet.

Außerdem wurden die in-situ Ergebnisse mit der ex-situ Standard-Reduktionsmethode verglichen und signifikante Ähnlichkeiten und die Relevanz der in-situ TEM-Untersuchung gezeigt. Es wurde auch die Bedeutung der NiO-Reduktionstemperatur für die Qualität der Dreiphasengrenze in der fertigen Elektrode (niedrigere Temperaturen führen zu einer schlechteren Qualität) gezeigt.

*Korneychuk, Svetlana, Grosselindemann, Cedric, Menzler, Norbert, Weber, André, Pundt, Astrid, In-Situ TEM Reduction of a Solid Oxide Cell with Nio/Ysz Fuel Electrode. Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4604921>.*

Für die Nutzung von solarem Wasserstoff in chemischen Prozessen ist das Verständnis von Deaktivierungsprozessen in Katalysatoren von großer Bedeutung. Hierfür wurde am IKFT eine Versuchsanordnung entwickelt und aufgebaut, die alle wichtigen Parameter für die Untersuchung der Katalysatordeaktivierung berücksichtigt. Die wichtigsten Deaktivierungspfade in einem reinen SynGas ( $H_2/CO/CO_2$ ) Feed wurden identifiziert. Der Eigenanteil der dargestellten Arbeiten wurde durch projektunterstützende 3,4 grundfinanzierte Vollzeitäquivalente (VZÄ) erbracht.

*L. Warmuth, M. Steurer, D. Schild, A. Zimina, J.-D. Grunwaldt, S. Pitter, ACS Appl. Mater. Interfaces 2024 <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsami.3c17383>.*

*G. R. Niquini, P. Münzer, M. Ebrahim-Moghaddam, L. Warmuth, K. Herrera Delgado, S. Pitter, N. Dahmen, J. Sauer Chem. Ing. Tech. 2024, <https://doi.org/10.1002/cite.202300221>.*

### **Modulare Reaktoren**

Das Innovationspool-Projekt „Sicherheitsbewertung von generischen kleinen modularen Reaktoren (SMR)“ zielt darauf ab, fortschrittliche rechnergestützte Werkzeuge bereitzustellen, die in der Lage sind, Sicherheitsanalysen für SMRs durchzuführen, die in Europa gebaut werden sollen.

Das gekoppelte Codesystem PARCS/TRACE/TWOPORFLOW wurde im Jahr 2023 auf das Anlagenverhalten des NuScale-Primärkreises und auf die Analyse eines Steuerstabauswurfs im NuScale-Kern auf Knoten-/Kanalebene angewandt und erzielte gute Ergebnisse. Darüber hinaus wurde TWOPORFLOW (TPF) zum ersten Mal eingesetzt, um stationäre Simulationen eines SMR-Kerns auf Brennstab- und Unterkanal-Ebene durchzuführen, die die Vorhersage lokaler Sicherheitsparameter in akzeptabler Rechenzeit ermöglichen. Die Validierung von TPF an Hand von SMR-relevanten Daten über die Querströmung im Kern, die in der finnischen Versuchsanlage MOTEL gewonnen wurden, wurde erfolgreich durchgeführt. Mit den Vermischungsmodellen wurde eine gute Übereinstimmung der TPF-Vorhersagen mit den experimentellen Daten erzielt.

Der Eigenanteil der dargestellten Arbeiten wurde durch ca. 1,4 grundfinanzierte Vollzeitäquivalente (VZÄ), d.h. die anteilige Mitwirkung von 4 Forschenden mit insgesamt 1,4 VZÄ erbracht.

## **A.2.1.7.5 Initiativen aus weiteren Pakt-Mitteln bis 2025**

### **A.2.1.7.5.1 Zeitenwende Energieversorgungssicherheit**

#### ***Beschleunigter Transfer der nächsten Generation von Solarzellen in die Massenfertigung***

Ein Fokus der F&E-Aktivitäten des IMT im Programm Materialien und Technologien für die Energiewende (MTET) liegt auf der Entwicklung neuer Materialien, Herstellungsverfahren und Bauelementarchitekturen für die Perowskit Photovoltaik. Die Forschung zur Perowskit (Tandem) Photovoltaik ist im Jahr 2023 am KIT weiter signifikant durch strategische Kooperationen und Verbundprojekte weiterentwickelt worden. Besonders hervorzuheben ist diesbezüglich das durch die HGF geförderte zentrumsübergreifende Projekt „Zeitenwende Energieversorgungssicherheit – Beschleunigter Transfer der nächsten Generation von Solarzellen in die Massenfertigung“ in Zusammenarbeit mit dem FZJ und dem HZB (Laufzeit Q4/2022-Q3/2025). Das beantragte Zeitenwende-Beschleunigungsprogramm ermöglicht die schnelle fokussierte Stärkung der Forschung und Entwicklung (F&E) im kritischen Bereich der Technology Readiness Level (TRL) Skala 4-6 der Wertschöpfungskette. Dabei soll im Projekt die F&E den Transfer von kleinflächigen, aber hocheffizienten Tandemsolarzellen vom Labor zu Tandemsolarzellen nach industriellem Maßstabe (M10 Wafer) gelingen und die Stabilität weiter gesteigert werden. Zudem sollen industrielle Hochraten-Herstellungsprozesse sowie In-Situ- und In-Line-Charakterisierungsverfahren zur Prozesssteuerung entwickelt werden.

Das konkrete Hauptziel des hier beantragten Programms ist die fokussierte F&E zentraler Technologieschritte, die für den Aufbau mehrerer in Tandemsolarzellen-Produktionsstätten in Deutschland und Europa führen; zum einen durch die Kooperation mit potenziellen Zell- und Modulproduzenten, zum anderen durch die Einbindung wichtiger weiterer Partner in der Gesamtwertschöpfungskette, wie zum Beispiel Firmen aus dem Bereich Maschinenbau und Materialherstellung.

Das KIT fokussiert sich inhaltlich im Forschungsprojekt auf folgende Themen:

- Mittels Tintenstrahldruck hergestellte Perowskit-Top-Solarzellen zur Anwendung in Perowskit-Silizium-Tandemsolarzellen,
- Mittels Dampfphasenabscheidung hergestellte Perowskit-Top-Solarzellen zur Anwendung in Perowskit-Silizium-Tandemsolarzellen,
- In-Situ-Diagnostik für die Skalierbare Fertigung von Perowskit-Top-Solarzellen in Tandems,
- Hochratenprozesse zur Abscheidung und neue Pilotanlage für Perowskit-Top-Solarzellen in Perowskit-Silizium-Tandemsolarzellen,
- Untersuchungen zur Stabilität von Perowskit-Top-Solarzellen und Perowskit-Silizium-Tandemsolarzellen.

Wissenschaftliche und Technologische Highlights aus dem Jahr 2023, die dem Projekt zugeordnet werden können, sind:

- Entwicklung einer Perowskit-Perowskit-Silizium-Dreifachsolarzelle mit einem Wirkungsgrad oberhalb von 24%. Dreifach-Stapelsolarzellen haben ein noch höheres Wirkungsgradpotenzial als Zweifach-Tandemzellen. Das KIT hat mit der Entwicklung eines stabilen, hochwertigen mittleren Perowskit-Dünnsfilms mit reiner  $\alpha$ -Phase und der Optimierung des Lichtmanagements der Perowskit-Sub.Solarzellen die Technologie entscheidend weiterentwickelt. Die Studie wurde in einer vielbeachteten Publikation in *Energy & Environmental Science* 2024 (DOI: 10.1039/D3EE03687A) veröffentlicht.

- KI für Perowskit-Solarzellen – Schlüssel zur besseren Produktion: Um die Technologie auf den Markt zu bringen, müssen Stabilität und Produktionsprozesse weiter verbessert werden. Forschende des KIT haben im Jahr 2023 zusammen mit Kollegen der Plattformen Helmholtz Imaging am Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) und der Helmholtz AI einen Weg gefunden, die Qualität der Perowskit-Schichten und damit der Solarzellen vorherzusagen: Mit Maschinellen Lernen und neuen Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) lässt sich diese bereits bei der Herstellung aus Variationen in der Lichtemission erkennen. Die Studie aus dem Jahr 2023 wurde im Journal *Advanced Materials* 2024 (DOI: 10.1002/adma.202307160) veröffentlicht.
- ERC Consolidator Grant: Tenure-Track-Prof. Dr. Ulrich Paetzold gewann den ERC Consolidator Grant im Januar 2023 mit dem Projekt Laminated Perovskite Photovoltaics (LAMI-PERO). Das Projekt läuft seit Oktober 2023 für fünf Jahre. In Teilen adressiert das ERC Projekt die Entwicklung neuer innovativer Herstellungsverfahren für die Perowskit-Silizium-Tandemphotovoltaik und hat somit Verbindungen zum Projekt Zeitenwende.

### ***Geotechnologien für die zukünftige klimaneutrale Energieversorgung***

Geotechnologien für eine Zeitenwende in der Energieversorgung in Deutschland – GEOZeit: Energetische und stoffliche Speicher im tiefen Untergrund zielt darauf ab, die Umsetzung großvolumiger energetischer und stofflicher Speicher im tiefen Untergrund zu beschleunigen und für ein klima-neutrales Energiesystem nutzbar zu machen. Wesentliche Aspekte dabei sind Wissens- und Technologietransfer aus der fossilen Nutzung des Untergrundes sowie der direkte Transfer aus den Forschungsinfrastrukturen der Helmholtz-Gemeinschaft zu industriellen und kommunalen Versorgern mit entsprechender Hochskalierung.

Das KIT konzentriert sich auf den Wissenstransfer aus der im Aufbau befindlichen DeepStor-Forschungsinfrastruktur für Wärmespeicher in Verbindung mit Fernwärmeversorgung. Entscheidend für die Hochskalierung ist die Vorhersage der hydraulischen Durchlässigkeit in entsprechenden geologischen Schichten. Zu diesem Zweck hat das KIT eine Methodik entwickelt, die auf elektrischen und Temperaturdaten des ehemaligen Ölfeldes Leopoldshafen, das direkt an die DeepStor-Forschungsinfrastruktur angrenzt, basiert und auch deren Unsicherheiten beschreibt. Basierend auf der Auswertung von Daten aus anderen Kohlenwasserstofffeldern im Oberrheingraben wird die Prognose derzeit auf den Bereich des Fernwärmenetzes der Stadt Karlsruhe mit einem Speicherbedarf von bis zu 200 GWh pro Jahr erweitert. Dieser soll zukünftig in erster Linie zur Abdeckung der Mittellast des städtischen Fernwärmenetzes dienen. Erste Auswertungen zeigen ein Speichervolumen, das dem Verlauf des Fernwärmenetzes im Nordwesten des Versorgungsgebietes entspricht. Ein Abgleich mit den Einspeisepunkten ins Netz ist positiv.

Um eine sichere Speicherung zu gewährleisten, wurden im Berichtsjahr Nutzungsszenarien numerisch untersucht und auf ihre Auswirkungen auf den Untergrund, z.B. Hebungen und Senkungen oder induzierte Seismizität, optimiert. Hintergrund ist, dass für diese Art der saisonalen Speicherung großer Mengen an thermischer Energie hohe Injektionstemperaturen und -drücke zu thermo- und poroelastischen Spannungsänderungen um die Injektionsbohrung führen. Eine typische Reservoirerwärmung kann mit Spannungsänderungen von bis zu 6 MPa einhergehen, die in der unmittelbaren Umgebung der heißen Injektionsbohrung vertikale Verschiebungen in der Größenordnung von  $10^{-3}$  m verursachen können. Die Hebung an der Oberfläche wird dagegen in erster Linie durch die Poroelastizität gesteuert, die die Verschiebungen

um zwei Größenordnungen auf  $\ll 10^{-3}$  m abschwächt. Um die Gefährdung durch Bruchversagen an Störungszonen zu untersuchen, wurde u.a. eine nahezu kritisch belastete Verwerfung verwendet und es wurde auf die Empfindlichkeit von Änderungen der Coulomb-Spannung an der Verwerfung konzentriert. Je nach Reibungswinkel der Verwerfung können kritische Schertendenzen bei 10 bis 54% der durchgeführten Simulationen erreicht. Hohe Schertendenzen können auf ungünstige Lagerstätteneigenschaften und Betriebsentscheidungen zurückgeführt werden. Die Gradienten des Spannungsfeldes haben einen erheblichen Einfluss auf das potenzielle Versagen. Das Risiko der Reaktivierung von Verwerfungen und induzierter Seismizität ist in den untersuchten Speichersystemen gering.

### ***Helmholtz-Plattform zum Design robuster Energiesysteme und Rohstoffversorgung (RESUR)***

Die Helmholtz-Plattform RESUR wurde als Antwort auf geopolitische Herausforderungen, insbesondere durch den russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine, ins Leben gerufen, um die Sicherheit der Energieversorgung in Deutschland zu stärken. Durch die Integration von Modellen aus den Bereichen Energiesysteme, Wirtschaft und Gesellschaft bietet RESUR Entscheidungsträgern wirksame Instrumente zur Bewertung der Folgen disruptiver Ereignisse. Die Plattform fokussiert sich auf kurzfristige Maßnahmen, besonders in aktuellen Krisensituationen, und nutzt die Expertise sowie bestehende Modelle, Daten und Softwaretools des ESD-Programms. Dies ermöglicht ein „Re-bundling“ in der Simulation, um Teile des Energiesystems, die aufgrund rechtlicher Beschränkungen nicht direkt Daten austauschen dürfen, wie etwa Übertragungsnetzbetreiber und Energieversorger, wieder zu verknüpfen.

Im Rahmen des RESUR-Projekts wurden 25 Modelle erfasst, deren zeitliche und räumliche Auflösung sowie Anwendungsbereiche definiert und 170 mögliche disruptive Ereignisse identifiziert und klassifiziert. Erste technische Tests zur Kopplung dieser Modelle an die Simulationsplattform wurden erfolgreich durchgeführt. Die Entwicklung detaillierter Modelle für das deutsche Energiesystem, die eine umfassende Bewertung der Auswirkungen disruptiver Ereignisse ermöglichen, wird vorangetrieben. Durch die Erweiterung des geographischen Fokus und der Modelltiefe konnten zusätzliche Regionen Deutschlands in die Analysen einbezogen werden. Ein beispielhaftes Projekt war die Erstellung und Analyse eines Hitzewellen-Szenarios für Deutschland, das unter Einbeziehung physikalischer, sozialer und ökonomischer Modelle untersucht wurde. Die Ergebnisse dieser ersten Übung sowie die Fortschritte des Projekts haben bei Industriepartnern beim ersten Sounding Board Treffen große Anerkennung gefunden.

Am KIT liegt der Fokus unter anderem auf der Entwicklung von detaillierten Modellen des Hochspannungsnetzes (110 kV), da dieses für die Integration erneuerbarer Energiequellen von zentraler Bedeutung ist, jedoch aufgrund von aktuellen Engpässen vor Herausforderungen steht. Ein Modellierungsworkflow wurde etabliert, der Daten der Verteilnetzbetreiber, statistische Daten und Luftbilder nutzt, um hochdetaillierte Netze des gesamten deutschen Hochspannungsnetzes zu erstellen. Dieser Prozess wurde für die Regelzonen D41, D42, D76 und D87 abgeschlossen. Im Gassektor wurde das Kernnetz für Wasserstoff weitestgehend integriert. Die Entwicklung von Modellen, die den Übergang von Erdgas zu Wasserstoff steuern, ist im Gange und berücksichtigt, dass dieser Übergang Anpassungen an der bestehenden Infrastruktur erfordert. Weiterhin wurden Modelle für Gebäude und Stromnetze auf Quartiersebene und eine Co-Simulationssoftware (eCoSim) zur Integration von Wärme- und Gasnetzen für eine sektorengekoppelte Energiesystemanalyse entwickelt. Das modulare Gebäudemodell

ermöglicht unter Berücksichtigung von Innen- und Außentemperaturen eine detaillierte Berechnung von Strom- und Wärmebedarf. Die sozio-technischen Energiesystemmodelle auf Basis eines Cross-Impact-Balance (CIB)-Ansatzes wurden angepasst, um disruptive Ereignisse abzubilden. Ein Werkzeug zur Modellierung von Multi-Commodity-Flow (PERSEUS-gECT) wurde entwickelt, um die Ausweitung erneuerbarer Energien und die Planung ihrer Umwandlung umfassend zu analysieren. Zusätzlich wurde eine Datenbank wichtiger Rohstoffe (CRM) angelegt, die für die Hauptenergiotechnologien in Deutschland entscheidend sind, um Störungen im Energiesystem effektiv untersuchen zu können. Auch die Koordination und der Datenaustausch zwischen den verschiedenen Teilmodellen, wurden durch Testnetze und Datenmodelle verbessert, was die systemübergreifende Analyse von disruptiven Ereignissen in Form eines Workflow-/Szenario-basierten Ansatzes über die entwickelte Simulationsplattform (PROOF) ermöglicht.

### ***Rohstoffsicherung durch flexible und nachhaltige Schließung von Stoffkreisläufen***

Die deutsche und europäische Industrie ist bei vielen stofflichen Rohstoffen von Importen aus Russland und anderen autokratisch regierten Ländern abhängig. Insbesondere Kunststoffe werden direkt aus importierten Energierohstoffen und in energieintensiven Prozessen hergestellt. Durch Recycling können erhebliche Energiemengen eingespart und von diesen Ländern unabhängige nachhaltige und energiesparende Rohstoffquellen bereitgestellt werden. Auch der Aufbau erneuerbarer Energiesysteme im Rahmen der Energiewende gelingt nur, wenn genügend Materialressourcen verfügbar sind. Die komplexen Kunststoffprodukte werden am Ende ihres Lebenszyklus bisher jedoch nur zu geringen Teilen wiederverwertet. Dazu werden in diesem Projekt relevante Schlüsseltechnologien des Recyclings beschleunigt zur Industrie-reife gebracht.

Pyrolyseverfahren gelten als zentraler Baustein einer Kreislaufwirtschaft für Kunststoffe und sollen ein ressourcen- und energieeffizientes Recycling eines großen Teils der Mischkunststoffabfälle ermöglichen, die bisher nicht recyclingfähig sind und zur Kunststoffproblematik beitragen. Dabei werden schwer recycelbare Abfälle mechanisch aufbereitet, die kunststoffreiche Fraktion pyrolysiert und die Pyrolyseprodukte durch hydrierendes Upgrading zu Rohstoffen und Monomeren der Chemieindustrie umgewandelt. Der Partner HZDR erforscht und skaliert Schlüsseltechnologien der mechanischen Aufbereitung und Sensorik, KIT des chemischen Recyclings. Am Ende steht die Verknüpfung, wobei durch die Partner das ganzheitliche Recycling komplexer Materialien zu qualitativ hochwertigen Sekundärrohstoffen demonstriert wird.

In den ersten 16 Projektmonaten wurde hierzu am KIT für beide Teile der Waste-to-Chemicals (W2C) Demonstrationsanlage, Kunststoffpyrolyse in der Wirbelschicht und Pyrolyseölhydrierung/katalytische Produktaufbereitung, die Planung jeweils mit industriellen Partnern durchgeführt und abgeschlossen (Meilenstein 1.3). Aktuell findet die Beschaffung der Teilanlagen statt, die dann in die Forschungsinfrastruktur und Transferplattform „Carbon Cycle Lab“ integriert werden. Das Konzept der Hydrieranlage ist für die Handhabung von hochschmelzenden, viskosen Medien bei Drücken bis 100 bar entlang des in der Versuchsanlage abgebildeten Prozesses (Dosierung, Reaktor, Produktsammelbehälter, Probenahme) ausgelegt. Der Reaktor wird für einen Betrieb bis 400°C geeignet sein. Die Anlage soll über längere Versuchszeiträume mit geringem Überwachungsaufwand durch Betriebspersonal betrieben werden. Damit ist es möglich, die Veränderung des Hydrierkatalysators über längere Betriebszeiten zu unter-

suchen und gleichzeitig repräsentative Versuchsmuster für die anwendungstechnische Untersuchung der Produkte für die eigene Forschung und die Zusammenarbeit mit Partnern bereitstellen.

#### **A.2.1.7.5.2 Innovationsplattform SOLAR TAP**

Die Innovationsplattform Solar TAP wurde im Jahr 2023 installiert. Erste Transferprojekte mit Industriepartnern wurden bereits etabliert. Kern der Plattform sind die existierenden Forschungsinfrastrukturen an den beteiligten Helmholtz-Zentren, welche im Rahmen von Solar TAP über einen Stage-Gate Prozess und eine gemeinsame Roadmap miteinander verbunden werden. Parallel dazu wird das Industrie-Netzwerk (z.B. im Rahmen von Solar Tap Industry Days) aufgebaut, mit dem Transferaktivitäten im Rahmen von kleinen Projekten durchgeführt werden.

Bereits im Februar, vor dem offiziellen Projektstart, trafen sich die Pls, um eine Governance und eine Austauschstruktur zu entwerfen, welche die Grundlage für die Kooperationsvereinbarung der Zentren bildet. Diese wurde im Oktober durch alle Zentren verabschiedet. Seitdem tauschen sich die Pls untereinander monatlich aus. Eine General Assembly wurde etabliert und hat als „live Treffen“ bereits dreimal stattgefunden. Darüber hinaus wurde aus dem Kreis der Pls ein Steering Committee berufen, das als Schnittstelle zu den Administrationen der Zentren fungiert und die Innovationsplattform nach innen und außen repräsentiert. Weiterhin haben direkt nach Projektstart die Arbeitsgruppen zu den Themen der Entwicklung des Stage-Gate-Prozesses, des Digitalen-Zwillings, der gemeinsamen Dateninfrastruktur und der Transferstrukturen ihre Arbeit aufgenommen. Für die täglichen Belange der Innovationsplattform und als Kontakt für alle Beteiligten wurde die Stelle des Solar TAP Managers geschaffen.

Mit dem Aufbau des Industrienetzwerks wurde begonnen, nachdem die ersten internen Strukturen geschaffen waren. Hierfür wurden zunächst zwei Solar Tap Industry Days und mehrere Videokonferenzen durchgeführt, um interessierte Industriepartner über die Möglichkeiten von Solar TAP zu informieren. In diesem Zuge wurden die ersten „Solar TAP Industry Day“ Events mit jeweils 60 Teilnehmenden im Juli und 76 Teilnehmenden im Oktober durchgeführt. Die Termine wurden auch genutzt, um den Prozess für die Erarbeitung der Solar TAP Roadmap voranzutreiben. Das Solar TAP Netzwerk, welches regelmäßig zu Solar TAP informiert, besteht mittlerweile aus 177 Akteuren, von denen 112 aus der Industrie kommen.

Um die Innovationsplattform nach außen zu repräsentieren und eine Marke rund um Solar TAP aufzubauen, wurde im Rahmen des Innovationscoachings eine Corporate Identity und ein Logo erarbeitet. Außerdem wurden eine Internetseite ([solar-tap.com](https://solar-tap.com)) und ein LinkedIn-Kanal erstellt. Im Rahmen des Innovationscoachings wurde darüber hinaus die VDI/VDE Innovation + Technik GmbH beauftragt, eine Marktstudie für Multi-Benefit PV zu erstellen und aktiv den Roadmapping Prozess im Rahmen von Solar TAP voranzutreiben.

Der weitaus wichtigste Bestandteil von Solar TAP sind die Transferaktivitäten, welche mit den Solar TAP Ressourcen schnell und flexibel begonnen werden können; im ersten Jahr waren es bereits 17 Transferprojekte. Das KIT verantwortete Transferprojekte zu optischen Komponenten für den verbesserten Lichteinfang, neuartigen Bauelementarchitekturen in Solarzellen, skalierbaren Herstellungsverfahren und Simulationen.

## A.2.2 Überblick zum Forschungsbereich Information

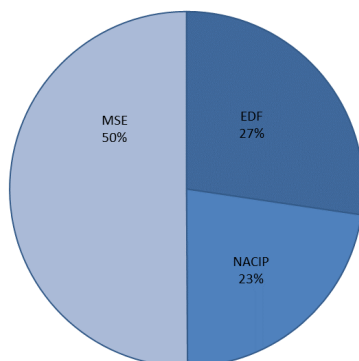
### A.2.2.1 Bericht des Forschungskoordinators an den Senat

Siehe Anhang.

### A.2.2.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich

Der Forschungsbereich Information hat sich die Marke „Helmholtz Information“ gegeben und wird ab sofort so benannt, ist aber weiterhin ein Forschungsbereich der Helmholtz-Gemeinschaft. Eingeteilt ist der FB in drei Programme mit 14 Topics unter Beteiligung der Zentren FZJ, KIT, Hereon und HZB. Die Programme „Engineering Digital Futures“ (EDF), „Natural, Artificial and Cognitive Information Processing“ (NACIP) und „Materials Systems Engineering“ (MSE) arbeiten an den Prinzipien der Informationsdarstellung, -übertragung, -speicherung und -verarbeitung. Das KIT ist an allen drei Helmholtz-Programmen (in zwölf Topics) beteiligt und in Federführung des Programms MSE.

Programmantteile des KIT im FB Information



Anteile des KIT am FB Information

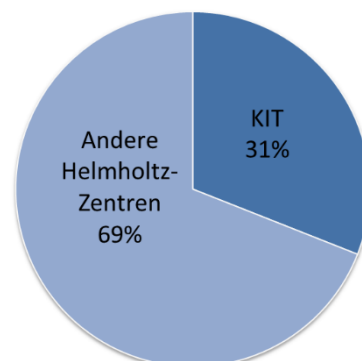


Abbildung 6: Programmantteile des KIT im Forschungsbereich Information

Die Kompetenzen des KIT liegen in den Gebieten des daten-intensiven Rechnens, des Daten-Managements, der IT-Sicherheit, der Technikfolgenabschätzung, der Bio- und Quantentechnologie, der Mikro- und Nanoelektronik, der Optik und Photonik sowie der Materialwissenschaften. Zudem betreibt das KIT in diesem Forschungsbereich die Forschungsinfrastruktur „Karlsruhe Nano Micro Facility for Information“ (KNMFi), die einen offenen Zugang zu einem breiten Portfolio von wichtigen und wesentlichen High-End-Geräten, komplexen Prozessketten zur Strukturierung und Charakterisierung von funktionalen Materialien, Komponenten und Systemen im Mikro- und Nanobereich anbietet.

Zur Stärkung der Querverbindungen zwischen den Programmen und z.T. auch mit anderen Forschungsbereichen wurden vier Joint Labs eingerichtet: Virtual Materials Design (VMD), Integrated Model and Data Driven Material Characterization (MDMC), Exascale Earth System



Modelling (ExaESM) und Supercomputing and Modeling for the Human Brain (SMHB). Letztgenanntes ist ohne Beteiligung des KIT, wohingegen die Aktivitäten von VMD unter Federführung des KIT laufen und den Forschungsansatz der schon in der PoF III am KIT gestarteten VirtMat-Initiative aufgreifen, die auch in der PoF IV als Beitrag des KIT des JL weitergeführt wird. Alle Joint Labs erhalten über den Innovationspool eine Anschubfinanzierung.

Im Rahmen des Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft werden derzeit verschiedene Projekte aus dem Helmholtz-Inkubator „Information & Data Science“ für insgesamt drei Jahre gefördert. Im Rahmen der FB-übergreifenden Plattformen „Helmholtz Imaging Plattform“ (HIP), „Helmholtz Metadata Collaboration“ (HMC) und „Helmholtz AI“ gab es die Ausschreibungen zum jährlichen Call zur Förderung disruptiver und kollaborativer Projekte (high-risk-high-gain). Helmholtzweit wurden 2023 für HMC 23 Projekte eingereicht, davon fünf mit Beteiligung des KIT. In dieser Ausschreibungsrunde konnten sich von insgesamt sechs geförderten Projekten drei Anträge mit Beteiligung des KIT durchsetzen. Damit erhält das KIT für seine Beteiligung an der Ausschreibung insgesamt eine Fördersumme i.H.v. ca. 242 TEuro aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds. Das Ergebnis der beiden anderen Ausschreibungen von Helmholtz AI und HIP steht noch nicht fest. Das KIT ist an zwölf bzw. drei Anträgen beteiligt. Der FB Information hat hierbei eine besondere Relevanz.

Das multidisziplinäre „Karlsruhe Center of Optics und Photonics“ (KCOP) am KIT soll eine international herausragende Forschungsplattform auf dem Gebiet der Optik und Photonik bilden. Das Projekt KCOP wurde von 49,88 Mio. Euro auf 53,350 Mio. Euro erhöht und wird am KIT als strategische Ausbauinvestition (> 15 Mio. Euro) seit 2019 realisiert. Das KCOP wird fortgeschrittene (Reinraum-)Infrastruktur für Forschungsaktivitäten von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung in den Feldern Quantitative Lebenswissenschaften, Nanophotonik für die Energiewandlung, Teratronik, hoch entwickelte Detektor- und Sensorsysteme und photonische Nanofabrikation zur Verfügung stellen. Die geplante Forschungsinfrastruktur unterstützt so die Forschung an den Schnittstellen verschiedener Disziplinen und entlang von Wertschöpfungsketten. Am 1. Dezember 2023 fand das Richtfest von KCOP statt.

### **Engineering Digital Futures (EDF)**

Das Hauptziel des Programms besteht darin, Lösungen für die methodologischen, technischen, instrumentellen, organisatorischen und gesellschaftlichen Herausforderungen zu entwickeln, mit denen moderne Wissenschaft, Technik, Industrie und Gesellschaft im Zeitalter der digitalen Transformation konfrontiert sind. Das KIT bearbeitet zusammen mit dem FZJ Topic 1 „Enabling Computational- & Data-Intensive Science and Engineering“ und in Federführung das Topic 3 „Engineering Secure Systems“ und das Topic 4 „Knowledge for Action“. Das KIT bringt im Topic 1 seine interdisziplinären Simulation & Data Life Cycle Labs sowie Algorithmen- und Methodengruppen ein, wobei Forschungsdatenmanagement, föderierte Dateninfrastrukturen, skalierbare Algorithmen, Künstliche Intelligenz, Maschinelles Lernen und Datenanalyse eingesetzt werden, um aus großen und heterogenen wissenschaftlichen Daten und datengestützter Modellierung Mehrwerte für Wissenschaft, Technologie und Gesellschaft zu schaffen. Im Rahmen der Umstrukturierung des Forschungsbereichs Information wurde am KIT das Kompetenzzentrum KASTEL mit seinen Aktivitäten als eigenständiges Topic 3 in das Programm integriert, um sich mit der Entwicklung sicherer Systeme für kritische Infrastrukturen auseinanderzusetzen. Dazu existieren am KIT drei methodenfokussierte Forschungsgruppen und drei domänenspezifische Security Labs. Die Arbeiten des Topics 4 waren in der PoF III innerhalb des Programms „Technology, Innovation and Society“ (TIS) zu finden. Das Topic beschäftigt sich mit der Untersuchung der digitalen Transformation mittels Technikfolgenabschätzung

(TA) und Responsible Research and Innovation (RRI). Dazu wird fallstudienbasierte thematische sowie methodenorientierte Forschung durchgeführt, um geeignete Handlungsstrategien durch Dialog mit und Wissenstransfer in Politik und Gesellschaft zu ermöglichen.

### **Natural, Artificial and Cognitive Information processing (NACIP)**

Dieses Programm befasst sich mit der Erforschung grundlegender Prinzipien der Informationsverarbeitung mit dem Ziel, diese in der Entwicklung neuer Technologien sowie neuer Methoden in Forschung und Medizin einzusetzen. Das Programm gliedert sich in fünf Topics mit interdisziplinären Ansätzen, die von der Quantentechnologie über biologische Systeme bis hin zu neuromorphen Prozessen des Gehirns reichen. Das KIT ist an drei der fünf Topics beteiligt: „Quantum Materials“, „Quantum Computing“ und „Molecular and Cellular Information Processing“. Die Kompetenzen des KIT reichen von der Grundlagenforschung zum tiefen Verständnis von emergenten Quantenphänomenen bei Materialien und Molekülen über die Erforschung von Qubits zur Entwicklung neuartiger Quantencomputer bis hin zur Entschlüsselung der Mechanismen des molekularen und zellulären Rechnens und der kooperativen Informationsverarbeitung in zellulären Netzwerken. Zur Stärkung der Programmaktivitäten unterstützt NACIP die Initiative VirtMat, die als Grundlage des Joint Labs VMD angesehen werden kann.

### **Materials Systems Engineering (MSE)**

Übergeordnetes Ziel des Programms MSE ist die Entwicklung und Integration informationsgestützter Techniken in Materialdesign, -entwicklung und -verarbeitung. Das KIT ist an allen fünf Topics beteiligt, an vier davon mit (Co-)Verantwortlichkeit des KIT. Die Arbeiten in den Topics „Functionality by Information-Guided Design: From Molecular Concepts to Materials“, „Optics & Photonics: Materials, Devices, and Systems“, „Adaptive and Bioinspired Materials Systems“, „Scale-Bridging Designed Materials: From Fundamentals to Systems“ und „Materials Information Discovery“ reichen von der Grundlagenforschung bis zu Hochtechnologien und integrierten Systemen. Die Forschungsstrategie besteht darin, mittels Funktionalität durch computergestütztes Design, informationsgetriebenes Materialgrenzflächen- und Prozessdesign, Kombination von biologischen und künstlichen Werkstoffen sowie eine skalenübergreifende Fertigung unter Berücksichtigung von Lebenszyklusaspekten neue Materialien und Materialkonzepte zu entwickeln. Zur Stärkung der Forschung am virtuellen Materialdesign betreibt MSE die Initiative VirtMat, die Keimzelle des Joint Labs VMD.

### **Forschungsinfrastruktur Karlsruhe Nano Micro Facility for Information (KNMFi)**

Insbesondere die Arbeiten des Programms MSE profitieren von der Ausstattung und Expertise der KNMFi zur Nanofabrikation und Charakterisierung, die sowohl technologisch als auch personell eng mit MSE verknüpft ist. Die Nutzeneinrichtung KNMFi am KIT bietet zudem den Anwendenden aus Industrie und Wissenschaft einen Zugang zu speziellen Werkzeugen aus der Mikro- und Nanotechnologie und stärkt somit die Materialforschung im gesamten Forschungsbereich.

### **A.2.2.3 Programmanteil Engineering Digital Futures (EDF)**

In der Strategischen Bewertung des Programms wurde bestätigt, dass die Programmplanung optimal ausgelegt ist, um die Forschungspolitischen Ziele – ggf. unter Berücksichtigung entsprechender Senatsempfehlung – zu erreichen.

#### **A.2.2.3.1 Das Programm im Überblick**

##### ***Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich***

Das Programm „Engineering Digital Futures (EDF): Supercomputing, Data Management and Information Security for Knowledge and Action“ bildet einen Kern des Forschungsbereichs Information. Das Hauptziel des Programms besteht darin, Lösungen für die methodologischen, technischen, instrumentellen, organisatorischen und gesellschaftlichen Herausforderungen zu entwickeln, mit denen moderne Wissenschaft, Technik, Industrie und Gesellschaft im Zeitalter der digitalen Transformation konfrontiert sind. Die schiere Menge an realen und simulierten Daten sowie die rasant wachsende Komplexität der Informationssysteme erfordern vollkommen neue Herangehensweisen an das Management und die Verarbeitung dieser Forschungsdaten. Aus einem tieferen Verständnis von Daten und Modellen, wie es durch Analyse und Simulation möglich wird, ergeben sich vielfältige neuartige Nutzungsmöglichkeiten. Dieser Ansatz ist heute Haupttreiber für Innovation und Wertschöpfung. Sichere Informationssysteme sowie die Vertrauenswürdigkeit in und die Überprüfbarkeit von digitalen Informationen, wie sie innerhalb des Programms erforscht werden, bilden die Basis für einen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzen der digitalen Transformation sowie zur Absicherung und Abwehr von Gefahren für unsere Infrastruktur. Vor diesem Hintergrund ist eine wissenschaftliche und technologische Führungsrolle in den Bereichen Big Data, IT-Sicherheit, Künstlicher Intelligenz und Supercomputing anzustreben. Ziel des Programms ist es, die technischen Voraussetzungen für den Zugang zu kommenden modularen Exascale-Rechnern und europaweit förderierter Dateninfrastrukturen sowie für die Unterstützung bei deren Nutzung zu schaffen. Darüber hinaus soll mit neuromorphen Rechnern und Quantencomputern *terra incognita* für das Computing der Zukunft erschlossen werden. Neue Konzepte für die Technikfolgenabschätzung bilden die Grundlagen, um Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft auf die zukünftigen Herausforderungen in der digitalen Transformation vorzubereiten. Integraler Bestandteil aller Vorhaben sind interdisziplinäre Partnerschaften sowohl zwischen den Topics des Programms als auch mit den weiteren Programmen im Forschungsbereich Information sowie forschungsbereichsübergreifend und darüber hinaus der Wissens- und Technologietransfer in Forschung, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft.

## Programmstruktur

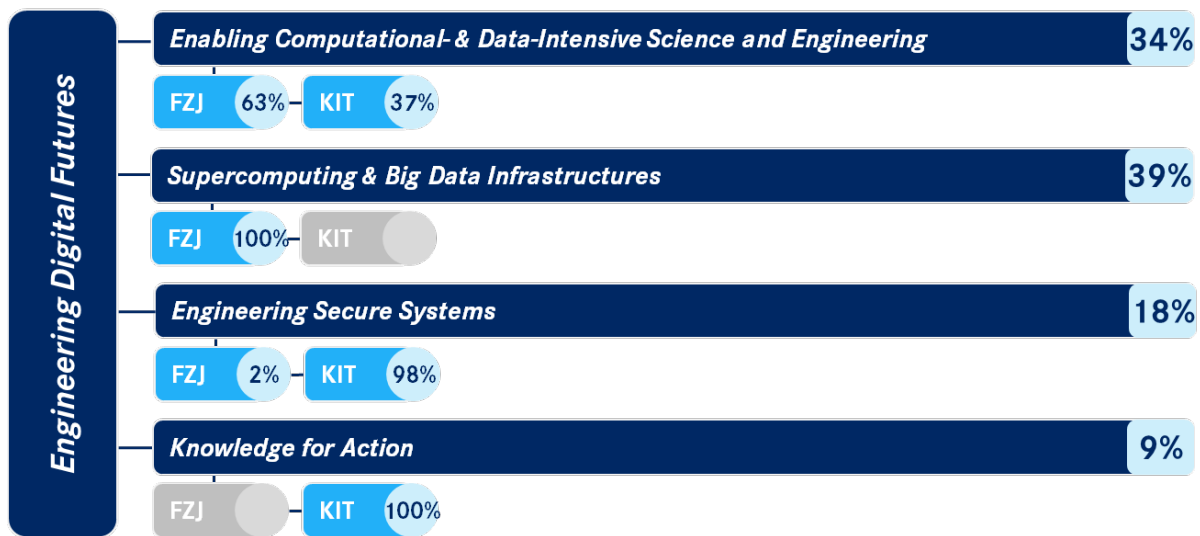


Abbildung 7: Programmstruktur EDF

Das Programm gliedert sich in

Topic 1: Enabling Computational- & Data-Intensive Science and Engineering  
(Sprecherin des Topic-Boards: Prof. Dr. Kristel Michielsen, FZJ)

Das Hauptziel des Topic 1 besteht darin, aus großen und heterogenen wissenschaftlichen Daten, datengestützter Modellierung und komplexen Theorien einen Mehrwert für Wissenschaft, Technologie und Gesellschaft zu schaffen, wobei Forschungsdatenmanagement, Dateninfrastrukturen, skalierbare Algorithmen hin zu Exascale, Maschinelles Lernen und Datenanalyse eingesetzt und neue bahnbrechende Technologien wie Quantencomputing und neuromorphes Rechnen einbezogen werden.

Topic 2: Supercomputing & Big Data Infrastructures  
(Sprecherin des Topic-Boards: Prof. Dr. Estela Suarez, FZJ)

Die Arbeiten im Topic 2 zielen darauf ab, Simulations- und Dateninfrastrukturen der höchsten Leistungsklasse zu entwickeln, zu beschaffen, zu betreiben und zu unterstützen sowie die wissenschaftsgeleitete Bereitstellung zu gewährleisten. Exascale-Dateninfrastrukturen werden auf nationaler und europäischer Ebene gebündelt, und Exascale-basierte Technologien werden mit führenden Herstellern entwickelt und in die innovative Modulare Supercomputerarchitektur (MSA) integriert. Auch Quantencomputerarchitekturen und künftige neuromorphe Systeme sollen mit eingebunden werden und werden so die Vision eines hybriden Supercomputers verwirklichen.

Topic 3: Engineering Secure Systems  
(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. Jörn Müller-Quade, KIT)

Das Topic 3 befasst sich mit der ingenieurwissenschaftlich geprägten Entwicklung sicherer Systeme für kritische Infrastrukturen. Um dieses Ziel zu erreichen, betreibt das Topic drei methodenfokussierte Forschungsgruppen (zu sicheren Berechnungen und sicherer Kommunikation, zu menschlichen und gesellschaftlichen Faktoren sowie zur Quantifizierung von Sicherheit) und drei domänenspezifische Security Labs zu den Anwendungsgebieten Energie, autonome Mobilität und industrielle Produktion. Der stark interdisziplinär geprägte Transfer aus der

Methodenentwicklung in praktische Anwendungen der kritischen Infrastruktur stellt dabei ein Alleinstellungsmerkmal des Topics dar.

Topic 4: Knowledge for Action  
(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. Armin Grunwald, KIT)

Im Topic 4 werden Digitalisierung und digitale Transformation als technowissenschaftliche und soziale Phänomene unter Anwendung fortgeschrittener Konzepte von Technikfolgenabschätzung (TA) und Responsible Research and Innovation (RRI) untersucht. Dazu werden fallstudienbasierte thematische sowie methodenorientierte Forschung durchgeführt, mit deren Resultaten Innovationsakteure die digitale Transformation in verschiedenen Anwendungsfeldern besser verstehen, gestalten und geeignete Handlungsstrategien entwickeln können. In diesem Sinne sind Wissenstransfer an und Dialog mit Politik und Gesellschaft inhärent zum Topic und eng mit seiner Forschung verwoben.

### **A.2.2.3.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms**

#### **Highlight Topic 1: Forschung im Bereich energieeffizienter KI**

Der Aufstieg der künstlichen Intelligenz (KI) führt zu einer steigenden Nachfrage nach Rechenleistung, bereitgestellt auf leistungsstarken Supercomputern mit Grafikprozessoren, die übermäßig viel Energie verbrauchen. Dies droht die erhofften positiven Auswirkungen von KI-Innovationen zu überwiegen. Um KI nachhaltiger zu gestalten, ist es entscheidend, den Energieverbrauch von KI-Hardware und -Software zu quantifizieren und zu vergleichen. Daher ist die Bereitstellung von Werkzeugen und Methoden für Messung, Reporting und Reduzierung des Energieverbrauchs von KI-Workloads [1] und die Entwicklung energieeffizienter KI-Ansätze von entscheidender Bedeutung, um eine nachhaltige Zukunft für diese Methodik zu erreichen. Ein Artikel in Nature Machine Intelligence [2], der in Zusammenarbeit mit Helmholtz AI verfasst wurde, greift dieses wichtige Thema auf und diskutiert sie. Ein vielversprechender Ansatz zur Steigerung der Energieeffizienz in der KI ist das Lernen aus der Evolution durch asynchrone Vermehrung von Populationen in der massiv parallelen genetischen Optimierung [3].

- [1] **J. P. Gutiérrez Hermosillo Muriedas, K. Flügel, C. Debus, H. Obermaier, A. Streit, M. Götz.** *pe-run: Benchmarking Energy Consumption of High-Performance Computing Applications. European Conference on Parallel Processing (EuroPar), Springer, p. 17–31 (2023), [https://doi.org/10.1007/978-3-031-39698-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-39698-4_2).*
- [2] **C. Debus, M. Piraud, A. Streit, F. Theis, M. Götz.** *Reporting electricity consumption is essential for sustainable AI. Nature Machine Intelligence 5, 1176–1178 (2023), <http://dx.doi.org/10.1038/s42256-023-00750-1>.*
- [3] **O. Taubert, M. Weiel, D. Coquelin, A. Farshian, C. Debus, A. Schug, A. Streit, M. Götz.** *Massively Parallel Genetic Optimization Through Asynchronous Propagation of Populations. International Conference on High Performance Computing (ISC), Springer p. 106-124 (2023), [https://doi.org/10.1007/978-3-031-32041-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-32041-5_6).*

#### **Highlight 1 Topic 3: Sonderforschungsbereich 1608 „Convide“ genehmigt**

Im Jahr 2023 ist es gelungen, den neuen, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Sonderforschungsbereich 1608 „Konsistenz in der sichtenbasierten Entwicklung Cyber-Physikalischer Systeme“ (Convide) einzurichten. Ziel des SFBs ist die Erforschung neuartiger Methoden für die Entwicklung cyber-physikalischer Systeme (CPS), also softwareintensiver technischer Systeme wie moderner Autos oder Produktionsanlagen, um deren Zuverlässigkeit, Sicherheit und Anpassungsfähigkeit zu erhöhen. Darin spiegeln sich auch die Bestrebungen des Topics wider, den Sicherheitsbegriff (security) zu erweitern und um das Merkmal

„Safety“ zu ergänzen. Diese Systeme kombinieren elektronische, mechanische und softwaregesteuerte Komponenten, die eng miteinander interagieren müssen und damit eine Komplexität erreichen, die für einzelne Entwicklerinnen und Entwicklern selbst auf abstrakten Architekturebenen kaum noch beherrschbar ist. Aus diesem Grund werden bei der Entwicklung sogenannte „Sichten“ auf das System verwendet, d.h. Teilmodelle, die spezifisch für die jeweiligen Aufgaben in der Entwicklung sind. Aufgrund der vielfältigen Abhängigkeiten zwischen den Sichten widmet sich der SFB neuartigen Methoden zur Wahrung der Konsistenz. Ausgangspunkt hierfür sind Methoden aus der Softwareentwicklung, dem Produktdesign und formale Methoden, die im Rahmen des Topics bereits entwickelt wurden. Im Rahmen des SFBs werden neuartige Methoden für das sogenannte „Advanced Systems Engineering“ erforscht, um den Entwurf von CPS durch Beibehaltung der Konsistenz agiler und damit effizienter zu gestalten. Dies soll kürzere Entwicklungszyklen und schnellere Aktualisierungen ermöglichen. Ähnlich wie bei Smartphones geht es darum, Updates einfach und zeitnah zu installieren und CPS kontinuierlich an veränderte Anforderungen anzupassen, die Zuverlässigkeit und damit auch die Sicherheit zu verbessern und neue Features einzuführen. Neben dem KIT sind auch die Universität Mannheim sowie die Technischen Universitäten Dresden und München als weitere Partner beteiligt (<https://www.sfb1608.kit.edu/>).

## Highlight 2 Topic 3: Schwachstellenanalyse und Risikobewertung in Energiesystemen

Die Schwachstellenanalyse in Energiesystemen umfasst die Bewertung verschiedener Arten von Testumgebungen, d.h. physischer, virtueller und hybrider Umgebungen für intelligente Netze (Smart Grids, SGs) aus verschiedenen Perspektiven der Cybersicherheit. Eine Vorarbeit zur Charakterisierung dieser Testumgebungen auf Grundlage der MITRE-ICS-Attack-Matrix wurde veröffentlicht [4]. Diese Bewertung basierte zunächst auf verschiedenen qualitativen Metriken wie Kosten, Genauigkeit und Flexibilität. Die zweite Veröffentlichung [5] konzentriert sich auf die anwendbaren Taktiken und Ansätzen für jede Umgebung und bewertet, wie gut sich damit Angriffsszenarien realistisch simulieren lassen. Es wurde erfolgreich herausgestellt, dass verschiedene Implementierungen von Testumgebungen ihre eigenen Einschränkungen und Herausforderungen mit sich bringen, die von Forschenden bei der Auswahl einer Umgebung für einen bestimmten Anwendungsfall berücksichtigt werden müssen. In Übereinstimmung mit früheren Bewertungen von Testumgebungen auf Grundlage der MITRE-ICS-Matrix konzentriert sich die aktuelle Forschung auf eine eingehende Bewertung von Testumgebungen aus IT- und OT-Perspektive, die als Grundlage für die Entwicklung von Abwehrtechniken dienen könnte. Verschiedene Schwachstellen von Komponenten im „KASTEL Security Lab Energy“ und in der „EPIC“-Testumgebung werden tabellarisch dargestellt. Einige dieser Schwachstellen werden ausgenutzt, um die Auswirkungen von Angriffen auf die einzelnen Umgebungen zu zeigen. Darüber hinaus werden auch die Einschränkungen von Industrieprotokollen wie Modbus TCP, S7 und MMS einbezogen. Zur weiteren Analyse der unterschiedlichen Schwachstellen wurde ein hybrider Risikobewertungsprozess unter Verwendung von Fuzzy-Analyse-Hierarchieprozessen entwickelt [5].

- [4] **A. Mumrez, M.M. Roomi, H.C. Tan, D. Mashima, G. Elbez, V. Hagenmeyer.** *Comparative Study on Smart Grid Security Testbeds Using MITRE ATT&CK Matrix. 2023 IEEE International Conference on Communications, Control, and Computing Technologies for Smart Grids (SmartGridComm), Glasgow, United Kingdom, 1–7 (2023), <https://ieeexplore.ieee.org/document/10333902>.*
- [5] **S. Canbolat, G. Elbez, V. Hagenmeyer.** *A new hybrid risk assessment process for cyber security design of smart grids using fuzzy analytic hierarchy processes. at-Automatisierungstechnik, 71 (9), 779–788 (2023), <https://doi.org/10.1515/auto-2023-0089>.*

#### **Highlight 1 Topic 4: Demokratisierung von Quantentechnologien in neuer Open-Access-Veröffentlichung diskutiert**

Mit dem Voranschreiten der Quantentechnologien (QT) hat sich ihr potenzieller Einfluss auf die ihre Beziehung zur Gesellschaft zu einem wichtigen Forschungsgegenstand entwickelt. In einer neuen Open-Access-Veröffentlichung [6] wurde das Thema Demokratisierung im Kontext der QT, insbesondere des Quantencomputings, untersucht. Nach einer kurzen Einführung in verschiedene Demokratietheorien und die Frage, ob Demokratie als intrinsischer oder instrumenteller Wert betrachtet wird, geben die Autorinnen und Autoren einen Überblick darüber, wie das Konzept der Demokratisierung im Bereich der QT verwendet wird. Sie zeigen, dass in der Privatwirtschaft Demokratisierung vor allem von Unternehmen, die sich mit Quantencomputing beschäftigen, als relevant erachtet wird, dies allerdings in einem sehr engen, vor allem Zugang betonenden Verständnis des Konzepts. Es wird argumentiert, dass die laufenden Bemühungen zwar notwendige Schritte zur Demokratisierung dieser aufstrebenden Technologien sind, dass sie aber nicht ausreichen, um zu argumentieren, dass die QT ein demokratisiertes Feld sind. Mehr Reflexivität und Sensibilität in Bezug auf die von den Akteuren im QT-Bereich angenommenen Narrative und Handlungen, sowie die Verdeutlichung der den laufenden Bemühungen zur Demokratisierung der QT zugrunde liegenden Annahmen können zu einer für die Gesellschaft nützlicheren Technologieentwicklung führen.

[6] Z.C. Seskir, S. Umbrello, C. Coenen, P.E. Vermaas. *Democratization of Quantum Technologies*. *Quantum Science and Technology*. 8(2), Article no. 024005 (2023), <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2058-9565/acb6ae>.

#### **Highlight 2 Topic 4: Weiterführung des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag bis 2028**

Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages hat in seiner Sitzung vom 21. Juni 2023 einstimmig beschlossen, eine Gruppe von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Topic 4 mit dem weiteren Betrieb des Büros für Technikfolgenabschätzung (TAB) des Bundestages bis 2028 zu betrauen. Diesem Ergebnis ging ein mehrstufiges Bewerbungsverfahren voraus, in dem sich die Beratungsleistungen von Helmholtz gegen starke Konkurrenz durchgesetzt haben. In der kommenden Vertragslaufzeit wird das TAB sein Methodenspektrum, wie digitale Datenanalyse und partizipative Szenariomethoden, erweitern, um noch präziser Handlungsoptionen für den Bundestag zu identifizieren. Die Foresight-Aktivitäten mit Fokus auf Innovation und transformative Resilienz werden weiter ausgebaut und geschärft. Darüber hinaus wird die Wissenschaftskommunikation im Dialog mit Politik und Gesellschaft besonders gestärkt, um die Sichtbarkeit von Technikfolgenabschätzung innerhalb und außerhalb des Bundestages weiter zu verbessern.

#### **A.2.2.3.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen**

Senatsempfehlungen:

*Die Ziele des vorgeschlagenen Programms sind eine starke Basis für die rechnergestützte Arbeit im Forschungsbereich Information und darüber hinaus. Es soll zum Wissenszentrum im Bereich Supercomputing für die Helmholtz-Gemeinschaft insgesamt und vorzugsweise für Deutschland werden. Es ist wichtig, in verschiedenen Bereichen Wirkung zu erzielen.*

Wie in den Programmfortschrittsberichten 2021 und 2022 erwähnt, kann diese Empfehlung als Anerkennung der potenziell großen und translationalen Wirkung des einzigartigen interdisziplinären Ansatzes von Topic 1 gesehen werden. Ein weiterer wichtiger Aspekt des Engagements in den Communities sind die Bemühungen in den Bereichen Talentmanagement, Vernetzung und Kooperation sowie Kooperationen mit und Nutzende aus der Industrie und Wirtschaft. Helmholtz Information ist ein zentrales Element, das den Forschenden in allen Forschungsbereichen und Industriekunden Ressourcen, Unterstützung und Wissen zur Verfügung stellt und auch mit ihnen in gemeinsamen Projekten zusammenarbeitet.

*Die Aktivität zur Cybersicherheit soll den Fokus auf nutzbare Sicherheit verstärken und die Interaktion mit der Industrie stärken. Eine Integration des neuen Zentrums für Cyber-Sicherheitsforschung in das Programm kann die Bemühungen weiter fördern.*

Topic 3 konzentriert sich auf die „nutzbare Sicherheit“, indem es den Ansatz der „Human-Centered Security by Design“ in seinen Aktivitäten durchgehend verwendet. Dieser Schwerpunkt wird interdisziplinär mit dem Fachwissen der beitragenden Disziplinen Informatik, Ingenieurwesen und Rechtswissenschaften umgesetzt. Wesentlich ist dabei, dass unterschiedliche Zielgruppen angesprochen werden, die mit Problemen der Datensicherheit konfrontiert sind.

Durch die Beteiligung des FZI Forschungszentrum Informatik und des Fraunhofer-Instituts für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB) verfügt das Topic 3 am KIT über wichtige Kooperations- und Transferpartner mit engen Industriekontakten. Die Kooperationsprojekte mit SAP (Secure Federated Machine Learning, Secure and Robust Machine Learning for IoT Systems) und Huawei (Efficient Secure Multiparty Computation) wurden fortgesetzt. Auch die bestehenden Kooperationen mit der Industrie wurden weiter ausgebaut, wie die unter der Überschrift „Technologietransfer“ in Abschnitt 4.3 beschriebenen Kooperationen mit der Mercedes AG, der BASF SE, der Pionix GmbH, der Software Alliance for E-mobility (S.A.F.E. e.V.) oder GoTo (ehemals LogMeIn, Inc.) zeigen.

Die von Topic 3 zu Beginn der Laufzeit der PoF IV begonnene Kooperation mit dem CISPA Helmholtz-Zentrum für Informationssicherheit wird fortgesetzt. Ein Schwerpunkt ist derzeit die Nutzung von Quantenzuständen in der Kryptographie, um starke Sicherheitsgarantien auf der Basis physikalischer Eigenschaften zu erreichen.

*Das Programm soll die einzelnen Themen enger mit übergreifenden Aktivitäten wie Ethik/Technikfolgenabschätzung und Sicherheit verbinden. Nahezu alle Themen haben entsprechende Fragestellungen.*

Das Programm EDF unterstützt diese Empfehlung voll und ganz. Entsprechende Projekte wurden bereits in die thematische Struktur des Programmantrags aufgenommen, und in den letzten Jahren wurden entsprechende Forschungsarbeiten durchgeführt oder initiiert, insbesondere im Hinblick auf Technologiefolgenabschätzung (TA), Ethik, Sicherheit und (Cyber-)Security von KI, autonomen Systemen und anderen KI-gestützten Technologien. Ein detaillierter Überblick über diese und andere neu begonnene Aktivitäten im Programm wurde in den Programmfortschrittsberichten 2021 und 2022 gegeben. Für das Berichtsjahr 2023 können folgende Aktivitäten genannt werden:

Topic 3 kooperiert intensiv mit Topic 4 bei der Anwendung von Methoden des maschinellen Lernens, die die Erfahrungen der Nutzenden autonomer Fahrzeuge auswerten. Da sensible Daten über die Nutzenden erhoben werden, müssen robuste Sicherheitsanforderungen erfüllt



werden. Beide Topics setzen ihre Methoden an denselben Testfahrzeugen ein, sodass Synergien effizient genutzt werden können. Das Projekt „Vertrauen durch Erklärbarkeit bei verifizierbaren Online-Wahl-Systemen“, welches die Topics 3 und 4 verbindet, wurde 2023 fortgesetzt. Ziel dieser Forschungsarbeiten ist es, spezielle Forschungsfragen im Kontext der technisch-organisatorischen Vertrauenswürdigkeit und Einflüsse auf das Vertrauen in Online-Wahlsysteme im Hinblick auf die Rolle der Erklärbarkeit zu initiieren. Online-Wahlen werden auch in der Kooperation zwischen den Topics 1 und 3 im Projekt „Ende-zu-Ende-verifizierbare und geheime Online-Wahlen am KIT“ behandelt. Hier werden verschiedene praktikable Wahlsysteme daraufhin untersucht, ob sie den Anforderungen für den Einsatz am KIT genügen. Die Anforderungen werden mit den Verantwortlichen für die Organisation der Wahlen und den Betrieb solcher Systeme erarbeitet.

Außerdem führt das Programm intern und mit Partnern im Informationsbereich kontinuierlich Diskussionen darüber, welche weiteren neu entstehenden Forschungsthemen im Rahmen des Programms abgedeckt werden könnten und welche derzeitigen Aktivitäten angesichts der begrenzten fachlichen Ressourcen im Programm, insbesondere in nichttechnischen Bereichen (wie Moralphilosophie, Wirtschaft, Recht), eingestellt werden könnten oder sollten. Eines dieser Zukunftsthemen, die diskutiert wurden, sind Maßnahmen zur Erreichung von Skalierbarkeit und Nachhaltigkeit im Computing. Mit dieser Prozeduralisierung ist die Empfehlung so weit umgesetzt, wie es im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten möglich ist.

*Helmholtz könnte zu einem nationalen Think Tank für digitale Fragen werden und die Führung in Daten-einbeziehenden Konzepten übernehmen. Die Gruppe soll sich mit grundlegenden Fragen wie dem Dateneigentum befassen. Die Verbindung zu Gesundheitsdaten sollte etabliert/verstärkt werden.*

Das Programm EDF begrüßt diese Empfehlung sehr, da sie alle vier Topics gleichermaßen anspricht und einbezieht. Für das Berichtsjahr 2023 können folgende Aktivitäten genannt werden: Expertinnen und Experten aus dem Programm sind weiterhin aktiv im Inkubator „Information & Data Science“ der Helmholtz-Gemeinschaft, an den Inkubator-Plattformen zu KI, Metadaten und föderierten IT-Dienstleistungen sowie an den JointLabs SMHB, VMD, MDMC, Exa-ESM und der HIRSE\_PS beteiligt. Darüber hinaus waren die Programmexpertinnen und -experten aktiv am Aufbau der neuen Helmholtz-Foundation Models Initiative (HFMI) beteiligt. Erste Schritte zur Verarbeitung von Gesundheitsdaten wurden in der letzten Phase des EU-Flaggschiffs Human Brain Project unternommen, um solche Anwendungsfälle im Rahmen der EBRAINS-Infrastruktur zu ermöglichen.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Programms stellen auch Entscheidungstragenden und Interessenvertretenden in großem Umfang ihr Wissen zur Verfügung (siehe Abschnitt 4.3) und führen damit Aktivitäten durch, die üblicherweise als wichtige Think-Tank-Funktionen angesehen werden. Diese wurden in dieser Programmperiode erweitert und ergänzt, z.B. durch die Stärkung der themenübergreifenden Zusammenarbeit und die Einführung zusätzlicher systematischer Foresight-Prozesse.

*Die Bindung von Talenten erfordert höchste Aufmerksamkeit, und das Programm soll sich dem internationalen Wettbewerb um Expertinnen und Experten auf diesem Gebiet bewusst sein. Es sollen Mechanismen zur Honorierung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie zur Anerkennung des Stellenwerts des „Services“ bei Bewertungen und Belohnungsprozessen eingerichtet werden.*

Diese Empfehlung wurde in den Programmfortschrittsberichten 2021 und 2022 ausführlich kommentiert, und die etablierten Formate werden erfolgreich fortgeführt, regelmäßig überprüft und angepasst. Einige Beispiele hierfür sind: die neuen flexiblen Formate und Arbeitsbedingungen (Wo – Büro und/oder zu Hause? Wie viel – Vollzeit oder Teilzeit? Wann – 9 bis 17 Uhr oder angepasst an z.B. Kinderbetreuungsangebote?). Diese werden von allen Programmteilnehmenden regelmäßig genutzt, was die Chancen, Talente im Programm zu halten, deutlich erhöht hat. Bestehende und neue Möglichkeiten für Talente im Programm, ihre Karriere aufzubauen (innerhalb und außerhalb des Programms, nicht nur auf eine reine akademische Karriere ausgerichtet), werden ständig generiert, beworben und betreut. Der Bedeutung von „Services“, z.B. in Form der Entwicklung von Forschungssoftware, wurde u. a. durch einen neuen, zunächst für zwei Jahre erhobenen Leistungsindikator (Zitierbar publizierte Forschungsdaten- und Forschungssoftware-Publikationen) Rechnung getragen, der sowohl die Sichtbarkeit von Forschungssoftware-Entwicklung als auch die Bedeutung von Forschungssoftware neben klassischen KPIs wie Konferenz- oder Zeitschriftenpublikationen erhöht.

#### **A.2.2.3.4    Strategische Themen**

##### ***Talentmanagement***

Der 2. AI-Hero Hackathon fand im Juni 2023 am Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) statt und wurde gemeinsam von Extertinnen und Experten des KIT-SCC, des DKFZ, der Helmholtz Imaging Plattform, der Helmholtz Metadata Collaboration (HMC), Helmholtz AI sowie NHR@KIT organisiert. 28 Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler aus der Helmholtz-Gemeinschaft und von Universitäten nahmen teil und beschäftigten sich mit der Herausforderung energieeffizienter KI- und ML-Modelle. Die Teilnehmenden arbeiteten in Teams von jeweils drei Personen an einem von zwei KI-Anwendungsfällen aus den Bereichen Energie und Gesundheit und stellten sich dabei dem Spagat zwischen optimaler Performance und gleichzeitig größtmöglicher Energieeffizienz.

Das Computational and Mathematical Modeling Program (CAMMP, <https://www.scc.kit.edu/en/research/CAMMP.php>) bietet eine Vielzahl von Aktivitäten für Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte. Im Jahr 2023 nahmen mehr als 340 Schülerinnen und Schüler an 21 eintägigen Workshops (CAMMP-Tage) teil. Während der zwei CAMMP-Wochen arbeiteten insgesamt 48 Jugendliche an realen Simulationsproblemen. Darüber hinaus wurden über 170 Lehrkräfte in Fortbildungen und Seminaren erreicht. Außerdem hat sich der Projektkurs „Mädels machen MI(N)T – Mit Mathe und KI reale Probleme lösen“ als regelmäßiges jährliches Format etabliert und zieht weiterhin talentierte Schülerinnen an. Neun Schülerinnen nahmen an dem jährlichen Stipendienprogramm teil und arbeiteten mit unseren HPC-Spezialistinnen und -Spezialisten an aktuellen Forschungsthemen.

Um die Vertretung von Frauen in der Informatik aktiv zu fördern, setzte KIT-SCC seine Initiative „Women As Research Peers For Information Technology“ (Warp4IT, <https://www.scc.kit.edu/en/teaching/15568.php>) fort, eine Vereinigung und ein Netzwerk von Studentinnen und Wissenschaftlerinnen in diesem Bereich. Warp4IT bietet ein wissenschaftsorientiertes Mentoring-Programm für Studentinnen der MINT-Fächer an, die als studentische Hilfskräfte an aktuellen Forschungsprojekten der Informatik und des Data-Driven Computing mitarbeiten können. Unter Anleitung von Wissenschaftlerinnen lernen sie so den Arbeitsalltag der Forscherinnen am SCC kennen. Zudem veranstaltet Warp4IT eine offene Seminarreihe,

in der Wissenschaftlerinnen des KIT und anderer Einrichtungen Einblicke in ihre eigenen Karrierewege geben und den Austausch über Erfahrungen und persönliche Fragen fördern. Warp4IT dient somit als Plattform für gleichgesinnte Frauen und bietet Möglichkeiten zur Vernetzung und zum Austausch, zur Aus- und Weiterbildung sowie zur gezielten Information über Karriereperspektiven in der IT.

Charlotte Debus (KIT-SCC) hat den Maria-Gräfin-von-Linde-Preis 2023 des Verbandes Baden-Württembergischer Wissenschaftlerinnen gewonnen, der alle zwei Jahre vergeben wird. Katharina Flügel (KIT-SCC) ist die Preisträgerin des Erna-Scheffler-Preises 2023 für ihre Masterarbeit über biologisch plausibles Vorwärtslernen.

## **Vernetzung**

Das Innovationspool-Projekt zum Research Software Engineering (RSE) – HiRSE\_PS – bringt alle Programme und Zentren im Forschungsbereich zusammen, um in einer ersten vorbereitenden Studie die Etablierung zentraler RSE-Aktivitäten und die gezielte nachhaltige Förderung strategisch wichtiger Software durch dezentrale Community Software Infrastructure (CSI)-Gruppen als zwei sich gegenseitig fördernde Aspekte zu unterstützen. Mit der HiRSE-Seminarreihe (<https://www.helmholtz-hirse.de/series.html>) wurde ein einzigartiges Veranstaltungsangebot für RSE-Themen mit nationaler und internationaler Reichweite etabliert, was sich auch im internationalen Referierenden-Quorum des Seminars widerspiegelt. Des Weiteren wurde ein Hackathon zum Thema „Kontinuierliches Benchmarking“ mit internationalem Publikum organisiert. Das Ziel des Hackathons war es unter anderem, das Thema nachhaltiges Research Software Engineering zu behandeln. Vor allem aber wurde das Innovationspool-Projekt HiRSE\_PS aufgrund seiner Erfolge bis Ende 2024 verlängert. Außerdem haben sowohl das KIT als auch das FZJ weitere RSE-Aktivitäten im Jahr 2023 initiiert: Im Rahmen einer KIT-internen Initiative zur Etablierung von RSE am KIT trafen sich im Mai 2023 über 60 RSE-Interessierte zu einem ersten Community-Workshop (<https://www.scc.kit.edu/en/aboutus/16927.php>). Am FZJ hat das lokale JuRSE-Team die JuRSE Open Hours ins Leben gerufen, in denen Studierende und Forschende direkt mit dem Team über ihre Codes sprechen, Ratschläge zu allen RSE-relevanten Themen einholen oder Ideen für die Community of Practice im FZJ und darüber hinaus einbringen können.

Es gibt zahlreiche Synergien zwischen den NHR-Aktivitäten am KIT und den Programmaktivitäten. Gemeinsam mit dem NHR-Zentrum in Erlangen koordinierte das SCC das NHR-Pathfinder-Projekt „Energy Efficiency and Performance of AI at Scale“. Das SCC war auch am Pathfinder-Projekt „Portable and Efficient Pinning for Hybrid HPC“ beteiligt sowie an einem Projekt, das zum Thema „Benchmarks und TCO für NHR-Beschaffungen“ beitrug. Ein Student des NHR-Graduiertenjahrgangs 2023 wird am SCC betreut werden. Alle Projekte fördern den interdisziplinären Austausch und dienen sowohl den Zielen des Programms als auch denen des NHR.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT-KASTEL trugen mit der Begutachtung von Gründungsvorhaben mit dem Schwerpunkt IT-Sicherheit maßgeblich zum Erfolg des BMBF-Förderprogramms StartUpSecure KASTEL bei. Auch Expertinnen und Experten aus Topic 1 und den StartUpSecure-Inkubatoren CISPAs (Saarbrücken), Cube 5 (Bochum) und ATHENE (Darmstadt) sowie aus zahlreichen Forschungseinrichtungen in Deutschland unterstützten den Begutachtungsprozess mit ihrer Expertise.

## ***Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft***

### ***Technologietransfer***

In einer Industriekooperation zwischen KIT, FZI und der Mercedes AG wurde ein Verfahren zur Pseudonomisierung von Fahrzeug-Identifikationsnummern (Vehicle Identification Numbers; VIN) entwickelt: „VINKRYPTOR“. Die VIN ist eine eindeutige Kennung, die zur Speicherung der dem Fahrzeug zugeordneten Daten verwendet wird. Da es sich dabei um personenbezogene Daten handelt, ist es nicht möglich, die Daten ohne Weiteres an Dritte weiterzugeben. Dieses datenschutzrechtliche Problem wird mit der entwickelten Pseudonomisierung gelöst.

Gegenstand des technischen Austausches mit der Entwicklerfirma Pionix GmbH in Bad Schönborn ist die Ermittlung von Sicherheitsanforderungen und -annahmen für die Software „Everest“. Die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit im Rahmen dieser Softwarelösung zur Steuerung des Ladevorgangs von Elektroautos ist von besonderem Interesse für den Ausbau der E-Mobilität.

Ziel einer aktuellen Kooperation zwischen der BASF SE und dem KIT ist es, den beim Mining von Bitcoins verwendeten „Proof of Work“ (PoW) durch einen „Physical PoW“ zu ersetzen, bei dem eine bestimmte Zielfarbe aus definierten Basisfarben gemischt werden soll. Die Schwierigkeit dieses Problems und die kryptographische Sicherheit solcher PoWs müssen grundlegend untersucht werden, um festzustellen, ob dieser Ansatz geeignet ist, die großen CO<sub>2</sub>-Emissionen, die beim Mining entstehen, zu reduzieren.

Gemeinsam mit dem S.A.F.E. e.V., einer Vereinigung von Ladestationsherstellern, wurde am KIT ein neues Verfahren zur digitalen Signatur von Abrechnungsdaten entwickelt. Da die Verwendung des Standardverfahrens durch ein Patent streng geschützt ist, muss hier ein alternatives Verfahren eingesetzt und durch ein Gutachten dokumentiert werden. Nach einem Austausch mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) als Zertifizierungsstelle ist das „IIP 2.0“ nun zertifiziert und kann eingesetzt werden.

Frühe Feedback-Zyklen in Software-Entwicklungsprozessen für verteilte und plattformübergreifende Systeme werden im Auftrag von LogMeIn (GoTo Group, Inc., Boston) am KIT untersucht. Die Forschungsergebnisse werden von dem auf Fernwartungssoftware spezialisierten Unternehmen benötigt.

### ***Wissen für Entscheidende***

Im Programm EDF erfolgt der Wissenstransfer zu Entscheidenden u.a. durch institutionalisierte, projektbezogene und ad hoc Politikberatung, durch die Mitarbeit von Programmteilnehmerinnen und -teilnehmern in Beratungsgremien und durch zielgruppenspezifische Informationsdienste.

Im Rahmen der parlamentarischen Politikberatung des Deutschen Bundestages (TAB) und der Lenkungsgruppe zur Zukunft von Wissenschaft und Technologie (Scientific Technology Options Assessment; STOA) des Europäischen Parlaments wurden im Jahr 2023 mehrere Studien veröffentlicht. Mit direktem Bezug zu den Themen des Programms EDF bzw. von Helmholtz Information sind hier insbesondere Studien zu den Chancen und Risiken der Digitalisierung kritischer kommunaler Infrastrukturen im Bereich der Wasser- und Abfallwirtschaft, zu Vor- und Nachteilen des E-Votings im Vergleich zu konventionellen Wahlverfahren unter besonderer Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten sowie zu Grundlagen, Anwendungspotenzialen und möglichen Auswirkungen von ChatGPT und anderen großen Sprachmodellen der Sprachverarbeitung zu nennen. Ergänzt werden diese umfangreichen Studien durch eine Reihe von sogenannten Themenkurzprofilen, die als Ergebnis eines systematischen Horizon

Scanning einen kompakten Überblick über ausgewählte wissenschaftliche und technologische Trends und deren Relevanz für Politik und Gesellschaft bieten. Im Jahr 2023 sind zehn solcher Dokumentationen erschienen, darunter Beiträge zu digitalen Spielen in der Bildung, zu People Analytics auf Basis von Mitarbeitenden-Daten und zu möglichen Erscheinungsformen immersiver, cyber-physischer Welten wie dem Metaverse.

Seit Anfang 2023 besteht eine Kooperation mit dem Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA) der Österreichischen Akademie der Wissenschaften beim Monitoring sozio-technischer Entwicklungen für das österreichische Parlament. Zu den Ergebnissen dieser Tätigkeit gehören halbjährliche Monitoring-Berichte, die Parlamentsangehörigen und der Öffentlichkeit wissenschaftlich fundierte Informationen über aktuelle technologische Entwicklungen und deren mögliche Auswirkungen auf die Gesellschaft liefern. Die beiden letzten Berichte wurden im Mai und November 2023 vorgelegt.

Im Rahmen der Aktivitäten im Deutschen Ethikrat waren Programmwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern des KIT u.a. federführend an dessen Stellungnahme „Mensch und Maschine – Herausforderungen der Künstlichen Intelligenz“ beteiligt. Darin untersucht der Rat unter anderem, wie sich digitale Technologien und insbesondere Künstliche Intelligenz (KI) auf das menschliche Selbstverständnis und die Interaktionen auswirken und betrachtet die komplexen Wechselwirkungen zwischen Mensch und Technik sowie die gesellschaftlichen Auswirkungen, die sich aus der zunehmenden digitalen Durchdringung des menschlichen Lebens ergeben. Auch zu einem Rechtsgutachten im Auftrag der Antidiskriminierungsstelle des Bundes hat das Programm mit seiner Expertise beigetragen: „Automatisch benachteiligt – Das Allgemeine Gleichbehandlungsgesetz und der Schutz vor Diskriminierung durch algorithmische Entscheidungssysteme“.

Auch im Jahr 2023 haben sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT in verschiedenen Funktionen, auch in Leitungsfunktionen, mit ihrer Expertise in die Aktivitäten verschiedener forschungspolitischer Beratungsgremien eingebracht. Dazu gehören verschiedene Arbeitsgruppen der „Plattform Lernende Systeme“ der acatech Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und des BMBF, das acatech-Themennetzwerk Sicherheit, die Initiative „Energiesysteme der Zukunft“ (ESYS) von acatech, der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina und der Akademieunion sowie die Wissenschaftliche Arbeitsgruppe des Nationalen Cyber-Sicherheitsrats (BMI). Weitere Pls sind außerdem Mitglieder der acatech-Themennetzwerke Sicherheit und Gesundheitstechnologie, der Interdisziplinären Kommission für Pandemieforschung (DFG) und der Innovationsagentur „e-mobil“ des Landes Baden-Württemberg. Seit 2022 hat ein Programm-Pl den Co-Vorsitz des BMWK-Expertenkreises „Transformation der Automobilwirtschaft“ inne.

Die Jahreskonferenz 2023 des Netzwerks European Parliamentary Technology Assessment (EPTA) wurde von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Programms unterstützt. Sie konzentrierte sich auf die Herausforderungen, die generative KI für politische Entscheidungstragende, die Zivilgesellschaft und Regulierungsbehörden mit sich bringt. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und Parlamentarierinnen und Parlamentarier aus ganz Europa und darüber hinaus nahmen an diesem einzigartigen Forum für parlamentarische Technologiefolgenabschätzung teil.

Darüber hinaus kuratieren und veröffentlichen die Forschenden des Programms EDF die (Diamond-) Open-Access-Zeitschrift „Technology Assessment in Theory and Practice“ (TATuP), die seit Juni 2023 in Scopus gelistet und indexiert ist. Das Konzept der Zeitschrift sieht vor, neben wissenschaftlichen Artikeln mit Peer-Review auch andere Arten von Texten zu veröffentlichen, die in besonderer Weise ein breiteres Publikum ansprechen, das sich für TA interessiert. Im Jahr 2023 wurden drei Schwerpunktausgaben der TATuP veröffentlicht, von denen

zwei thematisch mit Helmholtz Information verbunden sind: „Modeling for policy: Challenges for technology assessment from new prognostic methods“ und „Technology hype: Dealing with bold expectations and overpromising“.

### *Wissen für Betroffene*

KIT-Forschende arbeiten weiter daran, die Erkenntnisse aus der Forschung in Programme und konkrete Maßnahmen umzusetzen, die Nutzenden direkt zugutekommen: Die bereits mehrfach ausgezeichneten Apps und Add-ons, die zu mehr Sicherheit („NoPhish“: Phishing-Erkennung) oder einem verbesserten Schutz der Privatsphäre („Privacy-Friendly Apps“) führen, werden weiterentwickelt. Ergänzt werden diese Aktivitäten durch Arbeiten zur Klärung der Rechte an Videos.

Die Bereitstellung von Wissen für Betroffene, dialogorientierte Formen der Wissenschaftskommunikation, die Einbindung von im außerwissenschaftlichen Diskurs entstehenden Forschungsthemen in den Forschungsprozess sowie die Konzeption und Erprobung neuer Forschungsformate (wie z.B. Reallabore und Citizen-Science-Ansätze) sind wichtige Elemente im Programm EDF. Im Jahr 2023 konnte das Programm eine Vielzahl von partizipativen Forschungsformaten, Dialogangeboten und öffentlichkeitswirksamen Veranstaltungen realisieren, von denen zwei im Folgenden exemplarisch näher beschrieben werden.

Die am KIT entwickelten Forschungsansätze und -ergebnisse werden direkt im „Lernlabor Cybersicherheit“ der Fraunhofer Academy eingesetzt. Der Leiter des Konsortiums Cybersicherheit für die industrielle Produktion ist Co-Leiter des Produktionslabors. Das Trainingsprogramm richtet sich in erster Linie an Unternehmen, insbesondere an Fach- und Führungskräfte aus produzierenden Unternehmen in Deutschland, und stellt somit einen direkten Transfer aus der Forschung in die Industrie dar.

Die Relevanz der Forschungsergebnisse spiegelt sich auch in der aktiven Mitarbeit in Normungsinitiativen zur Cybersicherheit wider. Beispiele für Beiträge auf nationaler Ebene sind die aktive Mitarbeit im Expertenrat im Richtlinienausschuss (VDI-EE 4603 Blatt 3 – Projekt „IT-Sicherheit und Informationssicherheit für Betriebsmanagementsysteme in der Energiewirtschaft“) und im IDTA-Arbeitskreis Security der Industrial Digital Twin Association e.V. sowie die Unterstützung der Arbeitsgruppe Energie/Umwelt des DKE/AK 901.0.42 „KI in der Energiewirtschaft“. Weitere Beiträge wurden in internationalen Gremien des ISA99-Standardisierungsgremiums, der OPC UA Working Group Secure Elements und dem Komitee für den kanadischen Standard CAN/DGSI 111-1: „Online Electoral Voting – Part 1: Implementation of Online Voting in Canadian Municipal Elections“ geleistet.

### ***Drittmittleinwerbung***

Die hier berichtete Drittmittleinwerbung ist nach den strategischen Themen des Programms sortiert.

#### *Exascale*

Das „WarmWorld Verbundprojekt Modul 3 Easier Teilprojekt 4: Exascale Implementierung“ (695.377 Euro; BMBF) entwickelt einen integrierten Workflow, der den Informationsgehalt des ICON-Modellierungssystems zusammen mit IFS-basierten Lösungen und Beobachtungsdaten auf eine Art und Weise darstellt, die die Intuition der Nutzenden verwendet und Innovationen unterstützt, und zielt letztlich auf prototypische Workflows auf Exascale ab.

Das Projekt „Dynamische Niedrigrangmethode zur Simulation von Wärmestrahlungswellen“ (289.628 Euro; DFG) im Rahmen der dritten Förderphase des DFG-Sonderforschungsbereichs 1173 „Wellenphänomene: Analysis und Numerik“ zielt darauf ab, die Rechenkosten und

den Speicherbedarf für die Simulation von sechsdimensionalem ((3+2+1)d in Raum+Winkel+Frequenz) Strahlungstransport zu senken.

Für das GRK 2450 „Maßgeschneiderte Multiskalenmethoden für Computersimulationen von nanoskaligen Materialien“ wurde eine zweite Förderperiode bewilligt (250.087 Euro; DFG) mit dem Ziel, die in der ersten Förderperiode entwickelte Multiskalen-Simulationsmethode auf die Einbeziehung komplexer Oberflächenstrukturen zu erweitern.

#### *Datenwissenschaften*

Das Smart Data Innovation Lab hat Ansätze entwickelt und Data Science-Anwendungsfälle auf Basis industrieller Datensätze umgesetzt. Das neue Projekt „Smart Data Innovation – Services“ entwickelt dazu einen Servicekatalog, der diese Erfahrungen mit konkreten Dienstleistungsangeboten akademischer Partner für KMU und Industriepartner verbindet, darunter auch allgemein anwendbare Services wie Hyperparameter-Optimierung und Beschleunigung des Modelltrainings durch verteiltes Deep Learning (SDI-S; 280.501 Euro; BMBF).

#### *Künstliche Intelligenz*

Das Projekt ICON-SmART (195.753 Euro; Hans-Ertel-Zentrum für Wetterforschung, <https://www.hans-ertel-zentrum.de/en/herz/index.html>) befasst sich mit der Rolle von Aerosolen und der Atmosphärenchemie für die Simulation saisonaler bis dekadischer Klimavariationen und -veränderungen sowie mit der Beschleunigung der Simulation durch Methoden des maschinellen Lernens.

#### *Cyber Security*

Ziel des SFB 1608 „Konsistenz in der sichtenbasierten Entwicklung Cyber-Physikalischer Systeme“ (Convide; 11.126.700 Euro; DFG) ist es, Methoden zu entwickeln, die darauf abzielen, Entwicklungszyklen und Aktualisierungsintervalle zu verkürzen sowie die Anpassungsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Sicherheit moderner cyber-physikalischer Systeme zu verbessern.

#### *Technikfolgenabschätzung und Ethik*

Die Kapazitäten des Programms in den Bereichen Ethik und Technikfolgenabschätzung werden zum STIMULUS-Projekt (409.118 Euro; EU) beitragen, das darauf abzielt, neue Instrumente zur Bewertung nachteiliger Veränderungen des Mikrozirkulationsstatus im Zusammenhang mit Bluthochdruck, chronischer Nierenerkrankung und Herzinsuffizienz zu entwickeln, die zu einer früheren Erkennung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen. Die Instrumente werden in klinischen Studien entwickelt und erprobt. Außerdem wird ein direkter Anwendungsfall für die unauffällige Überwachung in einer intelligenten Toilettenanwendung (smart toilet) demonstriert.

Das Projekt SinFo (999.250 Euro; MWK Baden-Württemberg und EFRE) ist Teil des Programms für Angewandte Nachhaltigkeitsforschung an baden-württembergischen Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (PAN HAW BW). Es soll öffentlich geförderte Verbundforschungsprojekte bei der Konzeption und Umsetzung ihrer konzeptionellen, methodischen, kommunikativen und transferbezogenen Kernelemente und Ziele unterstützen. Damit soll ein Beitrag zum Ausbau der Forschungs- und Innovationskapazitäten der Projekte geleistet und die Gestaltung, Einführung und Nutzung fortschrittlicher neuer Technologien, die die Nachhaltigkeitstransformation fördern, möglichst umfassend realisiert werden.

In Zusammenarbeit mit dem Futurium – Haus der Zukünfte in Berlin, einer Initiative von wissenschaftlichen Einrichtungen und der Bundesregierung, wird im Rahmen des Projekts „Mobiles Futurium – ein Modellprojekt an der Schnittstelle von Praxis und Forschung“

(525.510 Euro; BMBF) ein mobiler „Zukunfts- und Beteiligungsraum“ entwickelt. Diese Wanderausstellung wird zahlreiche Schulen im ländlichen Raum in Deutschland besuchen, um bei den Schülerinnen und Schülern Impulse für „Zukunftskenntnisse“ zu setzen. Dabei wird der Einsatz des Mobilen Futuriums aus der Perspektive der Technikfolgenabschätzung und der Bildung für nachhaltige Entwicklung reflektiert und u.a. untersucht, welche Zukunftsthemen von den Schülerinnen und Schülern und Lehrkräften als relevant erachtet werden, und ob und wie sich das Verständnis durch den Besuch des Mobilen Futuriums verändert.

#### **A.2.2.3.5    *Senatsempfehlungen***

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts im Jahr 2023 zu eigen und beschließt ihn als seine Bewertung zum Programmfortschritt 2023. Er bestätigte damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für das Jahr 2023.

#### **A.2.2.4    *Programmanteil Natural, Artificial and Cognitive Information Processing (NACIP)***

##### **A.2.2.4.1    *Das Programm im Überblick***

##### ***Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich***

Dieses Forschungsprogramm befasst sich mit der Erforschung grundlegender Prinzipien der natürlichen, künstlichen und kognitiven Informationsverarbeitung mit dem Ziel, diese bei der Entwicklung neuer Technologien für die Informationstechnologie sowie neuer Methoden in Forschung und Biomedizin anzuwenden. Es werden neue Materialien und Bauelemente erforscht, die den extremen Anforderungen in Quantencomputern und beim neuromorphen Rechnen gerecht werden können. Außerdem werden biologische Systeme, insbesondere das Gehirn, als in der Natur vorkommende Informationsverarbeitungssysteme untersucht.

Um dies zu erreichen, ist ein hochgradig interdisziplinärer Ansatz entscheidend, der die Zusammenarbeit und Koordination zwischen Partnern aus sehr unterschiedlichen wissenschaftlichen Bereichen erfordert. Dies schafft Synergien an der jeweiligen Schnittstelle verschiedener wissenschaftlicher Bereiche und eröffnet die Möglichkeit neuer informationsverarbeitender Systeme und Ansätze. Quanteneffekte haben ihren Weg in die Entwicklung von Computern jenseits der von-Neumann-Architektur gefunden und helfen, die Kommunikation sicherer zu machen und effiziente Lösungen für Optimierungsprobleme zu finden. Dieser Ansatz trägt dazu bei, bestehende Grenzen der Halbleitertechnologien zu überwinden und die Entwicklung von CMOS und Green IT voranzutreiben. Im Laufe der Jahrmillionen der Evolution hat die Natur hoch entwickelte, energieeffiziente Informationssysteme hervorgebracht. Die Erfassung von Informationen, ihre Verarbeitung, Analyse und Speicherung ist für alle Lebensformen von zentraler Bedeutung, von Einzellern bis hin zu zellulären Netzwerken und Organen. Das Gehirn mit seinen zugrundeliegenden Mechanismen des Lernens, des Gedächtnisses und der Plastizität bietet uns nicht nur ein ehrgeiziges Forschungsziel, sondern auch Organisations-



prinzipien, die als Blaupause für neue biophysik-basierte Lösungen wie neuromorphes Computing dienen und die Entwicklung innovativer künstlicher, neuronaler Netze und maschineller Lernmethoden ermöglichen. Gleichzeitig ist ein umfassendes Verständnis der Funktionsweise des Gehirns eine Voraussetzung für die gezielte Entwicklung neuer Verfahren in den Bereichen Diagnostik, Therapie, Prävention und Rehabilitation.

## Programmstruktur

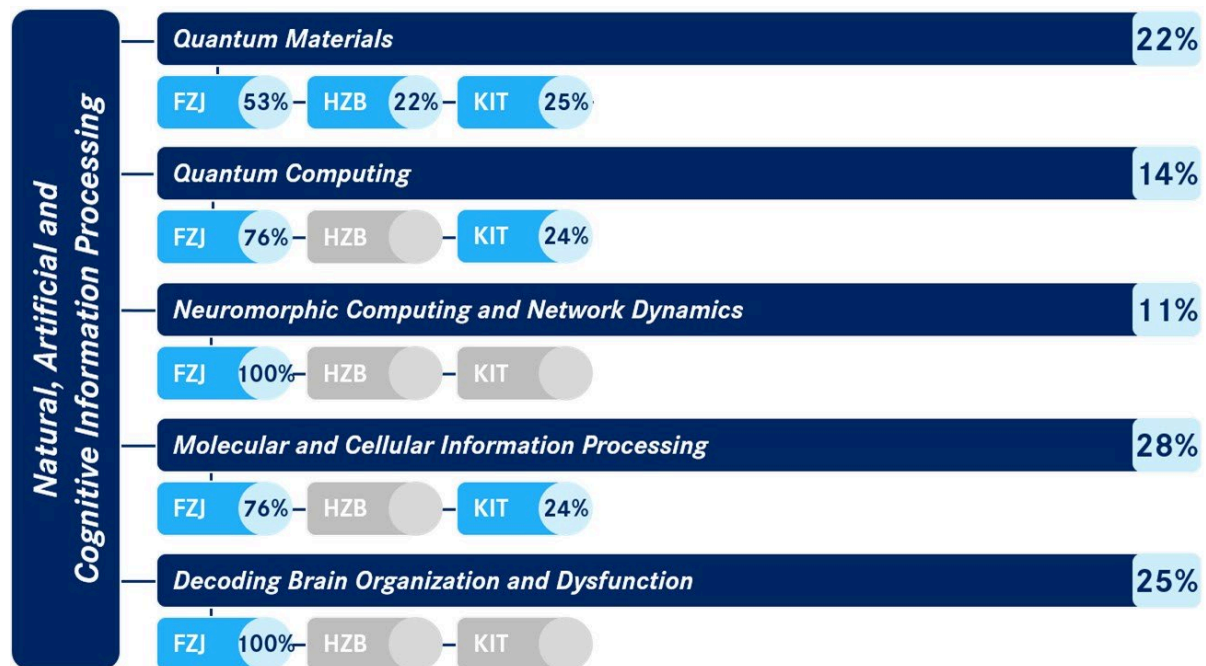


Abbildung 8: Struktur des Programmes Natural, Artificial and Cognitive Information Processing mit Beteiligung der folgenden Helmholtz-Zentren: Forschungszentrum Jülich (FZJ), Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) und Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Programm gliedert sich in

Topic 1: Quantum Materials

(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. Matthieu Le Tacon, KIT)

Herkömmliche Informationsverarbeitungstechnologien stoßen in Bezug auf Kapazität, Geschwindigkeit und Energieverbrauch an ihre Grenzen. Das Ziel dieses Topics ist die Erforschung neuer Paradigmen, die auf Spin, Topologie, Konfigurationen und Korrelationen als mögliche Alternativen für die Informationsverarbeitung basieren. Dies erfordert ein tiefes Verständnis von emergenten Quantenphänomenen in einem breiten Spektrum von Materialien und Molekülen, um neue Funktionalitäten zu erzeugen und Architekturen mit potenziell überlegener Leistungsfähigkeit zu entwickeln.

Topic 2: Quantum Computing

(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. David DiVincenzo, FZJ)

Die Quanteninformationsverarbeitung verspricht eine exponentielle Beschleunigung für eine Reihe von wichtigen Berechnungsaufgaben und für physikalisch gesicherte Kommunikationskanäle. In diesem Topic kombinieren Quantenwissenschaftler und -wissenschaftlerinnen und

Ingenieure und Ingenieurinnen ihr komplementäres Fachwissen, um den Stand der Technik bei Informationsverarbeitungsgeräten hochzuskalieren, fortschrittliche Qubit-Steuerlektronik zu entwickeln und neue physikalische Realisierungen von Qubits zu erforschen. Das übergreifende Ziel ist es, den Quantenvorteil in realitätsnahen Anwendungen zu demonstrieren.

Topic 3: Neuromorphic Computing and Network Dynamics  
(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. Markus Diesmann, FZJ)

Das Topic 3 untersucht das Gehirn auf der Ebene einzelner Nervenzellen und nutzt dieses Wissen für die Entwicklung neuromorpher Hardware. Die Gehirnaktivität wird mit elektro- und optophysiological Methoden beobachtet und mit Hilfe von zeitaufgelösten statistischen Methoden für hochparallele Daten, Netzwerkmodellierung, Simulationstechnik und analytischer Theorie interpretiert. Alle Ebenen des neuromorphen Rechnens werden berücksichtigt, von den Materialien über Schaltkreisdiseign und Systemintegration bis hin zum Aufbau einer Community.

Topic 4: Molecular and Cellular Information Processing  
(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. Andreas Offenhäusser, FZJ)

Biologische Moleküle und Zellen verkörpern bereits hochentwickelte Rechenmaschinen. Ziel dieses Topics ist die Entschlüsselung der Mechanismen des molekularen und zellulären Rechnens und der kooperativen Informationsverarbeitung in zellulären Netzwerken. Diese Arbeit wird die molekulare und zelluläre Grundlage liefern, um die bemerkenswerten Eigenschaften unter anderem des menschlichen Gehirns zu verstehen und zu nutzen. Außerdem wird sie zur Entwicklung neuer, von der Natur inspirierter Algorithmen und neuer Generationen von Rechnersystemen beitragen.

Topic 5: Decoding Brain Organization and Dysfunction  
(Sprecherin des Topic-Boards: Prof. Dr. Katrin Amunts, FZJ)

Dieses Topic beschäftigt sich mit der Funktion und Dysfunktion des Gehirns und der Rolle der Informationsaufnahme, -verarbeitung, -plastizität und -generierung von der molekularen bis zur systemischen Ebene mit dem Ziel, die Multiskalen-Organisation des Gehirns zu entschlüsseln. Dies erfordert die Entwicklung detaillierter anatomischer Modelle des Gehirns und multimodaler Hirnatlanten, um die verschiedenen Beschreibungsebenen zu integrieren und die interindividuelle Variabilität von Verhalten, Hirnfunktion und -struktur abzubilden, während innovative bildgebende Verfahren, experimentelle Ansätze mit neuen optischen Techniken und die Analyse großer Kohorten dazu beitragen, das kranke und das gesunde Gehirn zu erforschen. Simulationen helfen, physiologische und molekulare Prozesse mit großer Genauigkeit nachzubilden, besser zu verstehen sowie neue Eigenschaften vorherzusagen. Die Analyse großer und komplexer Datensätze mittels HPC-unterstützten Workflows und KI erfolgt in Kooperation mit EDF und im Joint Lab SMHB. Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung sind der Schlüssel zur Entwicklung neuer Diagnostik, modellbasierter therapeutischer Ansätze sowie neuer Methoden, z.B. im Bereich des maschinellen Lernens.

#### A.2.2.4.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms

##### Highlight Topic 1: Neue Materialien und Bauteile künftiger Informationstechnologie

Eine Anforderung an zukünftige Informationstechnologie ist ein massiv reduzierter Energieverbrauch pro Rechenoperation. Das Topic untersucht verschiedene Lösungsansätze mit bemerkenswerten Resultaten. Vertikale Nanodraht-Feldeffekttransistoren mit umlaufendem Gate, die auf einem auf Si gewachsenen GeSn-System aufgewachsen werden, zeigen hohe Leistungen, die Potenzial für Anwendungen jenseits Si-CMOS-Logik und Quantencomputing haben [1]. Magnetismus und besonders spintronische Anwendungen bieten weiter spannende Möglichkeiten. Hierzu gab es in den letzten Jahren neue Ansätze aus der inhärent großen Spin-Bahn-Kopplung der 5d-Übergangsmetalle für die elektrische Feldsteuerung des Magnetismus. Forschende des Topics zeigten nichtflüchtiges elektrisches Steuern des durch Nähe induzierten Magnetismus in SrIrO<sub>3</sub>-basierten Back-Gate-Heterostrukturen. Die Einstellbarkeit dieses Systems eröffnet neue Wege für eine effiziente Manipulation des Magnetismus durch elektrische Felder [2]. Eine weitere Klasse vielversprechender Kandidaten für spintronische Anwendungen sind magnetische Skyrmionen und Hopfionen, topologische Solitonen, die wegen ihrer einzigartigen teilchenähnlichen Eigenschaften für Aufsehen sorgen. Hopfionen sind jedoch experimentell schwer erfassbar. Zusammen mit dem Programm MSE haben Forschende ein Verfahren entwickelt, in dem Keime von Hopfionringen gekoppelte Zustände mit Skyrmionsträngen in B20-FeGe-Platten bilden, und diese auch direkt mittels TEM beobachtet [3].

- [1] Liu, M., Junk, Y., Han, Y., Yang, D., Bae, J. H., Frauenrath, M., Hartmann, J.-M., Ikonik, Z., Bärwolf, F., Mai, A., Grützmacher, D., Knoch, J., Buca, D., Zhao, Q.-T. (2023). Vertical GeSn nanowire MOSFETs for CMOS beyond silicon. *Communications Engineering* 2, 7
- [2] Jaiswal, A. K., Eder, R., Wang, D., Wollersen, V., Tacon, M. L., Fuchs, D. (2023) Giant Nonvolatile Electric Field Control of Proximity-Induced Magnetism in the Spin–Orbit Semimetal SrIrO<sub>3</sub>. *Advanced Functional Materials* 2308346
- [3] Zheng, F., Kiselev, N. S., Rybakov, F. N., Yang, L., Shi, W., Blügel, S., Dunin-Borkowski, R. E. (2023). Hopfion rings in a cubic chiral magnet. *Nature* 623, 718

##### Highlight Topic 2: Hochleistungsfähiges supraleitendes Qubit

Mesoskopische Josephson-Kontakte aus überlappenden supraleitenden Elektroden, die durch eine nanometerdünne Oxidschicht getrennt sind, stellen eine wertvolle Quelle der Nichtlinearität für supra-leitende Quantenschaltkreise dar. Diese Arbeit zeigt, dass in einem Fluxonium-Qubit die Rolle des Josephson-Kontakts auch von einem lithographisch definierten, selbst-strukturierten körnigen Aluminium-Nanoübergang gespielt werden kann: einem Supraleiter-Isolator-Supraleiter-Josephson-Übergang, erzeugt durch eine einschichtige Nullwinkelverdampfung. Das gemessene Spektrum des resultierenden Qubits, Spitzname Gralmonium, ist nicht von dem eines Standard-Fluxoniums zu unterscheiden. Bemerkenswerterweise führt das Fehlen eines mesoskopischen Parallelplatten-Kondensators zu einer großen intrinsischen Aluminium-Nanoübergangs-Ladeenergie im Bereich von mehreren zehn Gigahertz, vergleichbar mit seiner Josephson-Energie. Kohärenzzeiten werden im Mikrosekundenbereich gemessen, wobei spontane Sprünge des Werts der Josephson-Energie auf Zeitskalen von Millisekunden bis Tagen beobachtet werden, was ein leistungsstarkes Diagnosewerkzeug für mikroskopische Defekte in supraleitenden Materialien bietet.

- Rieger, D., Günzler, S., Spiecker, M., Paluch, P., Winkel, P., Hahn, L., Hohmann, J. K., Bacher, A., **Wernsdorfer, W., Pop, I. M.** (2023) Granular aluminium nanojunction fluxonium qubit. *Nat. Mater.* 22, 194

#### **Highlight Topic 4: Einblick in die Interaktion von Biomembranen mit Nanomaterialien**

Für häufig vorkommende Siliziumdioxid-Nanomaterialien (Si-NM) werden schädliche Auswirkungen auf Proteine und Phospholipide als kritische molekulare auslösende Ereignisse postuliert, die Wasserstoffbrückenbindungen sowie hydrophobe und/oder hydrophile Wechselwirkungen beinhalten. Große unilamellare Vesikel (GUV) mit genau definierten Phospholipidkompositionen wurden als biomimetische Modelle zur Rekapitulation der Membranolyse verwendet, wie sie durch Si-NM in humanen Zellen induziert wird. Eine Analyse der dominanten Phospholipide, die in Membranen alveolärer Lungenepithelzellen bestimmt wurden, zeigt, dass das quarternäre Ammonium der Kopfgruppen von Phosphatidylcholin und Sphingomyelin eine entscheidende, dosisabhängige Rolle bei der Vesikelbindung und -ruptur durch amorphe kolloidale Si-NM spielt. Eine Oberflächenmodifikation der Si-NM durch Proteinadsorption oder kovalente Kopplung von Carboxylgruppen unterdrückt den Zerfall der Lipidvesikel sowie die Membranolyse in humanen A549-Lungenepithelzellen. Molekulare Modellierungen deuten auf eine bevorzugte Affinität von Silanolgruppen zu Cholin-Kopfgruppen hin, die durch den pH-Wert moduliert wird. Biomimetische Lipidvesikel können dazu dienen, spezifische Phospholipid-Nanopartikel-Wechselwirkungen auf molekularer Ebene zu verstehen und das rationale Design sicherer Materialien zu unterstützen.

*R. Leibe, S. Fritsch-Decker, F. Gussmann, A.M. Wagbo, P. Wadhvani, S. Diabaté, W. Wenzel, A.S. Ulrich, C. Weiss (2023) Key Role of Choline Head Groups in Large Unilamellar Phospholipid Vesicles for the Interaction with and Rupture by Silica Nanoparticles. Small 19, 2207593.*

#### **A.2.2.4.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen**

Die statistische Physik lässt sich aus Shannons Definition von Information ableiten. Dieser grundlegende theoretische Rahmen hat sich als erfolgreich erwiesen, unser Verständnis der unbelebten und belebten Natur, einschließlich des Gehirns, voranzubringen. Während in den letzten Jahrzehnten mächtige, in den traditionellen Bereichen der Physik entwickelte Werkzeuge in die Lebenswissenschaften importiert wurden, zeichnet sich nun auch ein Wissensfluss in die entgegengesetzte Richtung ab. Die heterogene Natur lebender Systeme, die weit entfernt vom thermodynamischen Gleichgewicht arbeiten, inspiriert zu Verallgemeinerungen und Erweiterungen des theoretischen Rahmens und legt die zugrunde liegenden mathematischen Strukturen offen. Mit diesen Entwicklungen überwinden wir die Grenzen zwischen den traditionellen Wissenschaftsbereichen. In Zukunft werden wir die Verknüpfung zwischen Materialwissenschaften, Physik und Informatik auf der einen Seite und den Biowissenschaften auf der anderen Seite verdeutlichen und dies mit beispielhaften Verbindungen veranschaulichen. Eine umfassende Stellungnahme zu dieser Senatsempfehlung wurde vom Programm erarbeitet und ist diesem Bericht als Anlage beigefügt.

Der Erfolg des Forschungsprogramms wird weiterhin in erster Linie anhand der Leistungsindikatoren der Helmholtz-Gemeinschaft gemessen und bewertet. Angestoßen durch die Empfehlung des Senats wurde auch innerhalb des Programms die Möglichkeit der Erfassung ergänzender Leistungsindikatoren diskutiert. Entsprechende Überlegungen wurden parallel zur regulären Diskussion von Leistungsindikatoren in der Helmholtz-Gemeinschaft angestellt, und die Ergebnisse beider Prozesse sind in hohem Maße anwendbar. Die Helmholtz-Gemeinschaft hat mehrere neue Leistungsindikatoren eingeführt, die sich besonders gut für die Er-

folgsmessung der Aktivitäten des Programms eignen. Besonders hervorzuheben sind die Indikatoren der zitierfähigen Forschungsdaten und Forschungssoftware-Publikationen sowie der Wissenstransferaktivitäten. Beide Bereiche, insbesondere die nachhaltige Entwicklung von wissenschaftlicher Software, sind für den Erfolg des Programms von großer Bedeutung, wurden aber bisher nur im Programmfortschrittsbericht erwähnt. Künftig werden die Aktivitäten in diesen Bereichen auch quantitativ anhand der Leistungsindikatoren messbar sein. Darüber hinaus ist das Programm durch seine federführende Rolle im Innovationspool-Projekt HiRSE\_PS auch aktiv an der Weiterentwicklung und Implementierung von softwarerelevanten Indikatoren in Zusammenarbeit mit HIFIS beteiligt.

Ziel von Topic 4 ist es, die biologische Informationsverarbeitung auf molekularer, zellulärer und multizellulärer Ebene zu untersuchen und Mechanismen und Prinzipien zu identifizieren, die sich möglicherweise in Zukunft auf die Informationstechnologie übertragen lassen. Ursprünglich war geplant, zunächst ein breites Spektrum unterschiedlicher biologischer Systeme zu analysieren, um zu erforschen, welche Mechanismen und Prinzipien sich besonders gut für zukünftige Anwendungen eignen, und uns dann auf die relevantesten Kandidaten und Kandidatinnen zu konzentrieren.

Die Gutachtenden empfahlen, den Fokus von Anfang an auf die biologische Informationsverarbeitung in einem festgelegten biologischen System zu setzen. Um dieser Empfehlung zu folgen, werden in Jülich molekulare und zelluläre Mechanismen der Informationsverarbeitung im Säugetiergehirn untersucht, während in Karlsruhe verstärkt die molekulargenetischen Mechanismen, die die Funktion des Nervensystems prägen, untersucht werden, wobei insbesondere die hervorragenden Möglichkeiten der Zebrafischgenetik in Kombination mit anderen zellulären und molekularen Modellsystemen genutzt werden. In beiden Zentren wird eine Multiskalenanalyse und der anschließende Einsatz von Modellierungs- und Simulationsansätzen zur Identifizierung grundlegender Prinzipien der biologischen Informationsverarbeitung angewandt. Um die Kommunikation zwischen den beiden Zentren zur Koordination dieser Neuausrichtung zu stärken, wurde die Reihe der Workshops zu bestimmten Forschungsfragen und Themen, die für unser Programm von unmittelbarer Bedeutung sind, fortgesetzt.

Des Weiteren haben Topic 4-Forschende in Jülich eine neue Institutsstrategie erarbeitet. Diese Strategie konzentriert sich auf die Untersuchung von Prinzipien der Informationsverarbeitung in lebenden Zellen, mit einem besonderen Fokus auf das Nervensystem von Säugetieren auf allen Skalen, vom Molekül bis zum Organ. Diese Strategie wurde bereits dem wissenschaftlichen Beirat des Forschungszentrums Jülich vorgestellt, der eine beeindruckende Vision bestätigte. Nun wird diese Strategie zusammen mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern von Topic 3 und Topic 5 weiterentwickelt.

Aufgrund der sehr unterschiedlichen Aspekte und der Relevanz der Forschung für die Industrie im Programm NACIP scheint eine übergreifende Strategie, die für alle Topics gilt, ungeeignet zu sein. Daher werden die Topics 2 und 3 des Programms adressiert. Für das Quantencomputing haben die Topic-Mitglieder in den letzten Jahren den Kontakt zur Industrie stark ausgebaut. Dies umfasst eine Vielzahl von Maßnahmen, die eng miteinander verknüpft und in einen nationalen Ansatz integriert sind. Die Pls des Topics waren aktiv an der Gestaltung und Formulierung der nationalen und europäischen Agenda und Strategie für Quantentechnologien und Quantencomputing beteiligt. Intern wurde „Helmholtz-Quantum“ als Austauschplattform mit Vertretern und Vertreterinnen aus allen relevanten Zentren, Forschungsbereichen und Programmen initiiert. In diesem Zusammenhang wurde auch das Helmholtz-Strategiepapier Quantum Technology entwickelt und veröffentlicht. Gleichzeitig haben wir die Gründung von QUIC, dem European Quantum Industry Consortium, koordiniert, um eine Schnittstelle zwischen Forschung und Industrie und ein gemeinsames Verständnis des Technologiebedarfs in

Europa zu schaffen. Diese Bemühungen ergänzen sich hervorragend mit dem Technologieentwicklungsschub durch die Bundesministerien und den Förderprogrammen für große Demonstrationsprojekte und resultierten in mehreren Forschungsprojekten mit Industriepartnern. Dies führt auch zu einer steigenden Zahl von Doktorandinnen und Doktoranden aus der Industrie. Diese Synergien waren nur möglich dank einer gut vernetzten und organisierten nationalen und europäischen Forschungsgemeinschaft, die alle Aspekte von den Grundlagen bis zu den Anwendungen einbezieht. Derzeit wird versucht, die großen nationalen Forschungseinrichtungen und die akademische Welt in der Forschung zu koordinieren, um dem Bedarf an qualifizierten Arbeitskräften gerecht zu werden sowie eine langfristige Perspektive und eine klare Schnittstelle zur Industrie zu bieten. Eines der Projekte, das auch von der Helmholtz-Gemeinschaft vorangetrieben wird, ist das nordrhein-westfälische Strukturwandelprojekt CQSE, das gemeinsam mit der Fraunhofer-Gesellschaft ein Innovationszentrum für Quantentechnologien aufbauen wird.

Neben dem Ausbau der Kompetenzen im Bereich des Quantencomputings im Allgemeinen wurde im letzten Jahr auch dem Thema Fehlerkorrektur im QC besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Dies spiegelt sich auch in verschiedenen Projekten wider, die sich auf die Entwicklung von Hardware konzentrieren. Gleichzeitig haben wir auf diese Senatsempfehlung mit einem umfassenden Programm zur Stärkung unserer Quanten-Fehlerkorrekturforschung reagiert. Diese Maßnahmen waren bereits im Jahr 2021 abgeschlossen und wurden im Bericht 2022 bereits dargestellt.

#### **A.2.2.4.4 Strategische Themen**

##### ***Talentmanagement***

Das Programm setzt sich für die Förderung und Rekrutierung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern auf ihrem gesamten Karriereweg ein – unabhängig von Geschlecht, Weltanschauung oder Aussehen. Einige der Maßnahmen aus dem Berichtsjahr sind im Folgenden aufgeführt.

##### Rekrutierung & Berufungen

Dr. Ioan Pop wurde auf eine gemeinsame Professur von Stuttgart und Karlsruhe berufen; am KIT ist er auch Direktor der Abteilung „Quantencomputing“.

##### Qualifizierung

Die forschungsbereichs-, zentren- und programmübergreifende Graduiertenschule FINEST wurde als Teil des Core-Project FINEST der Helmholtz Sustainability Challenge gestartet. Promovierende des KIT nehmen an dem Curriculum teil, das vom Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf und der TU Bergakademie Freiberg koordiniert wird.

Die Graduiertenschulen IHRS Biosoft (FZJ), BIF-IGS (KIT) und HIDSS4Health (KIT/DKFZ/U Heidelberg) haben ihre erfolgreiche Zusammenarbeit im Bereich der Kursangebote ausgebaut. Neben einer Ringvorlesung zum Thema „Nuclear Magnetic Resonance“, einem Blockkurs „Python from Zero to Data Science“ (in Zusammenarbeit mit HIFIS) und einem Kurs zur „Effective Visual Communication of Science“ wurde in Zusammenarbeit mit Helmholtz Imaging eine umfangreiche Ringvorlesung „Six Main Tasks in Image Processing“ durchgeführt.

Einen außergewöhnlichen Karriereweg beschritt der Gruppenleiter Dr. Daniel Gauder vom wbk Institut für Produktionstechnik: Er begann 2005 als Industriemechaniker in der Werkstatt,

wurde gefördert in seiner Weiterbildung zum Technischen Fachwirt und Betriebswirt, dem berufsbegleitenden Bachelor-Studium zum Wirtschaftsingenieur, einem MBA Studium Production Management bis zur Promotion in Maschinenbau im Jahr 2023.

Dr. Ilija Stoev erhielt eine YIG-Prep-Pro-Förderung für zwei Jahre, um einen Antrag für eine drittmittelgeförderte Nachwuchsgruppe vorzubereiten, die sich mit der mechanischen Charakterisierung intelligenter, schaltbarer und biokompatibler Hydrogele beschäftigt. Dr. Hector Sanchez-Iranzo (YIG Prep Pro Förderung 2020-2022) hat erfolgreich eine Emmy Noether-Nachwuchsgruppe für sein Projekt „Mechano-chemisches Feedback während der Entwicklung des Notochords“ eingeworben.

#### Auszeichnungen

Dr. Richard Gebauer gewinnt den Helmholtz Promotionspreis in Helmholtz Information für seine Arbeit „A Flexible FPGA-based Control Platform for Superconducting Multi-Qubit Experiments“.

Eine Kopublikation eines Gastdoktoranden Miguel Molina-Moreno von der University Carlos III of Madrid mit Forschern des KIT (Marcel Schilling, Ralf Mikut, Markus Reischl) wurde auf der international führenden Konferenz IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI) 2023 mit dem Best Paper Award ausgezeichnet.

## ***Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft***

### *Technologietransfer*

Forschende des KIT haben in Zusammenarbeit mit dem Zeiss Innovation Hub am KIT Beratungsleistungen zu verschiedenen Forschungsprojekten im Themenspektrum der prä- und intraoperativen Bilddatenauswertung für die Operationsplanung und Unterstützung der Carl Zeiss AG Oberkochen erbracht.

Das Python-Softwarepaket qiclib zur Konfiguration und Ausführung von Experimenten mit supraleitenden Qubits wurde als Open-Source Code unter <https://github.com/quantuminterface/qiclib> zur Verfügung gestellt. Die Software realisiert eine einfache Schnittstelle für die am KIT entwickelte Elektronik QiController, die durch Frequenzmultiplex einen skalierbaren Aufbau von supraleitenden Qubits im Kryostaten ermöglicht.

### *Wissen für Entscheidende*

Resultate des BMBF-geförderten Projekts „CFC-Carbon Fibre“ und daraus abgeleitete Schlussfolgerungen zum Verhalten von Carbonfasern (CF) und carbonfaserverstärkten Kunststoffen (CFK) in ihrem Lebenszyklus wurden im Januar 2023 im Rahmen eines Workshops mit Vertreterinnen und Vertretern aus Industrie und Politik diskutiert und finden Eingang in Handlungsempfehlungen.

### *Roadshow*

Die Quantenaktivitäten des Programms wurden auf dem Tag der offenen Tür im Juni zusammen mit Animationen zum Thema Tieftemperaturphysik einer großen Zahl von Besuchern nähergebracht.

### ***Drittmittelinwerbung***

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Topics 4 (Helmholtz Information) kooperieren mit Forschenden des HZI (Helmholtz Health) und des UFZ (Forschungsbereich Erde und Umwelt) in dem Helmholtz Metadata Collaboration-geförderten Verbundprojekt „MeSyTo: Metadata frameworks for facilitating interoperability in systems toxicology and pharmacology“. Dieses zielt auf die Erstellung eines integrativen Metadaten-Rahmens für die Annotation pharmakologischer und toxikologischer Daten und Arbeitsabläufe vom experimentellen Design bis zur Datenspeicherung, der Kompatibilität mit anderen Disziplinen einschließt.

Das Europäische Quanten-Flaggschiff führt das Teilvorhaben OpenSuperQ im erweiterten Projekt OpenSuperQPlus für sieben Jahre mit einer Fördersumme von 20 Mio. Euro fort. Es vereint unter der Koordination des FZJ 28 europäische Forschungs- und Industriepartner aus zehn Ländern mit dem Ziel, einen 1000-Qubit-Quantencomputer zu entwickeln.

#### **A.2.2.4.5    *Senatsempfehlungen***

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts im Jahr 2023 zu eigen und beschließt ihn als seine Bewertung zum Programmfortschritt 2023. Er bestätigte damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für das Jahr 2023.

#### **A.2.2.5    *Programmanteil Materials System Engineering (MSE)***

In der Strategischen Bewertung des Programms wurde bestätigt, dass die Programmplanung optimal ausgelegt ist, um die Forschungspolitischen Ziele – ggf. unter Berücksichtigung entsprechender Senatsempfehlung – zu erreichen.

##### **A.2.2.5.1    *Das Programm im Überblick***

#### ***Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich***

Langfristiges Ziel des Programms MSE ist die Entwicklung und Integration informationsgestützter Techniken im Materialdesign, in der Materialentwicklung und -verarbeitung. Die zunehmenden Anforderungen an neu designte, effizientere, intelligentere und billigere Werkstoffe sind Herausforderungen an neue Materialien und Materialkonzepte, denen in MSE mittels Funktionalität durch computergestütztes Design, informationsgetriebenes Materialgrenzflächen- und Prozessdesign, Kombination von biologischen und künstlichen Werkstoffen sowie eine skalenübergreifende Fertigung unter Berücksichtigung von Lebenszyklusaspekten begegnet wird. MSE stellt mit seiner soliden materialwissenschaftlichen Grundlage die Voraussetzung für den Entwurf und die Herstellung realer Materialien sowie deren digitaler Zwillinge und ihren Anwendungen, z.B. in den Bereichen IT, Energie, Trenntechniken und (Daten-)Speicherung, Gesundheitswesen, Robotik und Verkehr. Hierbei stellt das computergestützte Design die entscheidende Basis für die Schaffung und Integration von (Mehrfach-)Funktionen



in komplexen Multimaterialsystemen dar. Das große Potenzial für künftige technologische Anwendungen wird durch das gezielte Tuning von Materialeigenschaften über das Design von Mikrostrukturen, durch die Funktionalisierung von Oberflächen und die Kontrolle von Grenzflächen erschlossen. Vollautomatische Strukturanalyse, datengesteuertes Materialdesign sowie Modellierung und Simulation (*ab initio*, Molekulardynamik, Multiskalensimulation) sind integrale Bestandteile der Materialforschung in MSE und Schlüsselemente für die Dekodierung komplexer Grenzflächen-Struktur-Eigenschafts-Beziehungen.

Als integraler Bestandteil der Helmholtz-Materialforschungsstrategie positioniert sich MSE im Zentrum der Materialforschung der Helmholtz-Gemeinschaft, betreibt Forschungsinfrastrukturen wie die Karlsruhe Nano Micro Facility *for Information-driven Material Structuring and Characterization* (KNMFi) sowie das Ernst Ruska-Centrum (ER-C) am Forschungszentrum Jülich (FZJ) und ist insbesondere eng vernetzt mit den Partner-Programmen im Forschungsbereich Information, z.B. im Rahmen der Erarbeitung von Konzepten zu effizienter Datenerfassung, -speicherung, -abfrage und -verarbeitung mit dem Programm EDF (Engineering Digital Futures) oder zu Materialforschungen im Bereich Datenspeicherung und -übertragung mit dem Programm NACIP (Natural, Artificial and Cognitive Information Processes). Die Joint Labs Virtual Materials Design (VMD) und Integrated Model and Data Driven Material Characterization (MDMC) stellen dabei wichtige Plattformen der Zusammenarbeit dar. Das Management von Forschungsdaten wird in MSE themenübergreifend aufgegriffen, durch die Entwicklung von Elektronischen Laborbüchern (ELN) zukunftsweisend geprägt und findet durch vielfältige und führende Aktivitäten z.B. in den NFDI-Konsortien weitreichende nationale wie auch internationale Vernetzung.

## Programmstruktur

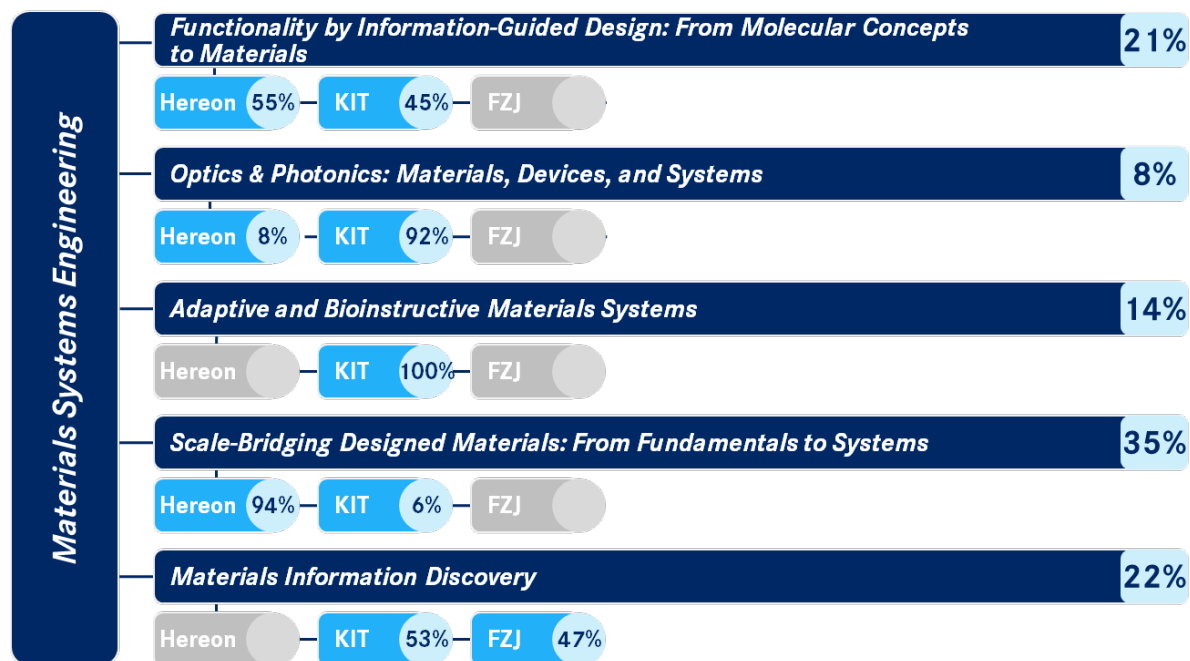


Abbildung 9: Programmstruktur MSE

Das Programm gliedert sich in

Topic 1: Functionality by Information-Guided Design:

From Molecular Concepts to Materials

(Sprecher und Sprecherin des Topic-Boards: Prof. Dr. Jasmin Aghassi-Hagmann, KIT; Dr. Manfred Gossen, Hereon)

Der Forschungsansatz in Topic 1 beruht auf dem Grundprinzip des daten- und informationsbasierten Designs von Materialfunktionen, um anschließend die Translation in innovative Applikationen zu ermöglichen. Hierzu werden im Zusammenspiel von Theorie, Modellierung, Simulation und Experimenten digitale Design-, Herstellungs- und Charakterisierungsmethoden zur Generierung und Integration von Materialfunktionen verfolgt. Die dafür notwendigen intelligenten Bausteine (Devices) sowie die Anwendung der damit realisierbaren Technologien werden in ihrer relevanten Systemumgebung erforscht, wie beispielsweise in der klinischen Verwendung von 3D-gedruckten Medizinprodukten und im Einsatz von elektronischen Sensor- und Sicherheitssystemen.

Topic 2: Optics & Photonics: Materials, Devices, and Systems

(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. Martin Wegener, KIT)

In Topic 2 ist die Verbindung zwischen Informationen und Materialien bidirektional. Zum einen wird das informationsbasierte Design neuartiger optischer Materialien, Komponenten und Systeme sowie deren Herstellung auf Grundlage von rationalem sowie inversem Design sowie DL verfolgt. Zum anderen werden neue leistungsstarke optische Sender-Empfänger-Systeme entwickelt, die für den künftigen Fortschritt entscheidend sind, z.B. für die ubiquitäre Konnektivität, das Internet der Dinge und die Digitalisierung von industriellen Prozessen.

Topic 3: Adaptive and Bioinstructive Materials Systems

(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. Christof Wöll, KIT)

Der Schwerpunkt in Topic 3 ist die informationsbasierte Entwicklung neuartiger chemischer Verfahren, anpassungsfähiger, multifunktionaler und biohybrider Werkstoffsysteme sowie ihre Integration, z.B. für Anwendungen in den Biowissenschaften hauptsächlich in den Bereichen der weißen und roten Biotechnologie. Das gesamte Spektrum der erforderlichen Herstellungs- und Charakterisierungsverfahren wird abgedeckt, einschließlich chemischer Synthese, additiver Fertigung und biologischer Tests.

Topic 4: Scale-Bridging Designed Materials: From Fundamentals to Systems

(Sprecherin des Topic-Boards: Prof. Dr. Regine Willumeit-Römer, Hereon)

Topic 4 verbindet experimentelles und virtuelles Material- und Prozessdesign vom Atom bis zum Materialsystem für ein breites Spektrum von Anwendungen wie z.B. Struktur- und Funktionselemente für Medizin-, Automobil- und Flugzeugtechnik, Module für die Gastrennung und Wasseraufbereitung oder stationäre und mobile Wasserstofftanksysteme. Es entstehen dynamische digitale Zwillinge, die den realen Lebenszyklus eines Materialsystems durch Einbeziehung der Materialherstellung und -verarbeitung sowie der Betriebsphase oder biologischer Prinzipien widerspiegeln. So können zuverlässige Lebensdauervorhersagen und neue Funktionalitäten implementiert werden wie z.B. patientenspezifische Degradation eines Implantats oder die Entwicklung von Selbstheilungsfunktionen.

Topic 5: Materials Information Discovery  
(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. Jan Korvink, KIT; Prof. Dr. Joachim Mayer, FZJ)

Die Arbeiten in Topic 5 zielen darauf ab, integrierte und korrelative Kombinationen verschiedener Charakterisierungsmethoden zu entwickeln, zu validieren und anzuwenden, um umfassende Informationen zu Materialien zu gewinnen. Ziel ist eine umfassende Datenbank für Materialien, die die Grundlage für die Vorhersage von Materialeigenschaften und die digitale Entdeckung von Synthesewegen bildet. Die Entwicklung neuer und die Optimierung bestehender *operando* und *in situ* Methoden in Kombinationen ist ein entscheidendes Element der Strategie.

### **A.2.2.5.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms**

#### **Highlights Topic 1**

Feststoff-Elektrolyt-Grenzphasen (SEI) sind von größter Bedeutung für die Leistung und Sicherheit von Batterien. Der SEI-Bildungsprozess stellt ein hochgradig komplexes, nichtlineares Multiphysik-Problem über verschiedene Längen- und Zeitskalen dar. Dies lässt sich mit herkömmlichen physikalischen Ansätzen nicht modellieren. Um das Verständnis der SEI-Bildung zu verbessern, wird eine datengesteuerte Strategie für ein virtuelles Materialdesign vorgeschlagen, die lernt, die SEI-Bildung mit physikalischen und datengesteuerten Eigenschaften aus kinetischen Monte-Carlo-Simulationen darzustellen und zu charakterisieren. Zu diesem Zweck wurde ein Variational AutoEncoder mit einem Eigenschaftsregressor trainiert, um datengesteuerte Eigenschaften zu erlernen, die SEI-Konfigurationen darzustellen und sie mit physikalischen Zieleigenschaften korrelieren. Dieses neue neuronale Netzdesign kodiert die hochdimensionalen Struktur- und Reaktionsräume in einen niedrigdimensionalen latenten Raum, während der Eigenschaftsregressor den latenten Raum nach physikalischen Zieleigenschaften ordnet. Das Modell erzielt hohe Korrelationswerte zwischen den Zieleigenschaften und den vorhergesagten Eigenschaften der latenten Repräsentationen. Dies ist ein vielversprechender Ansatz für die akkurate Vorhersage realer physikalischer Eigenschaften mit Hilfe von Variational AutoEncoders.

**D. Rajagopal, A. Koeppe, M. Esmaeilpour, M. Selzer, W. Wenzel, H. Stein, B. Nestler, Adv. Energy Mater. 13 (40), 2301985 (2023)**

#### **Highlights Topic 2**

Traditionelle Techniken zur Herstellung von Nanostrukturen aus Quarzglas sind aufgrund des erforderlichen Sinterprozesses der Siliziumdioxid-Nanopartikel zu heiß für das direkte Abscheiden auf Halbleiterchips. Es ist nun gelungen ein Verfahren zu entwickeln, mit dem sich nanometerfeine Strukturen aus Quarzglas direkt auf Halbleiterchips bei niedrigerer Temperatur drucken lassen. Dabei dient ein hybrides organisch-anorganisches Polymerharz als Ausgangsmaterial für den 3D-Druck, das aus polyedrischen oligomeren Silsesquioxan-Molekülen (POSS) besteht. Sobald die vollständig in 3D gedruckte und vernetzte Nanostruktur geformt ist, wird sie an der Luft auf 650 °C erhitzt, wodurch die organischen Komponenten angetrieben werden und sich gleichzeitig die anorganischen POSS-Käfige zu einer durchgehenden Mikro- oder Nanostruktur aus Quarzglas verbinden. Auf diese Weise können robuste, transparente und frei geformte optische Glasstrukturen direkt auf Halbleiterchips gedruckt werden

mit einer Auflösung, die für Nanophotonik mit sichtbarem Licht erforderlich ist. Diese Drucktechnik eröffnet somit neue Möglichkeiten für viele Anwendungen in Optik, Photonik und Halbleitertechnik.

**J. Bauer, C. Crook, T. Baldacchini, *Science* 380, 960 (2023).**

### Highlight Topic 3

Die Entwicklung photoabbaubarer weicher Hydrogelmateriale stellt aufgrund der enormen Vielfalt, die die Welt der Moleküle bietet, einerseits eine große Herausforderung dar, bietet aber auch eine breite Palette an Möglichkeiten hinsichtlich des Spektrums möglicher Materialeigenschaften und Anwendungen. In einer Studie wurde ein Arbeitsablauf für das miniaturisierte Hochdurchsatz-Synthese-Screening von Hydrogel-Bibliotheken unter Verwendung von Arrays aus Nanoliter-Tröpfchen eingeführt. Über 900 Hydrogel-Pads wurden synthetisiert, ihre Photoabbaubarkeit analysiert und anhand der Daten ein maschinelles Lernmodell trainiert. Die iterative Optimierung mit Bayes-Methoden verbesserte die Antworteigenschaften erheblich und verdeutlicht das Potenzial für eine effiziente und kostengünstige Optimierung der Materialeigenschaften.

**M. Seifermann, P. Reiser, P. Friederich, P.A. Levkin, *Small Methods* 7 (9), 2300553 (2023).**

### Highlights Topic 4

Das additive Fertigungsverfahren Fused Filament Fabrication (FFF) wurde ursprünglich für den 3D-Druck reiner Thermoplaste entwickelt. Im Rahmen der Forschungsarbeiten am KIT wurde eine Prozesskette erarbeitet, welche die Realisierung gesinterter Ti6AlV4 Bauteile erlaubt. Es konnten verschiedene Leichtbauteile mit verschiedenen Größen und unterschiedlicher struktureller Komplexität mit Sinterdichten besser 96 % der Theorie realisiert werden. Die Bauteile erfüllen bereits teilweise die Anforderungen an medizinische Implantate gemäß ASTM F2885-17. Das FFF von Metallbauteilen kann aufgrund seines geringen Materialbedarfs als nachhaltige Fertigungsmethode betrachtet werden.

**R. Eickhoff, S. Antusch, D. Nötzel, T. Hanemann, *Materials* 16(8), 3162 (2023).**

**T. Hanemann, A. Klein, S. Baumgärtner, J. Jung, D. Wilhelm, S. Antusch, *Polymers* 15 (16), 3412 (2023).**

### Highlights Topic 5

Die Kombination von in situ TEM mit 4D-STEM-basierter kristallographischer und chemischer Analyse auf Nanoebene ermöglichte erstmals eine direkte Analyse des Natriumionentransports und der Filamentbildung in einem polykristallinen Festelektrolyten, die direkt mit Transportsimulationen unter Verwendung der experimentell ermittelten Mikrostruktur verglichen werden konnte. Dies deutet darauf hin, dass Textur- und Korngrenzen-Engineering die Stabilität und die Ionentransporteigenschaften des Festelektrolyten für den Einsatz in Natrium-Festkörperbatterien erheblich verbessern können.

**Z. Ding, Y. Tang, T. Ortmann, J.K. Eckhardt, Y. Dai, M. Rohnke, G. Melinte, C. Heiliger, J. Janek, C. Kübel, *Advanced Energy Materials*, 13 (48), 2302322 (2023).**

Das NMR/MRI + X-ray Imaging (XRI, Röntgenbildgebung) correlative characterization laboratory (CORREL Lab) wurde im Juli 2023 nach formeller Genehmigung durch die zuständigen Behörden des Landes Baden-Württemberg in Betrieb genommen. Vorläufige Experimente, in denen Charakterisierungsmethoden der Magnetresonanz- und Röntgenbildgebung kombiniert werden, haben zum ersten Mal die Möglichkeit bewiesen, komplementäre Informationen über

die chemische Zusammensetzung (mittels NMR) und die Struktur und Morphologie (mittels MRI und XRI) zu erhalten und damit eine höhere Qualität der Informationen aus einer einzigen Probe zu erzielen. Es wurden Versuchsplattformen präsentiert, die mit dem NMR + XRI-Korrelationsaufbau für Zellstudien und insbesondere für die Untersuchung der Phototaxis von Bakterien kompatibel sind. Weiterhin wurde ein neuartiger Breitband-NMR-Detektor auf der Grundlage einer streifenförmigen Lenz-Linsenstruktur vorgestellt, der ebenfalls mit dem CORREL-Labora Aufbau kompatibel ist.

**L.A.N. Julius, H. Scheidt, G. Krishnan, M. Becker, O. Nassar, S.M. Torres-Delgado, D. Mager, V. Badilita, J.G. Korvink**, *Biosensors and Bioelectronics X*, 14, 100333 (2023).

**L.A.N. Julius, L. Matter, N. Schuergers, J. Lützenkirchen, V. Trouillet, T. Gil-Díaz, E.R. Mamleyev, A. Wilde, V. Badilita, J.G. Korvink**, *Acta Biomaterialia*, 155, 386 (2023).

**J. Liang, H. Davoodi, S. Wadhwa, V. Badilita, J.G. Korvink**, *Scientific Reports*, 14, 1645 (2024).

### **A.2.2.5.3    Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen**

Senatsempfehlungen:

*Das Programm soll seine Verbindungen zu rechnergestützten Ansätzen stärken, indem es die Bemühungen um Methoden und KI intensiviert, insbesondere durch die Stärkung der Verbindungen und Zusammenarbeit mit anderen starken Gruppen.*

Am KIT werden Neuberufungen konsequent auf KI, RDM und Digitalisierung ausgerichtet (s.u., Ziel Topic 1; s. PFB 2022, u. a. Berufung von Prof. Dr. Pascal Friederich). Die intensive Zusammenarbeit über Topic-, Programm- und Zentren Grenzen hinweg innerhalb der Joint Labs (JL), in der experimentelle und rechnergestützte Forschungsansätze kooperieren, wurde bereits in den letzten Berichten betont. Beide JL VMD und MDMC erhalten Projektfinanzierung aus Innovationspoolmitteln des Forschungsbereichs.

Im Januar 2023 wurde eine zentrale Gruppe „Datengetriebene Modellierung und Künstliche Intelligenz“ unter Leitung von Dr. Michael Selzer am Institut für Nanotechnologie eingerichtet, die in Vorträgen, Workshops und Kooperationen ihr Know-How auch für andere Forschungsgruppen zu Verfügung stellt. Neben dem allgemeinen Know-How-Transfer sind auch erfolgreiche Projekte mit Gruppen aus Helmholtz Information und Energie zu benennen, insbesondere zur datengetriebenen Analyse von Festkörper-Elektrolyt-Interphasen (s. Highlight Topic 1) und zur ML-gestützten Versuchsplanung und -analyse (Zhao et al., *Acta Materialia*, 253, 118922 (2023)).

In der MSE-Materialforschung nimmt die Verknüpfung von maschinellem Lernen, der automatisierten Materialsynthese und -charakterisierung sowie Simulation eine stark wachsende Rolle ein. Aktuell wird am KIT in den Aufbau von selbstfahrenden Laboren (Self-Driving Labs) investiert, die eine automatisierte, zyklische und somit stark beschleunigte Entwicklung innovativer Materialklassen ermöglichen sollen, da es nicht ausreicht, Produktionsprozesse lediglich im Hochdurchsatz linear zu fahren, um nachhaltig, günstig und schnell benötigte funktionelle Materialien herzustellen. Eine derartige Materialbeschleunigungs-Plattform umfasst den Zyklus Synthese, Prozessierung, Charakterisierung und AI/Simulation. Für diese strategische KIT-Initiative „MAP Invest“ wurden 2,5 Mio. Euro für Hardware-Investitionen bereitgestellt. Sie fördert auch Forschungsgruppen aus Helmholtz Energie, insbesondere für Photovoltaik und

Katalyse, so dass die digitalen Errungenschaften von Helmholtz Information in andere Forschungsbereiche einfließen. Mit der Initiative „Auto.MAP“ wurden neun Promovierendenstellen in MSE geschaffen, die über verschiedene Institute hinweg vernetzt an Automatisierung und Robotik arbeiten.

Mit Hilfe von Modellen des maschinellen Lernens (ML) sollen chemische Synthesen und Materialeigenschaften mit hoher Genauigkeit vorhergesagt werden können. Zum Training und zur Validierung wird eine hohe Anzahl an Daten benötigt. Der effiziente Umgang mit solchen komplexen, vernetzten und hierarchischen Daten, wie sie bei funktionalen Werkstoffsystemen anfallen, erfordert den Einsatz fortschrittlicher Werkzeuge für das Forschungsdatenmanagement und elektronische Labornotizbücher (ELN), die die Implementierung von Feedback-Schleifen und die ergänzende Nutzung neuer experimenteller Daten erleichtern. In MSE wird deshalb konsequent auf den Einsatz von ELN gesetzt, und es werden auch eigene ELN entwickelt. Am KIT nutzen oder testen derzeit bereits rund 70 % der MSE-Forschenden den Einsatz von ELN. Obwohl die Kombination von automatischer Datenextraktion und ML noch in einem frühen Stadium ist, hat sie bereits vielversprechende Ergebnisse für die Vorhersage wichtiger Eigenschaften und Synthesebedingungen sowie für das computergestützte Screening mit hohem Durchsatz und das inverse Design funktionaler Materialsysteme erbracht. Die Entwicklung fortschrittlicher Werkzeuge wie LLMs ermöglicht es, automatisch Datensätze zu extrahieren, um ML-Modelle zu speisen. Dieser Arbeitsablauf verspricht, die Entwicklung neuer funktionaler Materialsysteme zu beschleunigen, die dringend benötigt werden, um globale Herausforderungen zu bewältigen (Kalhor et al., Adv. Func. Mat. doi.org/10.1002/adfm.202302630 (2023)). Weitere Beispiele für den Einsatz von KI bzw. ML in der MSE-Forschung zeigen die Highlights von Topic 1 und 3 (s.o.) und die Ausgründung Aixelo Inc. (s.u.).

Im Rahmen einer Industriekooperation wurde die Anwendbarkeit von unsupervised Clustering-Methoden zur Phasenidentifikation in angewandten Strukturmaterialien durch korrelative mikrostrukturelle und mikromechanische Charakterisierung bewertet. Anschließend wurden das Know-How und die Methodik einem führenden Industriepartner zu Verfügung gestellt (R. Jentner et al., Materialia 28, 101750 (2023)).

Das KIT vernetzt sich aktiv mit der weltweiten Szene für die Beschleunigung der Materialentwicklung durch die Kombination von Automatisierung und künstlicher Intelligenz (KI). PIs von MSE gestalten neuartige Konferenzen, die sich mit den Konzepten von Hochdurchsatz-Experimenten, KI, Datenwissenschaft und Multiskalenmodellierung für wissenschaftliche Durchbrüche befassen, die durch Materialbeschleunigungs-Plattformen und autonom arbeitende Labore ermöglicht werden, wie z. B. die deutsch-kanadische Sommerschule in Karlsruhe im September 2023 (<https://gcmac.de/event/summer-school-2023/>).

*Das Programm soll weiter auf dessen starke translationale Expertise aufbauen und die Zusammenarbeit mit klinischen Gruppen stärken sowie mit diesen bereits in der Entwurfsphase von Ansätzen zusammenarbeiten.*

Hereon und KIT beteiligen sich an der Bioengineering Initiative von Helmholtz Health. Derzeit wird ein White Paper mit dem Ziel erstellt, das Forschungsfeld „Bioengineering“ auch in der Helmholtz-Gemeinschaft zu etablieren.

Am KIT erfolgte im Jahr 2023 die Gründung des KIT Zentrums Health Technologies. Die Etablierung von synthetischer Genomik und Genome Editing für die Schaffung therapeutisch nutzbarer synthetischer Zellen und Mikroorganismen wird im neuen CZS Center „SynGen“ vom KIT zusammen mit der Universität Heidelberg und der Universität Mainz vorangetrieben werden. Das KIT bildet die Schnittstelle von Helmholtz Information mit Helmholtz Health, um innovative KI Technologien für Herausforderungen im Gesundheitswesen zu entwickeln.

*Die Aktivitäten auf dem Gebiet der Optik und Photonik sollen mit einer breiteren Gemeinschaft interagieren, stärker in den Mittelpunkt rücken und in die Programme des Forschungsbereichs integriert werden.*

Im Jahr 2023 wurden wiederum verschiedenste Themen erfolgreich bearbeitet, um die Aktivitäten auf dem Gebiet der Optik und Photonik mit der breiteren Gemeinschaft stärker wechselwirken zu lassen mit dem Ziel, das Thema Optik und Photonik aus MSE Topic 2 stärker in den Mittelpunkt zu rücken und in anderen Topics des Programms MSE und in anderen Programmen von Helmholtz Information nachhaltiger zu integrieren.

Gruppen aus den MSE Topics 1 und 2 publizierten ihre Ergebnisse zum Laserdrucken funktionaler Mikroelektronik (L. Yang et al., Nature Commun. 14, 1103 (2023)). Die zugrunde liegende Technologie wird weiterentwickelt.

Die Zusammenarbeit zwischen Topic 2 und 3 zu designten Metamaterialien für definiertes Zellwachstum führte zu einer ersten Publikation über das Potenzial von Bio-Metamaterialien zur mechanischen Regulierung des Zellverhaltens (N. Munding et al., Adv. Funct. Mater. 33, 2301133 (2023)). Auch hier sollen die weichen Polymeren, auf denen diese Technologie basiert, weiter optimiert werden.

In einer Kooperation mit dem Programm NACIP wurden Lichtsammelobjektive für Rastertunnelmikroskope mit Methoden der 3D Laserlithographie geschrieben. Diese Ergebnisse enthalten auch theoretische Analysen (V. Rai et al., Phys. Rev. Lett. 130, 036201 (2023)). Es wird erwartet, dass diese Technologie auch in Zukunft eine wichtige Rolle spielen wird.

Zusammen mit dem Programm EDF wurden erste Schritte unternommen, einen Datenstandard für die Nanophotonik zu erarbeiten, und skizziert, wie mit diesen Daten interessante Forschungsfragen adressiert werden können (publiziert in: J. Meyer et al., Data Competence for Photonic Nanotechnologies, in: E-Science-Tage 2023. Empower Your Research – Preserve Your Data. Eds.: Vincent Heuveline, Nina Bisheh und Philipp Kling). Zentraler Baustein dieses Datenstandards ist ein Datenformat zur Abspeicherung sogenannter T-Matrizen. Diese Matrizen beschreiben umfassend die linearen Streueigenschaften auch komplexer Streuer in der Nanophotonik. Dieses Datenformat wird aktuell abgestimmt mit verschiedenen Stakeholdern in der Community, um ihn als Standard zu etablieren. Hier ist das Zusammenspiel von Expertinnen und Experten auf dem Gebiet der Nanophotonik und Computerwissenschaften essenziell, dieses Datenformat umfassend und effizient zu implementieren.

*Das Programm betreibt hervorragende und weltweit führende Infrastrukturen. Die Wissenschaft soll auf dem Niveau der Einrichtungen gehalten werden.*

Das Programm MSE betreibt die weltweit relevante Forschungsinfrastruktur Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMFi) als frei zugängliche Technologieplattform zur Strukturierung und Charakterisierung von Funktionsmaterialien im Mikro- und Nanobereich. Im Jahr 2023 wurden ca. 150 Publikationen veröffentlicht, durchschnittlich ca. 5 pro KNMFi-Wissenschaftlerin bzw. -Wissenschaftler. KNMFi ist auch eine Schlüsselressource für über 30 Drittmittelprojekte.

KNMFi-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler haben wesentlich zu MSE-Forschungshöhepunkten beigetragen, z. B. durch den Einsatz modernster analytischer TEM-Ausrüstung, indem sie die atomare Struktur und chemische Zusammensetzung von hochentropischen Manganiten direkt abbildeten, einschließlich Verzerrungen in der atomaren Bindung und Defekten, was eine erste Grundlage für das Verständnis ihrer multiferroischen Eigenschaften darstellt (Sarkar et al., Adv. Mater. 35 (2), 2207436 (2023)). In einem anderen Beispiel lieferte

die APT-Charakterisierung die entscheidende Bestätigung für die Bildung von bimetallic Cu/Ni-Nanokompositen, die durch Ni-Cluster-Ionenstrahlabscheidung hergestellt wurden und interessante magnetische Eigenschaften aufweisen, die durch die Menge an magnetischen Ni-Clustern in der Cu-Matrix maßgeschneidert werden können (Ilankevich et al., Adv. Mater. 35 (9), (2023) 2208774).

ChemASAP befindet sich derzeit im Aufbau und wird eine automatische chemische Synthese- und Analyseplattform für die Materialwissenschaft bieten. Einzelne Module wurden bereits im Laufe des Jahres 2023 in Betrieb genommen, und die ersten Schritte zur vollständigen Automatisierung wurden unternommen.

KNMFi strebt ein umfassendes FAIR-Datenmanagement für die riesigen Datenmengen an, die durch die Nutzung der Anlagen entstehen. Dazu wurden die beiden ELN Chemotion und Kadi4Mat in der KNMFi verfügbar gemacht. Die Zusammenarbeit mit dem JL MDMC hat die Definition von Metadatenbeschreibungen und Prozessabläufen ermöglicht, die die KNMFi-Technologien und die Experimente der Nutzenden widerspiegeln.

Im Januar 2023 war der Baubeginn für das neue Gebäude des Karlsruhe Center for Optics and Photonics (KCOP), eine hochmoderne Infrastrukturplattform für die Mikro- und Nanofabrikation mit rund 2.000 m<sup>2</sup> Reinraum- und Laborfläche, in dem die Forschung zur Optik und Photonik von Helmholtz Information und Helmholtz Energie zu Anwendungen wie hocheffizienter Photovoltaik, 6G-Kommunikation und Glasfasernetzen, neuartigen Quantensensoren und supraleitenden Detektoren sowie extrem schneller 3D-Bilderfassung und hochauflösender Mikroskopie für die Lebenswissenschaften gebündelt werden soll.

*Zur Erweiterung des Anwendungsspektrums der Forschungsinfrastrukturen für Nutzer und zur Förderung eines fruchtbaren Wissensaustauschs sowie der Weiterentwicklung soll das Programm weltweit die besten Teams rekrutieren, die ihre Infrastrukturen in allen Bereichen nutzen. In der Zukunftsperspektive sollen diese stärker in Richtung Biologie arbeiten.*

Prof. Dr. Marcel Utz wurde am Institut für Mikrostrukturtechnik auf die W3-Professur für „Mikrosystemtechnik“ berufen. Seine bisherigen Stationen waren die ETH Zürich sowie die Universitäten von Connecticut, Virginia und Southampton. Mit ihm konnte ein exzellenter Wissenschaftler der Forschungsgebiete magnetische Resonanz, biologische Modellsysteme und komplexe Materialien für das Programm MSE gewonnen werden. Sein Fokus liegt auf der Integration der mikrofluidischen Lab-on-a-Chip-Technologie mit NMR-Spektroskopie für die Untersuchung komplexer lebender Systeme.

Im März 2023 startete am KIT das neue Zentrum Health Technologies (HealthTech). Ziel ist es, digitale und technologische Lösungen für Medizinprodukte aus der Perspektive und zum Nutzen der Gesellschaft zu entwickeln und sich auf ihre medizinischen Bedürfnisse zu konzentrieren. Im Fokus steht die Digitalisierung der Gesundheitsversorgung. Die Forschenden am KIT bringen ihre disziplinübergreifende Expertise in drei Themenfelder ein: Technologie für Präzisionsmedizin, ganzheitliche und individualisierte Versorgung für Patientinnen und Patienten sowie digitale Gesundheit. Das Programm MSE wird sich insbesondere in den Forschungsfeldern Digitale Zwillinge und Simulationstechnologie, Personalisierte Medizin, Biomaterialien, Diagnose und Therapie („Theranostics“) sowie Intelligente Wearables engagieren und seine Aktivitäten eng mit den anderen Fachdisziplinen vernetzen.

Ein aktuelles Forschungshighlight ist die Entwicklung von innovativen Nanopartikeln in der Krebstherapie. In Kooperation des KIT mit dem Max-Planck-Institut für Multidisziplinäre Naturwissenschaften und der Universitätsmedizin Göttingen wurden hybride Nanopartikel aus Zirkoniumoxid-Kationen und Gemcitabin-Monophosphat-Anionen ( $[\text{ZrO}]^{2+}[\text{GMP}]^{2-}$ ) synthetisiert, die den Wirkstoff Gemcitabin in großen Mengen direkt in den Tumor transportieren können.



Die Methode verspricht, Pankreaskarzinome zielgenau und mit weniger Nebenwirkungen als bei gängigen Krebstherapien zu behandeln (Ischyropoulou et al., Adv. Mat. 35 (46), 2305151 (2023)).

#### **A.2.2.5.4 Strategische Themen**

##### ***Talentmanagement***

Das KIT-interne Förderprogramm Young Investigator Group Preparation Program (YIG Prep Pro) unterstützt gezielt wissenschaftlichen Nachwuchs mit eigener Stelle und Ausstattung, um Forschungsprojekte zu realisieren und eine eigene Nachwuchsgruppe einzuwerben. Im Berichtsjahr wurden im Programm MSE fünf Forschende gefördert, davon vier Frauen. In der von den Programmen MSE und NACIP gemeinsam koordinierten und finanzierten Biointerfaces International Graduate School (BIF-IGS) wurden am KIT 60 Promovierende gefördert, davon 42 aus MSE.

2023 startete am KIT ein eigenfinanziertes Trainingsprogramm exklusiv für Promovierende des Programms MSE. Es vermittelt in Zusammenarbeit mit der HECTOR School of Engineering and Management am KIT die Teilnahme am MBA Fundamentals Program, um den Nachwuchsforschenden ein zusätzliches Ausbildungsangebot zu ermöglichen, sodass sie als ideale Vorbereitung für eine Karriere in der Wirtschaft Managementexpertise erwerben können. Das modular aufgebaute englischsprachige Programm umfasst sieben frei wählbare einwöchige Einheiten, u.a. Human Resource Management, Project und Operations Management sowie Markets und Business Strategy. Alternativ wurde zusammen mit der Universität Köln Business School ein komprimierter Kurs mit fünf Ein-Tages-Modulen mit äquivalenter Ausrichtung angeboten. Aufgrund der hohen Nachfrage wird das Training in 2024 fortgesetzt. Aktuell fördert MSE insgesamt 30 Promovierende, davon elf Doktorandinnen.

Junior-Prof. Dr. Jens Bauer wurde 2023 auf die W1-Professur für „Metamaterialien“ am KIT-Institut für Angewandte Materialien – Zuverlässigkeit und Mikrostruktur berufen. Damit ist es wiederum gelungen, einen herausragenden Nachwuchswissenschaftler ans KIT zu binden. Nach seiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Postdoktorand an der University of California, Irvine (UCI) wechselte er als Emmy-Noether-Nachwuchsgruppenleiter 2022 ans KIT. Er ist zudem assoziierter Principal Investigator des Exzellenzclusters 3D Matter Made to Order und schlägt mit seinem Forschungsschwerpunkt auf nanoarchitektonischen Metamaterialien eine Brücke zwischen den MSE-Topics 1 und 2 (s.a. Forschungshighlight Topic 2).

Drei Nachwuchswissenschaftlerinnen des KIT, davon zwei aus dem Programm MSE, erhalten bei der Carl-Zeiss-Stiftung innerhalb des Förderprogramms CZS Nexus jeweils rund 1,5 Mio. Euro für eine Dauer von bis zu fünf Jahren. Dr. Gözde Kabay, Nachwuchsgruppenleiterin am Institut für Funktionelle Grenzflächen, entwickelt Biosensoren für die schnelle Diagnose bei Nierenschädigungen. In ihrem Projekt IDEArt (*Interdigitated electrode biosensor decorated with artificially imprinted polymer receptors for rapid diagnosis of Acute Kidney Injury*) entwickelt sie tragbare, kostengünstige Biosensoren. Diese ermöglichen es, in Kliniken und personalisierten Umgebungen sensitiv mehrere AKI-Biomarker gleichzeitig im Frühstadium zu erkennen. Nachwuchsgruppenleiterin Dr. Jingyuan Xu vom Institut für Mikrostrukturtechnik beschäftigt sich in ihrem Projekt ELASTO COOL mit elastokalorischen Kühlgeräten, die durch Wärme angetrieben werden und eine vielversprechende stromfreie Alternative darstellen. Diese Kühl-

verfahren beruhen auf thermischen Änderungen in Formgedächtnislegierungen unter mechanischer Last, zeigen dabei keine klimaschädliche Wirkung des Festkörperkühlmittels und weisen eine hohe Ressourcen- und Energieeffizienz auf.

## **Vernetzung**

Die gemeinsamen Arbeiten innerhalb der JLS VMD und MDMC stärken wesentlich die Vernetzung innerhalb des Programms MSE und darüber hinaus mit den anderen Forschungsbereichen wie FB Materie und Helmholtz Energy. Des Weiteren wird mit einem HIDA Stipendium die Zusammenarbeit zwischen Hereon und KIT gestärkt. Mithilfe des Helmholtz Trilateral Exchange Program konnte außerdem eine Bachelorstudentin aus Israel (Hebrew University of Jerusalem) im Sommer 2023 am Hereon in einer Kooperation zwischen Topic 4 und dem FB Materie Kompetenzen in der Nutzung maschinellen Lernens für den Modalitätstransfer erwerben. Durch ein Helmholtz Imaging Projekt (Smartphase) wird ebenso die Vernetzung mit dem FB Materie und Helmholtz Energy gefördert.

Hereon (Dr. Xu Wang, PD Dr. Axel Neffe) und KIT (Dr. Gabriel Cadilha Marques, Professorin Jasmin Aghassi-Hagmann) haben eine Kooperation zu gedruckten Electronic Gateways begonnen, bei denen die Aerosol-Drucktechnik auf flexiblen Polymeroberflächen die Grundlage für flexible elektronische Schaltungen bildet. Durch den Aufenthalt von Dr. Xu Wang am KIT, gefördert über das Hospitationsprogramm von Helmholtz Information, wurden die Aktivitäten am Hereon-Standort Teltow (Aerosol-Druck von leitenden Silberstrukturen auf flexiblen Polymeroberflächen) mit den Kompetenzen am KIT (Inkjet-Druck von Halbleitern und Elektrolyten) zum Aufbau von gedruckten, Elektrolyt-gesteuerten Feldeffekt-Transistoren auf weichen Substraten genutzt. Ziel ist es, den gesamten Produktionsprozess (semi-) automatisiert durchzuführen.

Im Bereich Entwicklung elektronischer Laborbücher und Datenmanagement besteht eine enge Vernetzung von Hereon (ELN Herbie) mit dem KIT (ELN Chemotion/LabIMotion) sowie dem DLR (Inst. f. Datenwissenschaften, Integration von Datenmanagementwerkzeugen in elektronische Laborbücher).

Voraussetzung für die Nutzung von FAIR-Daten ist die Verwendung von FAIR-Vokabeln. Das MetaCook-Projekt ermöglicht die Definition und Bearbeitung von Metadatenbegriffen. Sowohl die kontrollierten Vokabeln als auch die entsprechenden Ontologien bieten die Möglichkeit, in ELNs dokumentierte Daten zu erweitern und helfen bei der Erstellung digitaler Zwillinge.

**N. T. Garabedian, I. Bagov, K. Weber, C. Greiner, B. Klusemann, F. Bock, M. Held, F. Wieland, C. Eschke,** (2022) *MetaCook: FAIR Vocabularies Cookbook, Helmholtz Metadata Collaboration Conference 2022*. Zenodo. <https://doi:10.5281/zenodo.7125644>

Die langjährige Zusammenarbeit am KIT mit Professor Thalappil Pradeep vom Indian Institute of Technology Madras (IIT) in Chennai auf dem Gebiet der Nanomaterialforschung wurde durch die Verleihung des ersten „International Excellence Award“ des KIT sowie des „Fellowship of SCHROFF Foundation“ honoriert. Der Preis umfasst neben einem bis zu sechsmonatigen Forschungsaufenthalt von Professor Pradeep am KIT-Institut für Nanotechnologie im Jahr 2024 ein max. einjähriges Stipendium für einen begleitenden Nachwuchsforschenden sowie Sachmittel in Höhe von bis zu 50 TEuro für die Durchführung eines Forschungsprojekts. Die türkische Biomechatronik-Forscherin Dr. Meltem Elitaş der Sabanci-Universität Istanbul erhielt den Humboldt-Forschungspreis. Er ist mit einem Preisgeld von 60 TEuro honoriert. Mithilfe des „Humboldt Research Fellowship“ wird sie am KIT-Institut für Mikrostrukturtechnik Chips mit Mikrokanälen entwickeln, durch die Flüssigkeit fließen kann. Diese Chips sind mit der Kernspinresonanzspektroskopie kompatibel und messen die Antibiotika-Reaktion von

Bakterien in Echtzeit. 2022 hatte Dr. Elitaş bereits ein International Excellence Fellowship des KIT erhalten. Das Stipendium soll die internationale Zusammenarbeit des KIT mit Spitzenuniversitäten und -forschungseinrichtungen weiter intensivieren.

## ***Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft***

### ***Technologietransfer***

Das Start-up nanoshape, eine Ausgründung aus dem KIT, entwickelt die erste Massenmarktlösung für Titanimplantate im Kampf gegen implantat-assoziierte Infektionen. Implantat-assoziierte Infektionen stellen eine der größten und noch nicht ausreichend gelösten Herausforderungen in der modernen Implantologie dar. Es wurde eine neue Oberflächenveredelung von medizinischen Implantaten aus Titan entwickelt. Mit dieser Technologie kann bei medizinischen Implantaten die Struktur der Oberfläche auf Nanoebene so verändert werden, dass diese antibakteriell wirkt – ganz ohne Einsatz von Antibiotika oder Beschichtungen mit anderen Materialien. Zusätzlich wird auch das Einwachsen des Implantats in das umliegende Gewebe beschleunigt. So werden Trägerinnen und Träger von Implantaten, egal ob Zahnimplantat oder künstliches Hüftgelenk, besser vor Infektionen, die im Zusammenhang mit solchen Implantaten auftreten können, geschützt. Ziele von nanoshape sind es, diese Oberflächentechnologie auf den neusten Stand der Technik bei der Herstellung von Implantaten zu bringen, Implantate für Patientinnen und Patienten sicherer zu machen und die Kosten für das Gesundheitssystem zu reduzieren.

Die zunehmende Nutzung von KI in der MSE-Forschung sowie ihr Einsatz bei einer schnelleren und zielgerichteten Entwicklung von Materialien mit gesuchten Eigenschaften hat nicht nur zu einer engen Kooperation zwischen experimentell und theoretisch Forschenden aus verschiedenen Instituten geführt, sondern diese Zusammenarbeit resultierte im Jahr 2023 darüber hinaus auch schon in einem Spin-off des KIT. Die Firma Aixelo Inc. hat es sich zur Aufgabe gemacht, Chemie- und Materialunternehmen bei der Integration von KI in ihre täglichen F&E-Abläufe zu unterstützen, um die Produktentwicklung zu beschleunigen und bahnbrechende Innovationen zu ermöglichen. Empirische Tests sollen dabei durch KI-Entscheidungsfindung für die Entwicklung von Materialformulierungen ersetzt werden, damit Laborressourcen frei werden und gezielt nur für die aussichtsreichsten Designs verwendet werden. Reale sollen durch digitale Experimente ersetzt werden, damit mehr Ideen getestet, Risiken bei bahnbrechenden Innovationen verringert und schnell erfolgreiche IP-Portfolios aufgebaut werden können.

### ***Wissen für Entscheidende; Wissen für Betroffene***

Mit MANTRA – Daten zu innovativen Materialien für Nachhaltigkeit und Transfer – fördert das BMBF ab Januar 2024 für 3,5 Jahre ein wissenschaftliches Kommunikationsprojekt zur Vernetzung, Öffentlichkeitsarbeit und Entwicklung von Indikatoren für Nachhaltigkeit sowie zum Industrie-Praxistransfer. Diese Themen werden über eine Website, Broschüren und Info-Flyer in einem interdisziplinären Ansatz kommuniziert. Ziel der Material-Hub-Initiative „MaterialNeutral – Materialien für die Prozesseffizienz“ sind missionsorientierte Materialinnovationen für drängende gesellschaftliche sowie industrierelevante Fragestellungen in einem ganzheitlichen und akteursübergreifenden Ansatz. Kooperations- und Synergiepotenziale zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft sollen im Sinne von Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz bestmöglich genutzt werden. Das Projektkonsortium besteht aus den Partnern KIT, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, TU Berlin und DECHEMA (Koordinator).

## ***Drittmittleinwerbung***

Einen ERC Consolidator Grant erhielt Emmy-Noether-Nachwuchsgruppenleiter Dr. Frank Biedermann. Im Projekt „SupraSense“ entwickelt er hochspezifische und dennoch einfach herzustellende Sensoren für die Medizindiagnostik. Diese „SupraSensoren“ basieren auf völlig neuartigen Materialien, die Enzymtaschen nachahmen, in denen sich die gewünschte molekulare Erkennung und Signalgenerierung abspielen. Der Schwerpunkt liegt auf dem Nachweis von Stoffwechselprodukten, beispielsweise Aminosäuren und Neurotransmitter, die den 24-Stunden-Rhythmus (circadiane Rhythmik) anzeigen und wichtige Krankheitsindikatoren sind. Für die Entwicklung dieser Sensoren werden die Prinzipien der molekularen Erkennung durch die Materialwissenschaft mit chemiegestütztem Deep Learning kombiniert.

Prof. Dr. Christian Koos hat einen ERC Proof of Concept Grant für das Projekt „Agile Ultra-Scale Communications Using Optical Arbitrary Waveform Generation and Measurement“ (TeraGEAR) eingeworben. TeraGEAR zielt darauf ab, das kommerzielle Potenzial einer neuen Klasse optischer Signalverarbeitungssysteme zu erforschen und zu verifizieren, die eine vollständig softwaredefinierte Erzeugung und Erkennung beliebiger optischer Wellenformen im Ultrabreitband ermöglichen. Solche Systeme könnten sich transformativ auf optische Netze im Ultrabreitbandbereich auswirken, die die Grundlage vieler technischer, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Megatrends bilden, wie z.B. die Bereitstellung cloudbasierter Dienste, das Internet der Dinge (IoT), Industrie-4.0-Paradigmen oder die weit verbreitete Nutzung von maschinellem Lernen und künstlicher Intelligenz (KI).

Das Institut für Nanotechnologie, Arbeitsgruppe Dr. Michael Selzer, ist am neuen SFB 1574 „Kreislauffabrik für das ewige Produkt“ am KIT beteiligt. Ziel ist es, den bisherigen linearen Wirtschaftsansatz grundlegend in Richtung eines zirkulären Verfahrens der Kreislaufwirtschaft zu verändern. In der Kreislauffabrik sollen gebrauchte Produkte möglichst automatisiert so aufgearbeitet werden, dass sie als Neuprodukte die Fabrik verlassen. Weiterhin wurde das Graduiertenkolleg 2450 „Maßgeschneiderte Multiskalenmethoden für Computersimulationen von nanoskaligen Materialien“ am KIT um eine weitere Förderungsperiode verlängert.

## ***Forschungsinfrastrukturen***

*Bericht zu Entwicklungen bei Strategieprozessen zur Integration der FIS in nationale und internationale Netzwerke*

Die Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMFi) ist eine LK1 FIS, die exzellente Materialforschung innerhalb von Helmholtz Information ermöglicht, indem sie eine High-End-Plattform für modernste Materialstrukturierungs-, Charakterisierungs- und datengesteuerte Technologien und Expertise für ein breites Spektrum an Anwendungen bereitstellt. KNMFi bedient dabei acht Helmholtz-Einrichtungen, mehr als 30 KIT-Institute sowie Technologieinitiativen wie die Exzellenzcluster POLiS und 3DMM2O. Das KNMFi ist auch als Partner für die Forschungsinfrastruktur im Helmholtz JL MDMC und auf europäischer Ebene für die NFFA European Pilot Infrastructure. KNMFi zieht Nutzende aus der ganzen Welt an das KIT. Der kollaborative Ansatz für den Nutzendenzugang hat 268 Publikationen (2022/23) hervorgebracht, von denen ca. 50 % einen Impact Factor über 5 besitzen.

*„Life Cycle“-Management der FIS (Austausch mit Nutzergruppen und Industriepartnerinstitutionen, Planungen zu „Science Case“ und „Industrial Case“ usw.)*

Im Januar 2023 fand eine Evaluierung der prioritären Infrastrukturen (PRI) am KIT statt. Die KNMFi und das geplante Karlsruhe Centre of Optics & Photonics (KCOP) wurden gemeinsam

mit dem Zentrum für hochauflösende supraleitende Sensoren (HSS) evaluiert. Das Gutach- tendengremium befürwortete die Bildung einer gemeinsamen PRI und empfahl den Nutzen- denzugang (derzeit an KNMFi) fortzuführen. Derzeit werden die Organisationsstruktur und die Finanzierung der gemeinsamen PRI festgelegt.

*Strategien im Umgang mit den Chancen und Risiken der digitalen Transformation für die FIS („Remote“-Betrieb, Datenzugang, „Cyber Security“, KI usw.)*

Die Implementierung eines umfassenden FAIR-Datenmanagements innerhalb der KNMFi hat höchste Priorität, wobei die elektronischen Laborjournale und die damit verbundenen Daten- bank-Repository-Systeme Chemotion und Kadi4Mat, die beide am KIT entwickelt wurden, die wichtigsten Ressourcen darstellen. Es besteht eine enge Zusammenarbeit mit den Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) Plattformen, insbesondere NFDI4Ing und NFDI4Chem, in denen KNMFi-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler engagiert sind.

*Maßnahmen zur Erhöhung der Nutzung bestehender Anlagen durch Industriepartnerinstituti- onen bzw. zur Erhöhung des Technologietransfers („Liason Officer“, „Plug & Play“-Service für Industriepartnerinstitutionen usw.)*

Die vertragliche Grundlage sowie die Themen der erweiterten Partnerschaft mit einem Global Player der chemischen Industrie sind in Arbeit. Darüber hinaus wurde ein Global Player aus dem Bereich der Lebensmitteltechnik akquiriert. In ersten Gesprächen mit Vertretern dieser Firma wird eruiert, welche KNMFi-Technologien direkt oder indirekt für gemeinsame For- schungsarbeiten eingesetzt werden können.

#### **A.2.2.5.5 Senatsempfehlungen**

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfort- schritts im Jahr 2023 zu eigen und beschließt ihn als seine Bewertung zum Programmfort- schritt 2023. Er bestätigte damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für das Jahr 2023.

#### **A.2.2.6 Strategische Initiativen**

##### **A.2.2.6.1 Inkubator-Plattformen**

Das KIT ist an den drei Plattformen HIFIS, HMC und Helmholtz AI beteiligt, die im Rahmen des Inkubators „Information & Data Science“ entstanden.

In HIFIS (Helmholtz Federated IT Services) arbeitet das SCC im HIFIS Backbone Cluster an der Etablierung einer Helmholtz-weiten Infrastruktur zur Authentifizierung und Autorisierung (AAI) für den Zugang von Menschen zu IT-Ressourcen. Die Integration von Multi-Faktor-Au- thentifizierungs-(MFA)-Verfahren in die RegApp ist weit genug fortgeschritten, um alle rele- vanten Anwendungsfälle im Wissenschaftsbetrieb abdecken zu können. Aktuell wird über TOTP-Standards hinaus an Authentifizierungsverfahren auf Basis von FIDO2 und Passkeys gearbeitet. Die Erweiterung der Communityverwaltung wurde mit Fokus auf manuelle und au- tomatische Verwaltung von Gruppen inkl. Deprovisionierung implementiert. Eine wesentliche Erweiterung betrifft das Account-Linking für Personen, die sich auf verschiedenen Wegen au-

thentifizieren können und deren Accounts zu einer Identität verknüpft werden. In diesem Zusammenhang wurde auch die BundID als Identifikationsmittel integriert (elektr. Ausweisfunktion des Personalausweises). Weiterhin wurde an der Möglichkeit zur Anbindung von SSH an die HIFIS AAI mittels SSH-Zertifikaten gearbeitet. Das Softwareportfolio zur Erweiterung und Vereinfachung der Nutzung von AAI wurde um den Dienst mytoken erweitert. Weiterhin wurden in der AAI Arbeitsgruppe die Identitätsattribute mit EOSC und AARC harmonisiert und die Regelungen der Helmholtz-AAI für die Nutzung der NFDI Basisdienste in sämtliche NFDI Konsortien getragen. Im Rahmen des HIFIS Cloud Cluster ist das SCC in verschiedenen Arbeitsgruppen involviert, u.a. zu Cloud Engineering and Evolution sowie Service Portfolio Management. Gemeinsam mit dem DESY leitet das SCC die Arbeitsgruppe Sync&Share. In dieser wurde der Ansatz für ein föderiertes Gruppenmanagement weiterverfolgt. In der Arbeitsgruppe Contracts zur Erarbeitung von organisatorischen Regelungen für die Helmholtz-Cloud wurde gemeinsam das zentrenübergreifende Regelwerk für die Helmholtz Cloud und das Joint Controller Agreement für den Betrieb der zentralen Komponenten (u.a. Cloud-Portal, Service-Datenbank, Unity) abgestimmt.

Im Arbeitspaket FAIR Data Commons der Helmholtz Metadata Collaboration (HMC) Plattform zeichnet sich das SCC verantwortlich für die Realisierung von generischen, einfach zu verwendenden technischen Diensten und Werkzeugen zum Umgang mit Forschungsdaten. Besonders auf dem Gebiet der Umsetzung und Integration von FAIR Digital Objects (FDOs) konnte das SCC im vergangenen Jahr zahlreiche Fortschritte erzielen. Neben einer Web-Komponente, die es erlaubt, FDOs in beliebige Webseiten interaktiv einzubinden, wurden grafische Werkzeuge zur Erstellung, Suche und Visualisierung von FDOs erarbeitet, die es bislang in dieser Form nicht gab. Dadurch wurde die Grundlage dafür geschaffen, Forschende in Zukunft durch praktisch orientierte Schulungsaktivitäten an das Angebot von HMC heranzuführen. Das IAI unterstützt im Hub Energie die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von Helmholtz Energy bei der Beschreibung ihrer Forschungsdaten gemäß den FAIR Prinzipien. Dazu wurden Schulungen angeboten und Beispielanwendungen entwickelt, die unter Verwendung der o.g. FAIR Data Commons Werkzeuge realisiert wurde. Darüber hinaus wurden zwei Werkzeuge entwickelt: ‚Zeitgeist‘ ist ein Werkzeug zur Vereinfachung und Automatisierung der Veröffentlichung von FAIR-Zeitreihendatensätzen und ‚Regimo‘ ein Werkzeug zur Automatisierung der Veröffentlichung von Metadaten in einem Datenbus. Ein wesentlicher Meilenstein gemeinsam für IAI und SCC und das Ergebnis langjähriger erfolgreicher Vorarbeiten war im Jahr 2023 die überaus positive Evaluierung der HMC Plattform im Mai. Das hochrangig besetzte, internationale Gutachtendengremium empfahl nachdrücklich, HMC weiterzuführen und sogar zu erweitern.

In der Helmholtz AI Plattform fokussiert sich das KIT mit seinen Forschungs- und Supportaktivitäten auf Helmholtz Energy mit einem Schwerpunkt auf zukünftige Energiesysteme. Die Nachwuchsforschungsgruppe am IAI, unter Leitung von Tenure-Track-Prof. Dr. Benjamin Schäfer, hat ihre wissenschaftlichen Aktivitäten auf die Erklärbarkeit von künstlichen Intelligenzen sowie die Entwicklung von informierten Modellen fokussiert. Mit Blick auf die Erklärbarkeit, wurden Merkmale, d.h. Erzeugung, Last und Brennstoffpreise, identifiziert, die ursächlich für den Strompreis in Deutschland verantwortlich sind. Dabei sind Zusammenhänge offengelegt worden, die über das übliche Merit-Order-Prinzip hinausgehen (Journal Energy and AI, DOI: 10.1016/j.egyai.2023.100250). Das Consultants-Team am SCC, geleitet von Dr. Markus Götz, für Helmholtz Energy unterstützte Forschende in diesem Jahr vor allem in der Bildanalyse. In Kooperation z.B. mit dem Lichttechnischen Institut am KIT konnte der finale elektrische Wirkungsgrad von Perowskit-Solarzellen schon während der Fertigung mit hoher Genauigkeit vorhergesagt werden. Mit Hilfe von sogenannten Counterfactuals ist außerdem gelungen, die

prägenden Herstellungsparameter zu identifizieren und so den Herstellungsprozess der Photovoltaikmodule zu optimieren (Journal Advanced Materials, DOI 10.1002/adma.202307160). Gemeinsam mit den Inkubator-Plattformen Helmholtz Imaging und HMC haben die Helmholtz AI Consultants des KIT den zweiten AI HERO Hackathon für energieeffiziente Verfahren der künstliche Intelligenz ausgerichtet ([https://helmholtz-imaging.de/events/events-events/2nd\\_ai\\_hero\\_hackathon\\_on\\_energy\\_efficient\\_ai/](https://helmholtz-imaging.de/events/events-events/2nd_ai_hero_hackathon_on_energy_efficient_ai/)).

#### **A.2.2.6.2 Innovationspool**

##### **Joint Lab „Virtual Material Design (VMD)” (FZJ, KIT, HZB, HZG)**

Koordiniert vom KIT vereint das Joint Lab „Virtual Material Design” die Arbeiten aller an Helmholtz Information beteiligten Zentren zur Entwicklung von Workflow-Umgebungen, digitalen Zwillingen sowie zur Beschleunigung der Materialsynthese durch wissensbasiertes Materialdesign. Um dem KIT dauerhaft eine Führungsfunktion in diesem wichtigen Forschungsgebiet zu sichern, wurde am KIT die VirtMat-Initiative ins Leben gerufen, die gezielt Projekte im Umfeld des virtuellen Materialdesigns fördert und die Karlsruher Aktivitäten in 16 stark vernetzten Projekten bündelt (<https://www.materials.kit.edu/298.php>). Vier (von 24) Forschende werden aus dem Innovationspool finanziert, entsprechend 3,0 FTE.

Im Zusammenhang mit dem quantitativen Ziel 1, der Entwicklung von Workflow-Umgebungen, wurden verschiedene skalenübergreifende Simulationsmethoden implementiert, beispielsweise zur Optimierung der Herstellung von Graphen. Aufgrund seiner herausragenden Eigenschaften gilt Graphen als eines der vielversprechendsten 2D-Materialien in einer Vielzahl von Forschungsbereichen. Hochwertiges einlagiges, großflächiges Graphen wird durch chemische Gasphasenabscheidung (CVD) gewonnen, wobei die Kinetik des Graphenwachstums noch nicht vollumfänglich verstanden ist.

Mit einem kinetischen Monte-Carlo-Protokoll wurde erstmalig die Darstellung relevanter Reaktionen auf der atomaren Skala ohne zusätzliche Näherungen ermöglicht, während gleichzeitig sehr lange Zeit- und Längenskalen bei der Simulation des Graphenwachstums erreicht wurden. Es wurde gezeigt, dass das Kohlenstoffdimer die dominante Spezies ist.

Die Berücksichtigung von Hydrierungs- und Dehydrierungsreaktionen ermöglichte es, die Qualität des gezüchteten Materials mit den CVD-Kontrollparametern zu korrelieren (Int. J. Mol. Sci. 24, 8563, 2023).

In Bezug auf das quantitative Ziel 2, die beschleunigte Materialentwicklung, gelang die Hochdurchsatzsynthese sowie das maschinengestützte Design von photodegradierbaren Hydrogelen. Ein experimenteller Arbeitsablauf für ein miniaturisiertes kombinatorisches Hochdurchsatz-Screening von funktionalen Hydrogel-Bibliotheken wurde entwickelt. Auf Basis der Analysedaten des Photodegradationsprozesses von mehr als 900 verschiedenen Typen von Hydrogelen wurde ein maschinelles Lernmodell für die automatische Entscheidungsfindung generiert. Durch iterative Modelloptimierung auf Basis der Bayes'schen Optimierung wurde eine wesentliche Verbesserung der Antworteigenschaften der Hydrogele erreicht (Small Methods 7, 2300553, 2023).

Die schnelle Entwicklung von Arzneimitteln erfordert eine Screening-Technologie mit hohem Durchsatz. NMR mit paralleler Detektion war bisher wegen der notwendigen magnetischen Kalibration im ppb-Bereich nicht realisierbar. Basierend auf Deep Learning Methoden wurde

ein mit künstlicher Intelligenz gesteuertes Shimmingsystem für die parallele Hochfeld-Kernspinresonanz entwickelt (Scientific Reports 13:17983, 2023).

Für das quantitative Ziel 3, die Entwicklung von digitalen Zwillingen, gab es mehrere Erfolge. Es wurde erstmalig ein skalenübergreifender Modellierungsansatz angewandt, um den elektronischen Zirkulardichroismus komplexer molekularer Materialien aufzuklären und die Funktion strukturierter photonischer Bauelemente vorherzusagen. Die Korrektheit der ab initio berechneten Struktur und optischen Materialeigenschaften wurde durch den Vergleich der Vorhersagen mit experimentellen Ergebnissen bestätigt, die durch Röntgenbeugung, UV-VIS-Absorption und ECD-Spektroskopie eines dünnen Films des präparierten Materials gewonnen wurden (Computational Method, Adv. Funct. Mater. 2301093, 2023).

In einem weiteren Projekt wurde der Einfluss der Formulierung der freien Wandenergie auf Benetzungsphänomene untersucht. Dabei konnte die Genauigkeit des Kontaktwinkels in der Nähe von 0° und 180° in den Phasenfeldsimulationen erheblich verbessert werden. Somit konnte das Benetzungsverhalten auf superhydrophilen und superhydrophoben Oberflächen erstmalig genau beschrieben werden. Journal of Chemical Physics 159.16 164701, 2023

In dem Innovationspool-Projekt „Co-optimized Materials, Processes and Layouts for Superconducting Circuit Components“ wurden neuartige supraleitende Qubit-Systeme mit Mikrowellen-Resonatoren gekoppelt, und zudem ein digitaler Zwilling für das System entwickelt. Das System wird gerade zum Patent angemeldet. Die entsprechenden Publikationen sind bereits vorbereitet, werden aber noch bis zur Patenterteilung zurückgehalten. Wir rechnen damit, im Laufe dieser POF-Periode noch weitere Materialien und Bauteile, die computergestützt optimiert wurden, verwerten zu können.

### **Joint Lab „Integrated Model and Data Drive Material Characterization (MDMC)” (FZJ, KIT, HZG)**

Das Innovationspool-Projekt des Joint Lab MDMC zielt darauf ab, die Integration von Multiskalen- und In-situ-Charakterisierung mit Datenverarbeitung in Form eines einheitlichen generischen Workflows für die Materialforschung zu demonstrieren. Das Projekt unterstützt die Arbeit mit neuen Instrumenten zur korrelativen Charakterisierung und Software. Verschiedene Experimente haben die Zusammenarbeit zwischen den Zentren gefördert. Der Austausch zwischen den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der beteiligten Helmholtz-Zentren findet auch im Rahmen von regelmäßigen Seminaren statt sowie in einem jährlichen Workshop, mit Teilnehmenden der Inno Pool-Projekte sowie der Helmholtz Programme. Der Workshop 2023 fand am FZJ statt. Im Jahr 2023 leisteten sechs Promovierende sowie Postdocs einen Beitrag zum InnoPool MDMC am KIT, der sich auf die Anforderungen für die korrelative Charakterisierung von Oberflächen- und Volumenanalysen konzentrierte.

JL-MDMC dient als Brücke zwischen den Programmen EDF, NACIP und MSE, der Helmholtz Metadata Platform, der Helmholtz-Imaging Platform sowie den NFDI-Plattformen (NFDI4chem, NFDI4ing). Insbesondere Fortschritte im Hinblick auf informationsbezogene Aspekte der korrelativen Charakterisierung, wie Metadatenhandhabung, Definition von Schemata und Arbeitsabläufen und die Weiterentwicklung elektronischer Laborbücher (ELN) einschließlich der Schritte zur Interoperabilität, werden zurzeit in der Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMFi) sowie in die Topics des Programms MSE implementiert.

Die Entwicklung von Ontologien und Arbeitsabläufen und deren Anwendung zur umfassenden und multiparametrischen Charakterisierung von Mikrostrukturen schreitet voran. Die Methoden zur Datenverarbeitung werden generisch entwickelt, in Software implementiert und über Schnittstellen zur allgemeinen Nutzung verfügbar gemacht. Als Anwendung werden poröse



3D-Mikrostrukturen aus Experiment und Simulation auf einer umfangreichen Datenbank analysiert. Morphologie-Eigenschaftskarten werden im Multiparameterraum erstellt und für den datengesteuerten Entwurf neuer Materialstrukturen verwendet. Eine Kombination mit fortschrittlichen ML- und KI-Methoden und eine Integration dieser in die Arbeitsabläufe und Ontologien ist in der vernetzten Plattform KadiAI bereits geschaffen [<https://gitlab.com/intelligent-analysis/cids>].

Die vom KIT geleitete Metadaten-Arbeitsgruppe hat sich zu einer erfolgreichen Gemeinschaftsinitiative entwickelt, an der nicht nur Mitglieder der drei MDMC Partner Helmholtz-Zentren, sondern auch des KNMFi sowie des NFFA-Europe-Pilotprojekts beteiligt sind. Die bisherigen Ergebnisse der Gruppe führen derzeit zu neuen Kooperationen mit anderen Projekten, z.B. das deutsche NFDI-MatWerk-Konsortium und das italienische iEntrance (Infrastruktur für Energiewende und Kreislaufwirtschaft@EuroNanoLab, <https://www.ientrance.eu/home/>), eine neue technologische Forschungsinfrastruktur europäischer Exzellenz in Italien, die sich dem Thema „Clean“ um die Forschung zur Energiewende widmet. Dieses wachsende Netzwerk begünstigt eine immer stärkere Übernahme von De-facto-Standards und die Vereinbarung gemeinsamer bewährter Praktiken im Bereich der Materialwissenschaften.

Im Bereich der ELN-Entwicklung wurden die Bemühungen zur Definition von Metadaten für Materialsysteme, Geräte, wissenschaftliche Arbeitsabläufe und Prozesse fortgesetzt. Mit dem Ziel der Interoperabilität beginnen auch Bemühungen, sich mit der Verwendung verschiedener ELNs und Software zu befassen, die von verschiedenen Gruppen verwendet werden.

Kontinuierliche Bemühungen zur korrelativen Charakterisierung über Längenskalen in 2D und 3D haben zu einem Arbeitsablauf geführt, der Mikroskopie, Mikro-CT, FIB und Nano-CT und TEM verbindet, und so den Bereich von cm bis nm durch die Kombination von Bildgebung und Mikro-CT abdeckt. Strukturierungsmodalitäten, die in der KNMFi verfügbar sind. Die Ziele der Korrelation sind zweifach: (1) Generieren einer zuverlässigen dreidimensionalen virtuellen Überlappung von REM-, Mikro-CT-, Lichtmikroskopie-, Nano-CT- und TEM-Ergebnissen, um eine räumlich korrelierte Analyse dieser Analysemodalitäten zu ermöglichen und (2) FIB-Fräsanweisungen zur Extraktion eines genau definierten Interessenbereichs für Nano-CT und/oder TEM mit einer Genauigkeit im Submikrometerbereich. Der Proben transfer wird mithilfe spezieller Probenträger und Referenzmarker umgesetzt, die im Rahmen des Projekts entwickelt wurden. Der Arbeitsablauf wird mithilfe geometrischer Berechnungen realisiert und nutzt Tools zur Metadatenextraktion, die in der oben genannte Metadaten-Arbeitsgruppe entwickelt wurden. Der Arbeitsablauf und die Hardware für den Proben transfer stehen bereit. Der praktische Test zur Zuverlässigkeit der 3D-Korrelation wird anhand von Proben aus der Katalyse und Metallurgie fortgesetzt, um von der optischen Mikroskopie bis zur TEM-Analyse zu gelangen. Ergebnisse wurden bereits beim MaTeLiS Materials Day 2022 (KIT), SNI2022 (Berlin), FEMS-EUROMAT23 (Frankfurt), NFFA-EUROPE Workshop (Garching), CMC2023 (Brünn) und KNMFi User Meeting 2023 (Ettlingen) präsentiert. Ein Abstract zur Präsentation der Ergebnisse auf der EMC2024 (Kopenhagen) wird eingereicht. Ein Vortrag wird beim italienisch-deutschen WE-Heraeus-Seminar „Frontiers in Correlative Material Characterization“ (Bad Honnef) gehalten. Eine weitere Veröffentlichung ist derzeit in Vorbereitung.

Mechanische und chemische Eigenschaften von Materialmonoschichten und Phasenkontaktflächen sind von großem wissenschaftlichem Interesse, um maßgeschneiderte Systeme für eine Vielzahl von Anwendungen zu erzeugen. So werden im Rahmen einer Kombination aus einem Langmuir-Blodgett-Testaufbau und einem MRT/NMR-System die Eigenschaften und das Strömungsverhalten von Gas-Flüssigkeits-Monoschichtkontakten auf molekularer Ebene charakterisiert.

Um eine umfassendere Charakterisierung von Materialien und Geräten zu erhalten, ist eine korrelative Charakterisierung durch den Einsatz verschiedener Instrumente an derselben Probe erforderlich. Daher muss ein definierter Bereich (RoI) auf der Probe festgelegt werden, der dann mit verschiedenen Methoden bearbeitet oder gemessen werden kann. Der Transfer von einem Gerät zum anderen führt regelmäßig zu Orientierungsabweichungen der Probe oder zum Verlust des RoI. Daher ist eine automatisierte Ausrichtung erforderlich, um Proben zwischen verschiedenen Instrumenten übertragen zu können. Zu diesem Zweck wird ein standardisierter Probenhalter mit implementierten Referenzpunkten entwickelt und ein Software-tool erstellt, um den automatisierten Transfer von Proben zwischen verschiedenen Fertigungs- und Messinstrumenten zu ermöglichen

### **Joint Lab „Exascale Earth System Modelling (ExaESM)“ (FZJ, KIT, AWI, DLR)**

Das gemeinschaftlich von allen beteiligten Zentren koordinierte Joint Lab (JL) ExaESM wird nicht nur durch die Aktivitäten des Programms EDF, sondern auch durch Arbeiten aus dem Forschungsbereichen Erde & Umwelt, sowie Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr unterstützt.

Das JL ExaESM koordiniert die Entwicklung neuartiger technologischer Lösungen, um Erdsystemmodelle und deren Daten-Workflows exascale-fähig zu machen und von Methoden der künstlichen Intelligenz zu profitieren.

Ein Ansatz HPC-Simulationen zu beschleunigen, ist es, rechenintensive physikalische Modelle durch *Machine Learning*-Modelle zu ersetzen. Hier hat das KIT im Rahmen einer Promotionsarbeit demonstriert, dass die Chemie-Klimasimulationen durch ein *long-term-short-term* neuronales Netz ersetzbar ist und nach entsprechendem Training schnellere Vorhersagen von Spurengaskonzentrationen bei moderaten Unsicherheiten erlaubt.

In einer weiteren Promotionsarbeit im Rahmen des Drittmittelprojektes ICON-SmART werden diese Studien fortgeführt und ein Ersatz von Chemie-Klima- und Aerosol-Simulationen durch moderne Neuronale Netz-Architekturen angestrebt.

Die Innovationspool-Stelle des JL ExaESM konnte erst ab 2024 besetzt werden, sodass für das Jahr 2023 keine Ausgaben nachgewiesen wurden. Aus dem Programm arbeiteten zwei Wissenschaftler und eine Promovierende an den Themen des Joint Labs.

### **„Helmholtz Platform for Research Software Engineering – Preparatory Study (HiRSE\_PS)“ (FZJ, KIT, HZB, Hereon)**

Das Innovationspoolprojekt HiRSE\_PS wird gemeinschaftlich von FZJ und KIT koordiniert und bringt alle Zentren und Programme im Forschungsbereich Information zusammen. Die Beiträge zu dem Projekt werden in enger Verbindung mit den Programmtopics EDF T1, NACIP T1 und T3 sowie MSE T4 erarbeitet. Das Projekt beschäftigt sich mit der Etablierung zentraler *Research Software Engineering* (RSE)-Aktivitäten und der gezielten Förderung strategisch wichtiger Software durch dezentrale *Community Software Infrastructure* (CSI)-Gruppen als zwei sich gegenseitig befördernde Aspekte. Mit der HiRSE-Seminarreihe (<https://www.helmholtz-hirse.de/series.html>) wurde ein einzigartiges Veranstaltungsangebot für RSE-Themen mit nationaler und internationaler Reichweite etabliert, was sich auch im internationalen Referentinnen und Referenten-Quorum des Seminars widerspiegelte. Des Weiteren wurde im Jahr 2023 ein Hackathon zum Thema „Kontinuierliches Benchmarking“ mit internationalem Publikum organisiert. Das Ziel des Hackathons war es unter anderem, das Thema nachhaltiges *Research Software Engineering* zu behandeln. Vor allem aber wurde das Innovationspool-Projekt HiRSE\_PS aufgrund seiner Erfolge bis Ende 2024 verlängert. Ergänzend hat das KIT

weitere RSE-Aktivitäten im Jahr 2023 initiiert: Im Rahmen einer KIT-internen Initiative zur Etablierung von RSE am KIT trafen sich im Mai 2023 über 60 RSE-Interessierte zu einem ersten Community-Workshop (<https://www.scc.kit.edu/en/aboutus/16927.php>). Insgesamt wurden am KIT für das Projekt 1,25 FTE gefördert.

### **Roadmapping und Öffentlichkeitsarbeit (FZJ, KIT, HZB, HZG)**

Dieses Pilotprojekt (koordinierender Sprecher Thomas Klassen, Hereon) unter Beteiligung des gesamten Forschungsbereichs befasst sich mit der Entwicklung eines Roadmap-Prozesses und der Ausarbeitung von Strategien zur Steigerung der Sichtbarkeit des Forschungsbereichs. Im Jahr 2023 lag der Schwerpunkt vorrangig auf dem Bereich der Öffentlichkeitsarbeit. Über den Blog „Informationskompass“ und die Webseite von Helmholtz Information wurden ungefähr 80 Beiträge publiziert. Darüber hinaus erfolgte eine Erweiterung der Webseite um spezifische Unterkategorien für *Research Software Engineering* und *Electronic Lab Notebooks*. Der Markenbildungsprozess wurde intensiviert, und die Marke „Helmholtz Information“ samt Logo wurde in allen Kommunikationsformen nachhaltig etabliert. Ebenso wurde ein eigener LinkedIn-Kanal ins Leben gerufen.

### **Hospitationsprogramm**

Das Hospitationsprogramm soll Schnittstellen zwischen Zentren von Helmholtz Information identifizieren und deren Austausch fördern. Im Berichtsjahr wurde der Aufenthalt von zwei Kandidaten an gastgebenden Zentren für insgesamt zehn Monate gefördert. Durch den, über das Hospitationsprogramm geförderten Aufenthalt von Xu Wang am KIT wurden die Aktivitäten am Hereon-Standort Teltow (Aerosol-Druck von leitenden Silberstrukturen auf flexiblen Polymeroberflächen) mit den Kompetenzen am KIT (Inkjet-Druck von Halbleitern und Elektrolyten) zum Aufbau von gedruckten, Elektrolyt-gesteuerten Feldeffekt-Transistoren auf weichen Substraten genutzt. Ziel ist es, den gesamten Produktionsprozess (semi-)automatisiert durchzuführen. Das Hospitationsprogramm wird auch zukünftig intensiv beworben, um weitere Interessentinnen und Interessenten anzuziehen.

## **A.2.2.6.3 Initiativen aus weiteren Pakt-Mitteln bis 2025**

### **KiKIT – Helmholtz Pilotprogramm Kerninformatik am KIT** (HeCI – Helmholtz Core Research at KIT)

Im Informationszeitalter ist Computertechnologie ein wesentlicher Treiber in allen Bereichen von Forschung, Technologie, Wirtschaft und Gesellschaft. Daher sind hochwertige Software, Hardware und KI-Systeme (korrekt, zuverlässig, sicher, effizient usw.) notwendig für den Erhalt der digitalen Souveränität und daher von zentraler Signifikanz für die Vorsorgeforschung. Durch diese Strategische Initiative soll die Kerninformatik-Forschung, d.h. die Forschung zu anwendungsübergreifenden Methoden der Informatik zu einem Schwerpunkt der Helmholtz-Forschung werden. KiKIT startete Mitte 2023 mit einer vorläufigen Laufzeit bis Ende 2025 bei einem Budget von 10 Mio. Euro.

KiKIT umfasst die Forschungsgebiete „Algorithmen- Software- und Hardware Engineering“ sowie „Maschinelles Lernen und Data Science“. In der Gründungsphase konnte KiKIT 23 Prin-

ciple Investigators aus der Informatik-Fakultät binden. Um die Forschung schnell hochzufahren, wurden nach einem leichtgewichtigen Antragsverfahren 31 Projekte zur anwendungsübergreifenden Methodenforschung mit 39 wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gestartet. Wichtige Auswahlkriterien waren Exzellenz, Synergien, langfristiges Potenzial und Nachwuchsförderung. Aktuell befinden sich außerdem mehrere Nachwuchsgruppen in Ausschreibung.

Gleichzeitig beteiligt sich KiKIT am Helmholtz-Prozess zur Vorbereitung der PoF-V gemeinschaftlich mit dem Fachbereich Information, innerhalb dessen es sich für die nächste Förderperiode in das Nachfolgerprogramm von Engineering Digital Futures einbettet. Aktuell werden relevante Missionen mit gesellschaftlicher Bedeutung herausgearbeitet. Dabei kristallisiert sich aktuell das Thema „Intersymbolic AI“ heraus, d.h., die Kombination von symbolischer und subsymbolischer künstlicher Intelligenz zwecks Kombination von deren Vorteilen und gegenseitiger Aufhebung der Nachteile. Beispiel wären massive Produktivitätsverbesserung bei beweisbarer korrekter missionskritischer Soft- und Hardware oder erklärbares maschinelles Lernen „by design“.

## A.2.3 Überblick zum Forschungsbereich Materie

### A.2.3.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Senat

Siehe Anhang.

### A.2.3.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich

Die Erforschung der Materie reicht von der Untersuchung ihrer Grundbausteine und den fundamentalen Kräften über die Erforschung der kosmologischen Entwicklung des Universums bis hin zur Entschlüsselung der Struktur von neuen Materialien und Wirkstoffen sowie den Prozessen in Nanosystemen und in großen Ensembles von Atomen und Molekülen. Der Forschungsbereich Materie erfordert eine komplexe Wissenschaftsinfrastruktur sowie wissenschaftliche Großgeräte, die im Rahmen großer, themenübergreifender und in vielen Fällen internationaler Projekte konzipiert, gebaut und betrieben werden. Seit der dritten Periode der Programmorientierten Förderung (PoF) ist der Forschungsbereich Materie in einer Struktur aufgestellt, die sich nicht an Forschungsanlagen, sondern an Forschungsthemen orientiert. Die Forschungsaktivitäten werden in drei interdisziplinären Programmen koordiniert: Materie und Universum (MU), Von Materie zu Materialien und Leben (MML) und Materie und Technologien (MT). Neben der Forschung (LK I) zu diesen Programmen ist der Bau und Betrieb von Großgeräten (LK II) als nationale und internationale Forschungsinfrastrukturen eine zentrale Aufgabe des Forschungsbereichs.

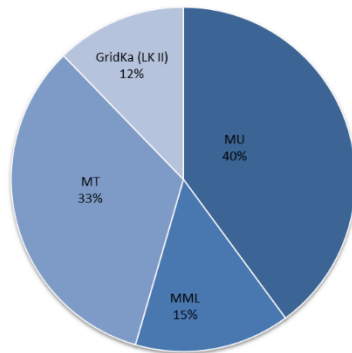
Das KIT engagiert sich in allen drei Programmen des Forschungsbereichs Materie und betreibt die LK-II Infrastruktur „Grid Computing Centre Karlsruhe (GridKa)“.

In MU hat das KIT eine führende Rolle in der Astroteilchenphysik, insbesondere mit dem Pierre-Auger-Observatorium für kosmische Strahlung und dem Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment (KATRIN).

Darüber hinaus betreibt das KIT die LK-II Infrastruktur „Grid Computing Centre Karlsruhe (GridKa)“, ein Tier-1-Zentrum des Worldwide LHC Computing Grid (WLCG) welches für die Verarbeitung, Aufbereitung und Archivierung der Rohdaten des LHC und der zukünftigen HL-LHC-Experimente verantwortlich ist. Neben den LHC-Experimenten bedient GridKa weitere Experimente der Teilchenphysik und Astroteilchenphysik mit deutscher Beteiligung, z.B. das Pierre-Auger-Observatorium in Argentinien, IceCube am Südpol und DARWIN. GridKa ist eines der Rohdatenzentren für das Belle II Experiment am KEK in Japan.

In MT entwickelt das KIT neue Technologien für Teilchenbeschleuniger und Detektoren von morgen. Die forschungsbereichsübergreifende *Accelerator Technology Platform* (ATP) am KIT ist eine einzigartige Infrastruktur für Entwicklung und Test von Konzepten und Komponenten. Eine zentrale Herausforderung für Detektorsysteme ist es, die Grenzen der Auflösung zu erreichen und gleichzeitig die durch solche Detektoren entstehende Datenflut zu beherrschen. In MML wird am KIT ein umfassender Ansatz bei der Anwendung von Synchrotronstrahlung genutzt und entwickelt, um In-Situ- und Operando-Charakterisierungen von Nanostrukturen, Energie-Materialien und technologische Prozesse sowie Hochleistungsdurchsatz und auch In-Vivo-Bildgebung von Kleinstlebewesen bis auf Zellebene zu bewerkstelligen.

Programmanteile des KIT im FB Materie



Anteile des KIT am FB Materie

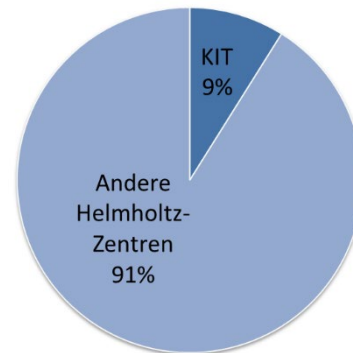


Abbildung 10: Programmanteile des KIT im Forschungsbereich Materie.  
(Der LK-I-Anteil des KIT am Forschungsbereich Materie beträgt 20 %.)

### Matter and the Universe (MU)

Das Programm MU adressiert die grundlegenden Zusammenhänge der fundamentalen Bausteine der Materie und deren Wechselwirkungen sowie das komplexe Verhalten von hadronischer Materie und den Einfluss von Elementarteilchen auf die Entwicklung des Universums. Zusammen mit den anderen beteiligten Helmholtz-Zentren DESY und GSI, sowie in enger Kooperation mit Universitäten in Deutschland und wissenschaftlichen Partnern weltweit, bringt das KIT seine Kompetenzen in der Teilchenphysik und der Astroteilchenphysik ein, um die großen Ziele des Programms in ganzheitlicher und strukturierter Weise anzugehen.

Im Topic *Fundamental Particles and Forces* (MU-FPF) untersuchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT, gemeinsam mit denen vom DESY, die grundlegendsten Bausteine der Welt und ihre Wechselwirkungen sowie ihren Einfluss auf Struktur und Entwicklung des Universums. Damit werden fundamentale Fragen der Natur wie etwa zum Ursprung der Masse, zur Struktur des Vakuums, zum Ungleichgewicht zwischen Materie und Antimaterie im Universum oder zur Natur der dunklen Materie adressiert. In enger Zusammenarbeit mit GridKa werden am KIT auch Methoden und Werkzeuge zur effizienten Nutzung opportunistischer Rechenressourcen aus der Cloud oder von HPC-Systemen entwickelt.

Im Topic *Matter and Radiation from the Universe* (MU-MRU) untersuchen die Forschenden des KIT gemeinsam mit DESY die größten Strukturen des Universums und die Eigenschaften der fundamentalen Bausteine, um ein neues und kohärentes Bild des hochenergetischen Universums zu zeichnen, in dem die verschiedenen Informationskanäle wie hochenergetische Strahlung, Neutrinos, kosmische Teilchen, Gravitationswellen sowie Suche nach dunkler Materie zusammengefasst werden. Nur dieser Multimessenger-Ansatz ermöglicht es, die fundamentalen Fragen über die Struktur und die Entwicklung unseres Universums zu verstehen und zu beantworten. Die Astroteilchenphysik in MU wird an Observatorien an extremen Standorten auf der Erde und an Hochpräzisionsexperimenten in Laboratorien durchgeführt. Unter Führung von oder mit Beteiligung des KIT werden insbesondere das Pierre-Auger-Observatorium verbessert (AugerPrime) und das Experiment IceCube erweitert (IceCube-Gen2). Es werden existierende und zukünftige Daten der Observatorien zu einem gemeinsamen „multimessenger“-Blick auf das Universum bei den höchsten Energien kombiniert. Mit dem Präzisions-Spektrometer KATRIN werden am KIT die Masse der Neutrinos und ihre Rolle als mögliche Kandidaten der dunklen Materie untersucht. Bei XenonNT und dem Nachfolgeprojekt DARWIN bringt

das KIT seine Kompetenzen bei der Suche nach dunkler Materie ein. Zudem ist das KIT Gründungsmitglied in der Kollaboration zum Einstein-Teleskop zur Messung von Gravitationswellen.

### **From Matter to Materials and Life (MML)**

Das Programm MML widmet sich der Analyse und Veränderung der Struktur, Dynamik und Funktion von Materie und Materialien unter Nutzung großer Forschungsinfrastrukturen in enger Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen und industriellen Nutzerinnen und Nutzern. Die drei Forschungsthemen („Research Topics“) bilden das Rückgrat der MML-Forschung und stellen den LK I-Anteil des Programms dar. Das KIT ist an den folgenden zwei Topics beteiligt: „Materials – Quantum, Complex and Functional Materials“ (RT2) und „Life Sciences – Building Blocks of Life: Structure and Function“ (RT3).

In RT2 werden Synchrotronstrahlungs-Großgeräte am KIT und weltweit genutzt, um die grundlegenden Eigenschaften von Materialien auf verschiedenen Längenskalen – von der atomaren Ebene bis zum Bauelement – zu erforschen. Hierzu werden auch neuartige methodische Ansätze entwickelt, um insbesondere durch In-Situ und Operando-Ansätze bisher nicht mögliche Einblicke in die elektronische, atomare und chemische Struktur von Materialien zu gewinnen. Am KIT werden Strahlrohre und ein breites Portfolio an in situ Probenumgebungen verwendet, die im Rahmen der drei MML-Cluster am KIT (Spectroscopy, Scattering und Imaging) betrieben werden. Die dabei im Fokus stehenden Materialsysteme reichen von Nanomaterialien für die Informationstechnik zu Halbleitern für die solare Energiegewinnung sowie von Batterien zu radioaktiven Materialien, die im Rahmen der Energiewende eine wichtige Rolle spielen.

In RT3 werden die Synchrotronstrahlungs-Großgeräte am KIT und weltweit genutzt, um Bausteine des Lebens auf den höheren hierarchischen Ebenen (von der einzelnen Zelle bis hin zu kleinen Organismen) zu untersuchen. Mit methodischen Weiterentwicklungen des KIT zur Bildgebung mit multiplen Kontrastmechanismen, auf verschiedenen Längenskalen und für Hochdurchsatz-, In-Situ- und In-Vivo-Anwendungen ist es möglich, für große Vergleichsstudien morphologische Strukturen von Zellen, Geweben, Organen, Organstrukturen und ganzen Organismen dreidimensional abzubilden. Die morphologischen Daten werden morphometrisch ausgewertet und mit genetischen und anderen molekularbiologischen Daten, Umweltdaten und/oder anderen Einflussfaktoren korreliert. Die dabei entwickelten Methoden und Ergebnisse geben u.a. tiefere Einblicke in die genetischen Ursachen von Krankheiten, die Biokompatibilität von Materialien sowie in morphologische Grundlagen der Biodiversität und nutzen dazu gezielt neue Ansätze „Künstlicher Intelligenz“, z.B. zur verbesserten Bildanalyse (von der Segmentierung bis hin zur SARS-CoV-2 Diagnostik).

### **Matter and Technologies (MT)**

Die Forschung im Forschungsbereich Materie ist ohne hochentwickelte Beschleuniger, Detektoren und Computingtechnologien nicht vorstellbar. Mit dem Programm Materie und Technologien (MT) hat Materie ein Programm etabliert, das gezielt in vorausschauende Forschung in die technologischen Grundlagen der Forschung in Materie investiert. Das Forschungsprogramm ist dabei darauf ausgerichtet, das Potenzial für bahnbrechende Entwicklungen zu optimieren und gleichzeitig einen soliden und planbaren Fahrplan für die Weiterentwicklung der in Materie benötigten Technologien zu erstellen und umzusetzen. Eine zentrale Rolle für Materie im Allgemeinen und MT im Besonderen spielt dabei die enge gegenseitige Wechselbeziehung zwischen den Forschungszielen, die in Materie und in den Programmen „Materie und

das Universum (MU)“ und „Von Materie zu Materialien und Leben (MML)“ formuliert werden, und deren Einfluss auf Technologien und Forschung an Technologie.

Das KIT beteiligt sich federführend an den Programmenthemen „Accelerator Research and Development“ (MT-ARD) und „Detector Technology and Systems“ (MT-DTS).

Im Programmenthema MT-ARD dienen der „Karlsruhe Research Accelerator (KARA)“ und das „Ferninfrarot Linac- und Test-Experiment“ (FLUTE) der Erforschung und dem Test neuer Technologien für die nächste Generation von Teilchenbeschleunigern auf verschiedenen Größenskalen. Forschungsschwerpunkte sind supraleitende Magnettechnologien, die Entwicklung neuer, intelligenter und energieeffizienter Beschleunigerkonzepte, unterstützt durch Methoden der künstlichen Intelligenz, die Erzeugung und Diagnose von kurzen Elektronenpaketen sowie die Nutzung der kohärenten Synchrotronstrahlung. Mit dem cSTART-Speicherring (in Planung) sollen ultrakurze Elektronenpakete gespeichert und für neuartige Anwendungen erschlossen werden. Seit 2022 steht den Forschenden zusätzlich KITTEN, das KIT-Testfeld für Energieeffizienz und Netzstabilität in großen Forschungsinfrastrukturen, zu Verfügung, das sich in Zusammenarbeit mit Helmholtz Energy der energieeffizienten Gestaltung von großen Forschungsinfrastrukturen widmet.

Das KIT baut mit der Programmbeteiligung in MT-DTS sein Know-how als eines der führenden Zentren für Detektortechnologie, Detektorsysteme, Hochgeschwindigkeitsdatenübertragung und Onlinedatenverarbeitung aus. Anwendungsfelder umfassen physikalische Großexperimente und Beschleunigerinfrastrukturen, aber auch Detektorsysteme in der Industrie und Medizin. Auf dem Gebiet Detektortechnologien stehen einzigartige Infrastrukturen zur Verfügung, wie das KIT ASIC- und Detektorlabor oder das Zentrum für Aufbau- und Verbindungstechnologien für mikroelektronische Systeme. Ein Produktions- und Entwicklungszentrum für hochauflösende supraleitende Quantensensoren befinden sich im Aufbau.

### **Grid Computing Centre Karlsruhe (GridKa)**

Das KIT betreibt mit GridKa eines der größten Tier-1-Zentren des Worldwide LHC Computing Grids (WLCG) und unterstützt als eines von nur vier weltweiten Tier-1-Zentren alle vier LHC-Experimente bei der Datenspeicherung und -prozessierung. GridKa stellt die zentralen Daten- und Analyseressourcen für die LHC-Experimente in Deutschland bereit. In Vorbereitung auf die dritte Datennahmephase des LHC (High-Luminosity LHC) wird an neuen IT-Technologien im Hinblick auf die Evolution des Computing-Modells gearbeitet, um den stark ansteigenden Anforderungen an die Datenspeicherung und -verarbeitung zu begegnen. Die Arbeiten bei GridKa finden in enger Kooperation mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des Topics MU-FPF und des Programms *Engineering Digital Futures* (EDF) des Forschungsbereichs Information statt.

Das bei GridKa betriebene Global Grid User Support (GGUS) Portal stellt die zentrale technische Infrastruktur für den Nutzerinnen- und Nutzer- sowie Operationssupport im WLCG und darüber hinaus bereit. Des Weiteren werden Workloadmanagement-, Datenmanagement- sowie Monitoringdienste betrieben. Mit der Entwicklung der COBaID/TARDIS-Software wird opportunistisches Rechnen erfolgreich implementiert. Zusätzlich zu den Rechen- und Speicherressourcen für die LHC-Experimente bietet GridKa auch Ressourcen für weitere Elementar- und Astroteilchenexperimente an. Insbesondere unterstützt GridKa das Belle II-Experiment, das Pierre-Auger-Observatorium, das IceCube-Experiment und DARWIN.



### A.2.3.3 Programmanteil Matter and the Universe (MU)

#### A.2.3.3.1 Das Programm im Überblick

##### **Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich**

Ziele des Programms sind die Identifizierung und Charakterisierung fundamentaler Teilchen und ihrer Wechselwirkungen sowie ihrer Rolle für die Vergangenheit und Entwicklung des Universums, ein genaues Verständnis der Struktur des Vakuums, die Vertiefung des Verständnisses der Struktur und Dynamik von Hadronen, Kernen und Kernmaterie und ihrer Rolle bei der astrophysikalischen Bildung chemischer Elemente, die Aufklärung der Natur dunkler Materie und Neutrinos sowie die Erforschung des Universums bei hohen Energien.

Das MU-Programm zeichnet sich durch eine besondere fachliche Breite und Tiefe mit seinem kohärenten Ansatz zur Förderung des Verständnisses der Elementarteilchenphysik, der Astroteilchenphysik und der Physik der Hadronen und Kerne aus. Die gemeinsame Forschung erfolgt durch experimentelle und theoretische Methoden, durch Modellierung und Beobachtung, durch technologische Entwicklungen und durch den Betrieb und die Messungen mit großer Forschungsinfrastrukturen. Die Forschung in MU erfolgt in besonders großem Umfang im Rahmen internationaler Zusammenarbeit verschiedener Forschungseinrichtungen, die in (teilweise sehr großen) Verbünden organisiert sind. Ermöglicht wird diese Arbeit durch weltweit einzigartige Forschungsinfrastrukturen an unseren Helmholtz-Zentren und an anderen internationalen Forschungszentren und -einrichtungen.

##### **Programmstruktur**

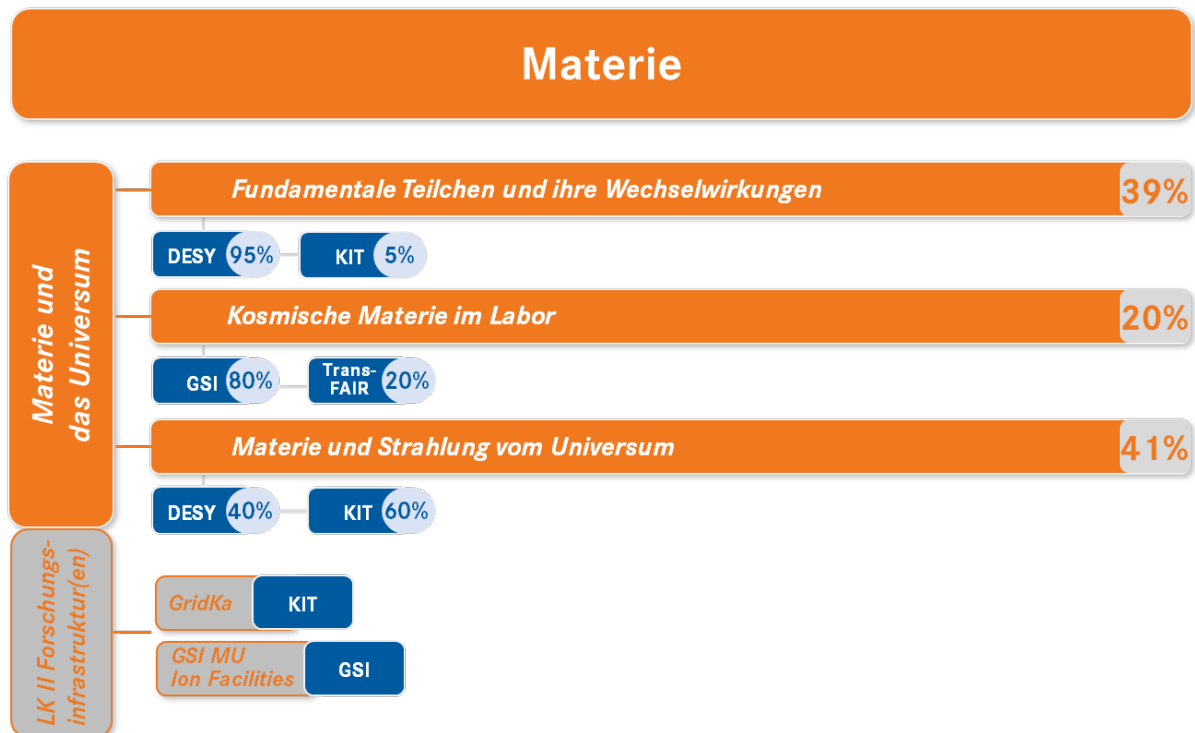


Abbildung 11: Programmstruktur MU

Das Programm Materie und Universum wird von Ralph Engel (Sprecher, KIT) und Beate Heinemann (Co-Sprecherin, DESY) geleitet. Es ist in drei Programmtopics und zwei sogenannten LK-II Infrastrukturen, die im Kapitel „Assoziierte Forschungsinfrastrukturen (LK II)“ vorgestellt werden, organisiert.

Das Programm gliedert sich in:

### **Topic 1: Fundamentale Teilchen und ihre Wechselwirkungen (FPF)**

(Sprecherin: Isabell Melzer-Pellmann, DESY; Co-Sprecher: Kai Schmidt-Hohberg, DESY)

Das Programmtopic 1 erforscht die grundlegendsten Bausteine der Welt und ihre Wechselwirkungen sowie ihren Einfluss auf die Struktur und Entwicklung des Universums. Dabei geht es um grundlegende Fragen der Natur wie den Ursprung der Masse, die Struktur des Vakuums, das Ungleichgewicht zwischen Materie und Antimaterie im Universum oder die Natur der dunklen Materie. Die beteiligten Forschungsgruppen sind an großen internationalen Projekten wie den LHC-Experimenten ATLAS und CMS am CERN oder Belle II am SuperKEKB in Japan beteiligt, die breitgefächerte Fragestellungen bearbeiten, und verfolgen ein reichhaltiges Programm kleinerer Experimente, die sich z.B. auf die Suche nach dunkler Materie am DESY-Standort Hamburg konzentrieren und an denen internationale Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beteiligt sind. Diese experimentellen Aktivitäten werden von einem umfassenden und international führenden Portfolio an theoretischen Aktivitäten begleitet und geleitet. Unterstützt wird das Topic durch experimentennahe Infrastrukturen wie das GridKa (Tier 1) am KIT oder die Interdisciplinary Analysis Facility (IDAF, die teilweise als Tier 2 für den LHC genutzt wird), die Test Beam Facility oder die Detector Assembly Facility (DAF) bei DESY sowie durch das Wolfgang Pauli-Zentrum für Theoretische Physik.

### **Topic 2: Kosmische Materie im Labor (CML)**

(Sprecher: Frank Maas, HIM; Co-Sprecherin: Tetyana Galatyuk, GSI)

Das Programmtopic 2 erforscht die Bildung von Materie aus den elementaren Bausteinen und die verschiedenen Aspekte und die Rolle der starken Wechselwirkung bei diesen Prozessen. Extreme Formen von Materie werden im Labor erzeugt, um die Entstehung der Urmaterie nachzuvollziehen und um extreme astrophysikalische Objekte wie Neutronensterne zu verstehen. Der Schwerpunkt liegt auf dem Verständnis des Ursprungs komplexer Phänomene in Materie mit starker Wechselwirkung im nicht-perturbativen Bereich der QCD. Ziel ist es, die Eigenschaften von Hadronen zu enträtseln, das QCD-Spektrum zu erschließen und zu verstehen sowie Systeme mit starker Wechselwirkung unter extremen Temperatur-, Dichte- und Isospin-Bedingungen zu untersuchen. GSI und FAIR mit seinen hochintensiven, hochenergetischen, gespeicherten und gekühlten Ionen- und Antiprotonenstrahlen sind die zentrale Infrastruktur für die Beantwortung der Fragen zu diesem Thema. Ergänzt wird dies durch die Beteiligung an der physikalischen Analyse und Überarbeitung des ALICE-Detektors zur Vorbereitung auf die bevorstehende LHC-Datennahme mit hoher Luminosität. Die Untersuchung der starken Wechselwirkung zielt auch auf die Physik jenseits des Standardmodells ab und umfasst die Suche nach dunkler Materie, die Erforschung der Materie-Antimaterie-Asymmetrie und weitere Tests fundamentaler Symmetrien. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die an MU-CML beteiligt sind, haben aktiv ein Experiment zum Nachweis eines elektrischen Dipolmoments (EDM) geladener Teilchen mit Hilfe von Speicherringen und zum Nachweis axionartiger Teilchen im ultraleichten Massenbereich durchgeführt und waren an Experimenten zur Untersuchung der Neutrinoeigenschaften beteiligt.

### **Topic 3: Materie und Strahlung vom Universum (MRU)**

(Sprecher: Christian Stegmann, DESY; Co-Sprecherin: Kathrin Valerius, KIT)

Das Programmtopic 3 hat die größten Strukturen des Universums und die Eigenschaften der fundamentalen Bausteine zum Forschungsthema. Die Astroteilchenphysik in MU wird an Observatorien an extremen Orten auf der Erde und an Hochpräzisionsexperimenten in Laboratorien durchgeführt. Die beteiligten Forschungsgruppen gestalten die Neutrinoastronomie mit IceCube, die Untersuchung hochenergetischer Gammastrahlen mit CTA und die Erforschung der ultrahochenergetischen kosmischen Strahlung mit dem Pierre Auger Observatorium maßgeblich mit. Die Eigenschaften von Neutrinos werden mit der einzigartigen Infrastruktur KATRIN bestimmt, und die gewonnenen Erkenntnisse werden für die Untersuchung der dunklen Materie in DARWIN genutzt. Die Forschung liefert Einblicke zu einem neuen und kohärenten Bild des Hochenergieuniversums, das die verschiedenen Informationskanäle wie Hochenergiestrahlung, Neutrinos, kosmische Teilchen, Gravitationswellen sowie die Suche nach dunkler Materie kombiniert. Mit der Entwicklung neuer und verbesserter Forschungsinfrastrukturen entsteht eine Forschungslandschaft, die das gesamte Spektrum der Erforschung kosmischer Teilchen und Strahlung abdeckt.

Theoretische Studien und die Entwicklung neuer Technologien für Detektoren, Beschleuniger und Datenverarbeitung ergänzen das experimentelle Programm jedes Topics und bilden eine gemeinsame Grundlage für den thematischen Fortschritt in allen drei Programmtopics.

### ***Neue strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen***

Der Einmarsch Russlands in die Ukraine hat das internationale Umfeld stark verändert und wird von der deutschen und internationalen Wissenschaftsgemeinschaft scharf verurteilt. Viele langjährige und produktive Kooperationen sind unterbrochen. Der andauernde Krieg beeinflusst auch die Wirtschaft. Im Falle der großen internationalen Teilchenphysikexperimente am CERN hat der CERN-Rat im Dezember 2023 beschlossen, dass die Zusammenarbeit des CERN mit den beiden Ländern Russland und Belarus im Jahr 2024 mit dem Auslaufen der jeweiligen internationalen Kooperationsabkommen (ICAs) endet. Die Zusammenarbeit mit der Republik Belarus endet somit am 27. Juni 2024, die mit der Russischen Föderation am 30. November 2024. Alle Beziehungen zwischen dem CERN und russischen und belarussischen Einrichtungen werden zu diesen Terminen eingestellt. Die Beziehungen zu Forschenden mit russischer oder belarussischer Staatsangehörigkeit, die anderweitig mit dem CERN verbunden sind, werden jedoch fortgesetzt. Nach der Beendigung der ICAs wird die Situation der Autorenschaft von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mit russischer und weißrussischer Zugehörigkeit am CERN neu diskutiert werden müssen – sie erscheinen derzeit ohne ihre institutionelle Zugehörigkeit in wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Weitere große Infrastrukturen und Experimente (z.B. FAIR, EU, XFEL) sind ebenfalls durch internationale Verträge gebunden und es werden von Fall zu Fall Lösungen gefunden.

### ***A.2.3.3.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms***

Das Programmtopic 3 – Materie und Strahlung aus dem Universum – hat die größten Strukturen des Universums und die Eigenschaften der fundamentalen Bausteine zum Gegenstand der Forschung. Die Astroteilchenphysik in MU wird an Observatorien an extremen Orten auf

der Erde und an Hochpräzisionsexperimenten in Laboratorien durchgeführt. Der Höhepunkt dieses Topics im Jahr 2023 war der Nachweis hochenergetischer Neutrinos aus der Milchstraße durch die IceCube-Kollaboration, an der die beiden Helmholtz-Zentren DESY und KIT beteiligt sind. Dem IceCube-Neutrino-Observatorium ist es nun erstmals gelungen, ein Abbild der Milchstraße mit Neutrinos zu erstellen. Neutrinos sind Spuren der hochenergetischen kosmischen Strahlung, die in der Milchstraße erzeugt und beschleunigt wird. IceCube suchte nach Neutrinoemissionen mit Hilfe von Techniken des maschinellen Lernens, die innerhalb des deutschen IceCube-Netzwerks entwickelt und auf Daten aus zehn Jahren des IceCube-Neutrino-Observatoriums angewendet wurden. Durch den Vergleich von diffusen Emissionsmodellen mit einer reinen Hintergrundhypothese war es möglich, Neutrinoemissionen aus der galaktischen Ebene mit einem Signifikanzniveau von  $4,5\sigma$  zu identifizieren. Das Signal steht im Einklang mit der diffusen Emission von Neutrinos aus der Milchstraße, könnte aber auch von einer Population von unaufgelösten Punktquellen stammen.

LK-II-Forschungsinfrastruktur – GridKa – ist als Tier-1-Zentrum der WLCG für die Verarbeitung, Aufbereitung und Archivierung von Rohdaten des LHC und der zukünftigen HL-LHC-Experimente sowie von spezifischen MU-Observatorien für Astroteilchenphysik zuständig. Andere WLCG-Zentren, insbesondere Tier-2-Zentren, greifen auf GridKa als Datenquelle und Datenarchiv zurück. Im Jahr 2023 wurden die Rechen- und Speicherressourcen entsprechend den Anforderungen der Experimente bereitgestellt. Die GridKa-Batchfarm wurde in Bezug auf die Sicherheitssoftware aufgerüstet, und aufgrund der höheren Energiekosten wurden mehr energieverbrauchende Rechenknoten abgeschaltet, ohne dass die Zusagen von GridKa-Ressourcen an die internationale Nutzergemeinschaft beeinträchtigt wurden. Die Entwicklung der COBalD/TARDIS-Software für opportunistisches Rechnen wurde erfolgreich fortgesetzt.

Zum Forschungsthema „Higgs-Eigenschaften und fundamentale Wechselwirkungen bei hoher Präzision“ im Programmtopic 1 - Fundamentale Teilchen und ihre Wechselwirkungen – konnten KIT-Theoretikerinnen und -Theoretiker in Zusammenarbeit mit anderen Theoriegruppen eine analytische Formel für die Subtraktion von Infrarot-Divergenzen bei nächsthöherer Ordnung (NNLO) für jeden Collider-Prozess mit masselosen Endzuständen [1] herleiten, was ein wichtiger Bestandteil für Vorhersagen ist, die der Präzision der LHC-Experimente entsprechen. Bei der „Suche nach neuen Teilchen und Phänomenen“ wurden mögliche Signaturen von Nicht-Standard-Higgs-Bosonen am LHC in mehreren Arbeiten untersucht, an denen das KIT maßgeblich beteiligt war. Ein Höhepunkt dieser Arbeiten ist die Suchstrategie zur Bestätigung oder zum Ausschluss der geladenen Higgs-Erklärung von anomalen Flavor-Physik-Daten [2]. Zum Thema „Kosmologie und der dunkle Sektor des Universums“ wurden ein Modell für Dunkle Materie mit Leptonen in [3] untersucht und eine Verbindung zwischen Dunkler Materie und LHC-Physik wurde in [4] von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des KIT erarbeitet.

Für das LHC-Computing hat die HPC-Gruppe am KIT die verteilte Recheninfrastruktur von CMS erweitert [5]. Darüber hinaus werden neue IT-Technologien im Hinblick auf die Entwicklung von Rechenmodellen für den LHC mit hoher Luminosität erforscht und ihre Anwendbarkeit in anderen Forschungsbereichen evaluiert. Insbesondere die Steigerung der effizienten und nachhaltigen Nutzung von Rechenressourcen und der Leistungsfähigkeit von Datenanalysen sind Ziele der KIT-Aktivitäten.

Im Jahr 2023 hat das KIT eine dynamische und verteilte Grid-Computing- und Analyse-Infrastruktur für das DARWIN-Experiment entwickelt, die auf früheren Entwicklungen für die PUNCH4NFDI-Computing-Infrastruktur [6] basiert, und sie unter Verwendung des am KIT entwickelten Compute Resource Manager CO-BalD/TARDIS als Schlüsselkomponente in den Prototypbetrieb überführt.

Im Rahmen des Verbundprojekts FIDIUM wurden durch Weiterentwicklungen von CO-BalD/TARDIS windbetriebene (CO<sub>2</sub>-neutrale) Rechenressourcen von Lancium Computing Inc. (Texas, USA) in GridKa integriert und damit erstmals für die WLCG verfügbar gemacht. Darüber hinaus wurde eine Simulation für verteilte Recheninfrastrukturen im Jahr 2023 entwickelt, die die Planung der zukünftigen HEP-Recheninfrastruktur ermöglicht und uns in die Lage versetzt, eine Vielzahl von möglichen Designs einer solchen modernisierten Infrastruktur zu bewerten.

- [1] G. Bertolotti et al., *JHEP* 7 (2023), 140; doi:10.1007/JHEP07(2023)140.
- [2] S. Iguro, *Phys. Rev. D* 107 (2023) 9, 095004; doi:10.1103/PhysRevD.107.095004.
- [3] H. Acaroğlu et al., *JHEP* 5 (2023) 1; doi:10.1007/JHEP05(2023)106.
- [4] S. Iguro et al., *JHEP* 3 (2023) 10; doi:10.1007/JHEP03(2023)010.
- [5] J. Adelman-McCarthy et al., *J. Phys.: Conf. Ser.* 2438 (2023) 012039; doi:10.1088/1742-6596/2438/1/012039
- [6] M. Giffels et al., *Federated Heterogenous Compute and Storage Infrastructure for the PUNCH4NFDI Consortium*, accepted publication at CHEP2023.

Das Programmtopic 3 – Materie und Strahlung vom Universum – zielt darauf ab, das Potenzial der kosmischen Botenteilchen voll auszuschöpfen. Neutrinos spielen eine zentrale Rolle, und die Aktivitäten in der Neutrinophysik ebnen den Weg für entscheidende Experimente zur Suche nach dunkler Materie. Durch die Kombination von Informationen aus Gammastrahlung, hochenergetischen Neutrinos, kosmischer Strahlung und Gravitationswellen, durch die genaue Bestimmung der Eigenschaften von Neutrinos und die Suche nach dunkler Materie, ergänzt durch theoretische Studien, entwickelt das Topic ein neues Bild des Hoch- und Niederenergieuniversums.

### Hochenergetische Neutrinos

Die Analysen von elf Jahren Datennahme mit IceCube sowie mit dem Oberflächenarray IceTop schreiten weiter voran. Der Höhepunkt in der Neutrinoastronomie im Jahr 2023 war zweifellos der Nachweis von hochenergetischen Neutrinos aus der galaktischen Ebene unserer eigenen Galaxie mit einer Signifikanz von 4,5 Sigma [1]. Das Signal steht im Einklang mit der diffusen Emission von Neutrinos, die bei Kollisionen von kosmischer Strahlung mit interstellarem Gas in der Milchstraße entstehen, könnte aber auch von einer Population unaufgelöster Punktquellen stammen. Die Entdeckung war nur durch den Einsatz von Deep-Learning-Methoden möglich, um die Spuren der Signale im Eis zu rekonstruieren. Wichtig waren auch die ersten Ergebnisse der neuen Multi-Sample-Messung (Global Fit), bei der erstmals eine Struktur im Energiespektrum mit einer harten Niederenergiekomponente unterhalb von ~20-30 TeV und einer weichen Hochenergiekomponente mit einer Signifikanz von etwa 4 Sigma beobachtet werden konnte [2]. In [3] werden die Ergebnisse einer Stapelanalyse von 29 TDE-ähnlichen (Tidal Disruption Events) Flares vorgestellt, die mit der IceCube-Punktquellen-Stichprobe verglichen wurden und die Beobachtungen von IceCube-Warnneutrinos in Koinzidenz mit früher beobachteten TDEs (bei 3,7 Sigma) ergänzen. Im Jahr 2023 könnte die Prototypstation am Südpol in Bezug auf die Hardware und die Umbauverfahren verbessert werden [4, 5]. Das KIT zeigte eine verstärkte Präsenz am geografischen Südpol, indem das Personal das ganze Jahr über am Experiment blieb und für die Überwachung des Betriebs des Observatoriums vor Ort verantwortlich war. Die mDOM-Integration des IceCube-Upgrades geht mit gleichmäßigem Tempo weiter. Insgesamt wurden 85 von 225 mDOMs fertiggestellt, und die Produktion ist auf dem besten Weg, die ersten 128 mDOMs im Jahr 2024 von DESY zum Südpol zu bringen. Der Schwerpunkt der IceCube-Gen2-Aktivitäten in der Zusammenarbeit (einschließlich DESY und KIT) lag auf der Veröffentlichung des Technical Design Reports [6],

der eine vollständige Beschreibung der Wissenschaft, des technischen Designs und der Leistung des Instruments enthält. Er zeigt der NSF und anderen Geldgebern, dass die Kollaboration für die nächsten Schritte zur Realisierung des Observatoriums bereit ist.

### **Direkte Suche nach Dunkler Materie**

Im Jahr 2023 wurde am KIT ein neues Labor für F&E-Arbeiten von Detektoren für Dunkle Materie eingerichtet, das durch die Kombination von MU-Aktivitäten mit Drittmitteln und weiteren Seed-Finanzierungsaktivitäten ermöglicht wurde. Es wurden Fortschritte bei der Installation wichtiger Laborinfrastrukturen erzielt, wie z. B. die Einrichtung eines Hochspannungsprüfstands für die Qualifizierung großer TPC-Elektroden in einer Argonfluss-Atmosphäre mit Lichtsensoren für die Funkendetektion, der Aufbau einer Xenon-Gashandling- und Rückgewinnungsstation, die Montage des äußeren Kryostats für den „MOTION“-TPC, der für den Betrieb mit bis zu 100 kg Xenon ausgelegt ist, und die Vorbereitung einer Flüssigstickstoff-Versorgungsleitung, um verschiedene F&E-Aufbauten im neuen Labor von einem lokalen Vorratsbehälter aus zu versorgen.

Eine große Hochspannungselektrode für das kommende DARWIN-Observatorium (2,6 m Durchmesser) wird entwickelt. Zunächst werden Elektroden mit einem Durchmesser von 1,4 m hergestellt, die als Ersatz für den XENONnT-Detektor dienen können. Das KIT hat das Design und die Hauptproduktionsschritte von drei Elektroden mit unterschiedlichen Technologien abgeschlossen: ein Gate und eine Anode (beides Drahtgitter) und eine Kathode (geätztes Hexagonalzellengitter). Nach erfolgreichen Testaufbauten am KIT wurden diese Elektroden zur Endmontage zum LNGS gebracht und werden im Frühjahr 2024 auf der PANCAKE-Plattform der Universität Freiburg strengen Kältetests in flüssigem Xenon unterzogen. Diese umfassenden Qualifizierungsarbeiten werden in die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für den Prototyp der größeren 2,6-m-Elektroden einfließen. Während die Vorbereitungsarbeiten für DARWIN voranschreiten, werden die Analysen und die Datenerfassung von XENONnT fortgesetzt, mit dem Ziel, eine Gesamtbelastung von 20 Tonnen pro Jahr zu erfassen. Die XENON-Kollaboration veröffentlichte die ersten Ergebnisse der WIMP-Suche nach Kernrückstößen auf der Grundlage des „Science Run Zero (SR0)“ [7], die die Endergebnisse des vorherigen XENON1T-Detektors bei einer ähnlichen Exposition von ~1 Tonne pro Jahr um den Faktor 1,6 übertreffen. Seitdem wurden in SR1 und SR2 wesentlich größere Datensätze mit noch weiter reduziertem  $^{222}\text{Rn}$ -Hintergrund (jetzt 50% niedriger als in SR0) aufgenommen. Darüber hinaus wurde mit der schrittweisen Gadolinium-Dotierung des Wassers im Inneren der XENON-Abschirmung begonnen, um die Neutronentagging-Effizienz des Neutronen-Veto-Detektors zu verbessern und dadurch den Neutronenhintergrund um bis zu einem Faktor 3 zu reduzieren. Das KIT arbeitete an speziellen Studien zur Supernova-Detektions-Empfindlichkeit von XENONnT und seiner Integration in das SNEWS-Netzwerk, an elektrischen Feldsimulationen für den TPC oder an einer Studie zur Optimierung von Machine-Learning-Analyseschnitten. Unter maßgeblicher Beteiligung der KIT-Gruppe wurden die Beschreibung des Designs und der Leistung des XENONnT-Feldkäfigs [8], die Verbesserung der projizierten  $0\nu\beta\beta$ -Empfindlichkeit von DARWIN, die sich aus der Korrektur einer Überschätzung des kosmogenen Untergrunds von  $^{137}\text{Xe}$  ergibt [9], und eine quantitative Bewertung potenzieller unterirdischer Laborstandorte für DARWIN auf der Grundlage von Untergrundstudien [10] veröffentlicht. Am KIT wurde eine dynamische und verteilte Grid-Computing- und Analyse-Infrastruktur für DARWIN eingerichtet. Darüber hinaus wurde ein White Paper über ein Flüssig-Xenon-Observatorium der nächsten Generation veröffentlicht [11], und eine für die Helmholtz-Roadmap der Forschungsinfrastrukturen eingereichte Projektskizze für DARWIN wurde positiv bewertet.

## Neutrinoophysik mit KATRIN

Nach dem vierten Jahr der Neutrinomassendatenerfassung, 2023, hat KATRIN in elf Kampagnen mehr als  $10^8$   $\beta$ -Elektronen im relevanten Energiebereich aufgezeichnet. Dieser Fortschritt entspricht 60 % des Ziels von 1.000 Messtagen von Beta-Spektrum-Scans in der Nähe des kinematischen Endpunkts von Tritium bis Ende 2025. Für 2023 übertraf der erfolgreiche Betrieb an 252 Tagen wissenschaftlicher Messungen das Ziel von 210 Tagen. Bei dieser Leistung wurden insgesamt 8,62 kg Tritium mit einer durchschnittlichen Reinheit von  $>98,4$  % im Tritiumkreislauf zirkuliert. Dies ging einher mit über 110 Gastransfers von und zu den Tritium-Reinigungs- und Anreicherungsanlagen am TLK [12].

Parallel zur Datenerfassung wird die Analyse der ersten fünf Kampagnen Anfang 2024 abgeschlossen sein. Im Vergleich zum zuletzt veröffentlichten Ergebnis [13] werden die statistischen und systematischen Unsicherheiten um den Faktor sechs bzw. drei verringert. Die erwartete Neutrinomassenempfindlichkeit dieser kommenden Veröffentlichung ist besser als  $m_\nu < 0,5$  eV. Darüber hinaus wurde die Suche nach der Verletzung der Lorentz-Invarianz [14] und nach sterilen Neutrinos im keV-Bereich [15] veröffentlicht, die zu neuen Ausschlussgrenzen im Parameterraum zwischen 0,1 und 1,0 keV führten. Die Vorbereitungen für die Aufrüstung der Strahllinie im Jahr 2026 mit dem TRISTAN-Detektor sind auf gutem Wege, und die Produktion des Silizium-Drift-Detektors ist abgeschlossen. Diese Modifikationen werden es ermöglichen, die Suche nach sterilen Neutrinos im keV-Bereich auf den gesamten Massenbereich bis 18 keV auszudehnen und die Empfindlichkeit um mehr als drei Größenordnungen zu steigern.

Langfristig wird das Erreichen der ultimativen Empfindlichkeit bei der Messung der Neutrinomassen unterhalb von 40 meV durch Tritiumbetazerfall die Verwendung von atomarem Tritium anstelle von molekularem Tritium und eine völlig neue Klasse von hochauflösenden Quantensensoren als Detektoren erfordern. Erste Sondierungsstudien und F&E-Experimente haben begonnen, um ein entsprechendes groß angelegtes F&E-Programm während der PoF V zu evaluieren.

## Ultrahochenergetische kosmische Strahlung

Für das Pierre-Auger-Observatorium hat eine neue Ära der Datenerfassung begonnen. Alle zugänglichen Wasser-Cherenkov-Stationen sind mit Szintillationsdetektoren und verbesserter Elektronik im Rahmen der AugerPrime-Erweiterung [16] ausgestattet. Die zusätzlichen Radioantennen sind zu fast 50 % im Feld installiert. Nur durch die neue Elektronik sind alle diese zusätzlichen Komponenten zugänglich. Ein internationales Komitee unter der Leitung von Francis Halzen empfahl enthusiastisch die Verlängerung der Datenaufnahme bis mindestens 2035 – sehr positiv unterstützt vom Auger Finance Board – aufgrund der herausragenden wissenschaftlichen Qualität und der zu erwartenden signifikanten Verbesserung der Qualität der Daten und der daraus abgeleiteten Ergebnisse durch modernste Analysemethoden wie maschinelles Lernen. Die hohe Qualität und der Detailreichtum wurden durch die Veröffentlichung der 100 energiereichsten Ereignisse eindrucksvoll unter Beweis gestellt [17]. Besonders spannend ist das beobachtete Verhalten der Position des Schauer-Maximums  $X_{\max}$  (und anderer positionssensitiver Observablen) mit der Energie, die sich auf unerwartete, nicht-triviale Weise ändert. Um  $3 \times 10^{18}$  eV zeigt sich eine deutliche Änderung der Steigung des  $X_{\max}$  gegenüber der Energie [18]. „Top-down“-Quellenszenarien, wie z.B. der Zerfall von superschweren Teilchen, können keinen signifikanten Anteil des beobachteten UHECR-Flusses erklären [19-22]. Obwohl noch keine diskrete UHECR-Quelle identifiziert werden konnte, wurde der extragalaktische Ursprung der Teilchen vor kurzem auf der Grundlage von Ankunftsrichtungen über

8 EeV bestätigt, und die Auswahl möglicher Quellregionen bei höheren Energien wird allmählich kleiner [18,19]. Darüber hinaus hat sich das Observatorium zu einer Test-Infrastruktur für die Validierung und Kalibrierung von Prototyp-Detektoren für FAST, GRAND, IceCube und andere entwickelt. Eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Mitarbeitern des Aeolus-Satelliten führte zu einer gegenseitigen Kalibrierung der Messinstrumente [23]. Die Auger-Kollaboration spielt eine führende Rolle bei der Gestaltung der Zukunft des Feldes, indem sie sich proaktiv an der Entwicklung von nationalen und internationalen Roadmaps zu zukünftigen Fragen und Infrastrukturen beteiligt, wie in [24].

### **Multimessenger-Astronomie**

DESY und KIT arbeiten weiter an der Implementierung eines Analyse- und Datenzentrums für die Multi-Messenger-Astroteilchenphysik. Signifikante Fortschritte wurden z.B. beim Datenbrokerdienst AMPEL (Alert Management, Photometry and Evaluation of Lightcurves) sowie bei speziellen Multi-Messenger-Studien, wie der Korrelation von hochenergetischen Neutrinos mit Gravitationswellenemissionen, erzielt. AMPEL wurde für LSST (Large Synoptic Survey Telescope) in einer zweiten Ausgabe der ELASTiCC-Datenherausforderung getestet, wobei die Warnungen anhand des neuesten Beobachtungsplans simuliert und mit noch höheren Raten als in der ersten Ausgabe geliefert wurden. Die Arbeit wird sowohl vom NFDI-Konsortium PUNCH4NFDI als auch vom ADC-MAPP-Projekt unterstützt, das aus dem sogenannten Innovationspool für 2021-24 finanziert wird. Das allgemeine Ziel ist es, die bestehenden Ansätze wie das KASCADE Cosmic-ray Data Center (KCDC), AMPEL oder das Analysewerkzeug Gammapy zu einem kohärenten Konzept einer Nutzereinrichtung zu erweitern.

### **Gravitationswellenastronomie**

Beide Gruppen bei DESY und am KIT sind „Research Units“ der Einstein Telescope Kollaboration mit Sitzen im Collaboration Board. Die Initiativen, um Beiträge zum Gravitationswellenexperiment der dritten Generation voranzutreiben, sind vielfältig und betreffen sowohl die technologische Forschung und Entwicklung in der Kryo- und Vakuumtechnologie als auch wissenschaftliche Studien zur Empfindlichkeit des Instruments, insbesondere in der Multi-Messenger-Astroteilchenphysik und Konzepte für zukünftige Berechnungen [25,26]. DESY ist zusammen mit Partnern aus der Astronomie und Astroteilchenphysik in Deutschland, u.a. dem KIT, stark in das Deutsche Zentrum für Astrophysik (DZA) eingebunden, das für die Vorbereitung des Low Seismic Lab, eines Untergrund-Labors des DZA mit einzigartigen seismischen Eigenschaften, und für die Untersuchung der Lausitz als Standort für das Einstein-Teleskop verantwortlich ist. DESY-Wissenschaftler sind im *Observational Science Board* zur Vorbereitung des Physikprogramms von ET und im *Site Preparation Board* zur Durchführung von Studien am Standort Lausitz aktiv. Die KIT-Gruppe ist stark an seismischen Messungen an möglichen Standorten und an Aktivitäten an der Einstein Telescope Pathfinder-Anlage in Maastricht beteiligt. Darüber hinaus tragen die Wissenschaftler des KIT auch zum wissenschaftlichen Portfolio des DZA bei.

### **Theoretische Astroteilchenphysik**

Das KIT untersuchte im Jahr 2023 folgende Themen: Dekohärenz in Neutrino-Oszillationen [27,28], statistische Analyse von Daten des neutrinolosen Doppelbetazerfalls und Empfindlichkeitsabschätzungen für zukünftige Experimente [29], Komplementarität zwischen kosmologischen und terrestrischen Neutrinomassenbestimmungen [30]. Die Suche nach langlebigen Teilchen (z.B. schwere neutrale Leptonen [31], axionähnliche Teilchen [32], Higgs-ähnliche Skalare [33]), vor allem im GeV-Massenbereich, ist ein wichtiges Thema. Dazu gehört auch



die Veröffentlichung eines öffentlichen Codes zur Berechnung der Empfindlichkeit von generischen Beam-Dump-Experimenten für diese Art von neuer Physik [34]. Während eines dreimonatigen Forschungsaufenthalts von Michael Schmidt, UNSW Sydney, Australien, am KIT, der durch ein internationales Exzellenzstipendium des KIT finanziert wurde, wurde eine gemeinsame Veröffentlichung über B-Mesonen-Zerfälle [33] erarbeitet.

- [1] IceCube Collaboration, *Science* 380, 652 (2023), DOI:10.1126/science.adc9818.
- [2] R. Naab for the IceCube collaboration, PoS(ICRC2023)1064.
- [3] J. Necker for the IceCube collaboration, PoS(ICRC2023)1478.
- [4] Turcotte-Tardif, R.: *Radio Measurements of Cosmic Rays at the South Pole. Dissertation 2023, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*, doi:10.5445/IR/1000160782.
- [5] Shefali et al., PoS(ICRC2023)342, doi:10.22323/1.444.034.
- [6] IceCube-Gen2 Technical Design Report, Parts I and II, <https://icecube-gen2.wisc.edu/science/publications/tdr/>.
- [7] XENON Collaboration, *Phys. Rev. Lett.* 131, 041003 (2023), arXiv:2303.14729 [hep-ex].
- [8] XENON Collaboration, arXiv2309.11996, submitted to EPJ C.
- [9] XENON Collaboration, *Eur. Phys. J. C* 83, 542 (2023), arXiv:2211.14191 [physics.ins-det].
- [10] DARWIN Collaboration, arXiv2306.16340, accepted for publication in EPJ C.
- [11] J. Aalbers et al., *J. Phys. G: Nucl. Part. Phys.* 50 013001 (2023), arXiv2203.02309.
- [12] D. Hillesheimer et al., *Fusion Science and Technology*, (2023), doi:10.1080/15361055.2023.2209691.
- [13] KATRIN Collaboration, *Nat. Phys.* 18 (2022) 160, doi: 10.1038/s41567-021-01463-1.
- [14] KATRIN Collaboration, *Phys. Rev. D* 107, 082005 (2023)
- [15] KATRIN Collaboration, *Eur. Phys. J. C* 83, 763 (2023).
- [16] Pierre Auger Collaboration, *JINST* 18 (2023) P10016, doi:10.1088/1748-0221/18/10/P10016.
- [17] Pierre Auger Collaboration, *Astrophys. J. Suppl. S.* 264 (2023) 50, doi:10.3847/1538-4365/aca537.
- [18] F. Salamida for the Pierre Auger Collaboration, PoS(ICRC2023)016, doi: 10.22323/1.444.0016.
- [19] Pierre Auger Collaboration, JCAP01(2024)022, doi:10.1088/1475-7516/2024/01/022.
- [20] Pierre Auger Collaboration, JCAP05(2023)021, doi:10.1088/1475-7516/2023/05/021.
- [21] Pierre Auger Collaboration, *Phys. Rev. Lett.* 130 (2023) 061001, doi:10.1103/PhysRevLett.130.061001.
- [22] Pierre Auger Collaboration, *Phys. Rev. D* 107 (2023) 042002, doi:10.1103/PhysRevD.107.042002.
- [23] Pierre Auger Collaboration and O. Lux, I. Krisch, O. Reitebuch, D. Huber, D. Wernham, T. Parrinello, accepted for publication in *Optica*, <http://arxiv.org/abs/2310.08616>, doi: 10.1364/OPTICA.507619.
- [24] A. Coleman et al., *Astropart. Phys.* 149 (2023) 102819, doi:10.1016/j.astropartphys.2023.102819.
- [25] Xhesika Korovesi et al., *Phys. Rev. D* 108 (2023) 12, 123009, doi:10.1103/PhysRevD.108.123009.
- [26] Marica Branchesi et al., JCAP 07 (2023), 068, doi:10.1088/1475-7516/2023/07/068.
- [27] Y. Farzan, T. Schwetz, *SciPost Phys.* 15 (2023) no.4, 172, doi:10.21468/SciPostPhys.15.4.172.
- [28] R. Krueger, T. Schwetz, *Eur. Phys. J. C* 83 (2023) no.7, 578, doi:10.1140/epjc/s10052-023-11711-8.
- [29] F. Pompa, T. Schwetz, J. Y. Zhu, *JHEP* 06 (2023), 104, doi:10.1007/JHEP06(2023)104.
- [30] S. Gariazzo, O. Mena, T. Schwetz, *Phys. Dark Univ.* 40 (2023), 101226, doi:10.1016/j.dark.2023.101226.
- [31] M. Ovchinnikov, J. Y. Zhu, *JHEP* 07 (2023), 039; doi:10.1007/JHEP07(2023)039.
- [32] G. Dalla Valle Garcia, F. Kahlhoefer, M. Ovchinnikov, A. Zaporozhchenko, arXiv:2310.03524 [hep-ph].
- [33] M. Ovchinnikov, M. A. Schmidt, T. Schwetz, *Eur. Phys. J. C* 83 (2023) no.9, 791, doi:10.1140/epjc/s10052-023-11975-0.

### **A.2.3.3.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen**

Der Senat der Helmholtz-Gemeinschaft hat folgende Empfehlungen auf Ebene des Forschungsprogramms in der LK I verfasst:

*Die starke Führungsposition der Helmholtz-Gemeinschaft in dem globalen Feld sollte voll unterstützt werden.*

Die Mitglieder des Programms MU sind auf allen Ebenen (national, EU, international) in führenden Positionen und arbeiten in relevanten Strategiegremien und Roadmap-Prozessen mit (national: KET, KAT, KHuK, ErUM-Data, NFDI; Europa: ECFA Detector Roadmap, Future Colliders Forum, APPEC, NuPPEC; international: ICFA, IUPAP-C4, P5). Bei allen wichtigen inter-

nationalen, laufenden und zukünftigen Collider-Projekten, z.B. bei den LHC-Experimenten oder Studien zu zukünftigen Higgs-Anlagen, sind zentrale Management- und Beratungspositionen mit MU-Mitgliedern besetzt. Daneben sind Mitglieder von MU (Co-)Sprecherinnen und (Co-)Sprecher (z.B. Auger-Observatorium, KATRIN, CBM oder ALICE) oder haben andere Schlüsselpositionen in vielen internationalen Kollaborationen der Experimente und Observatorien, an denen wir beteiligt sind. Aufgrund dieser Positionen und des Einflusses der wissenschaftlichen Beiträge von Helmholtz ist der konstitutive Einfluss von Helmholtz gewährleistet.

*Ein gewisses Maß an Flexibilität für programmatische Anpassungen während der Laufzeit des PoF IV ist beizubehalten.*

Das Programm MU ist geprägt von vielen langjährigen Aufgabenstellungen und Projekten, die nur mit Ausdauer bewältigt werden können. Dennoch bieten die Themenfelder viele neue Entwicklungen, neu aufkeimende Fragestellungen oder technologische Innovationen, die neue Ansätze für unsere Forschung eröffnen. Diese möglichen Chancen werden erwogen und gegebenenfalls aufgegriffen und in die kontinuierliche Gestaltung unserer programmorientierten Forschung integriert.

Im Bereich der Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik sind in jüngster Zeit wichtige Strategieprozesse abgeschlossen oder im Gange (European Strategy, US „Decadal Survey on Astronomy and Astrophysics“ und „Snowmass“- und „P5“-Prozesse), die z.B. die Fragen nach den nächsten internationalen Collider-Projekten und zukünftigen Observatorien für Neutrinos, ultrahochenergetische kosmische Strahlung, Gammastrahlen und Gravitationswellen behandeln.

Die Idee einer „Higgs-Fabrik“ für hochpräzise Messungen dieses Teilchens wird weiterverfolgt, aber auch Studien und technologische F&E für noch weitergehende Projekte, die Teilchenkollisionen bei noch höheren Energien ermöglichen könnten, werden untersucht. Helmholtz und insbesondere DESY als nationales Labor und Zentrum sind von zentraler Bedeutung für deutsche Beiträge zu internationalen Projekten auf diesem Gebiet. Ergänzende Ideen erweitern das DESY-Axion-Programm auch um die Suche nach hochfrequenten Gravitationswellen.

Darüber hinaus werden in den 2020er Jahren die Weichen für Observatorien in der Multi-Messenger-Astroteilchenphysik der nächsten 30 bis 40 Jahre gestellt. Die Pläne der Vorschläge zu Einstein-Teleskop, IceCube-Gen2, GCOS und DARWIN sind wichtige Beiträge, und Deutschland kann die Forschung und Entwicklung sowie das Design dieser Infrastrukturen mitgestalten. Umso wichtiger ist es, dass Einstein-Teleskop, IceCube-Gen2 und DARWIN Teil der Helmholtz-Roadmap für große Infrastrukturen sind. Begleitende Arbeiten für neue experimentelle Ansätze finden am KIT im Tritiumlabor Karlsruhe (z.B. für KATRIN++) und bei DESY in Zeuthen im Rahmen von UltraSat statt.

*Eine Teilnahme seitens Helmholtz an künftigen internationalen Forschungsinitiativen zur experimentellen Bestimmung von Gravitationswellen, wie z. B. dem Einstein-Teleskop (ET), ist zu erwägen.*

Topic 1 befasst sich intensiv mit den Aspekten der Gravitationswellenphysik, die für die Aufgabe der Teilchenphysik relevant sind. Es werden Konzepte entwickelt, die sich besonders für die Untersuchung von Gravitationswellen kosmologischen Ursprungs bei hohen Frequenzen ( $> 1$  MHz) eignen, wobei die auf dem DESY-Campus vorhandenen Kompetenzen und Infrastrukturen genutzt werden. Diese Studien werden sowohl von Experimentalphysikerinnen und

-physikern als auch von Theoretikerinnen und Theoretikern vorangetrieben und konzentrieren sich insbesondere auf Erkenntnisse über das frühe Universum (z.B. Inflatonen, Higgs-Potential etc.).

In Topic 2 werden kernphysikalische Aspekte der Gravitationswellenforschung theoretisch untersucht. Dieses wichtige Projekt ist mit den GSI/FAIR-Forschungsaktivitäten verknüpft. Die GSI-Theoriegruppe ist führend bei der Untersuchung der Dynamik der Verschmelzung von binären Neutronensternen, wobei hochentwickelte numerische Simulationen der allgemeinen Relativitätstheorie für präzise Vorhersagen eingesetzt werden. Das erwartete Signal von Gravitationswellen und das damit verbundene Signal im elektromagnetischen Spektralbereich als Fingerabdruck der Nukleosynthese schwerer Elemente wurde sehr detailliert vorhergesagt und ermöglicht die Formulierung von Zustandsgleichungen der Materie bei hohen Dichten. Dieses Projekt eröffnet neue Möglichkeiten für topic- und programmübergreifende Aktivitäten in der Theorie, für die Analyse von Big Data und für neue Detektortechnologien.

DESY und KIT haben mit ihren Aktivitäten in Topic 3 ihre führende Rolle auf dem Gebiet der Multi-Messenger-Astronomie ausgebaut, den deutschen Beitrag zum Einstein-Teleskop (ET) gestärkt und eine mögliche Beteiligung der Helmholtz-Gemeinschaft am Projekt vorbereitet. Die Aktivitäten der beiden Helmholtz-Zentren reichen von der direkten experimentellen Beteiligung, insbesondere bei der Entwicklung innovativer und nachhaltiger Kryo- und Vakuumtechnik, über die Umsetzung des Projekts in der Helmholtz-Gemeinschaft bis hin zur Koordination der deutschen ET-Community und der Unterstützung der Konsolidierung der Gravitationswellenastronomie in Deutschland. Beide Zentren konnten gemeinsam mit dem HZDR das ET in der Helmholtz-Roadmap für zukünftige große Infrastruktureinrichtungen erfolgreich implementieren. Beide Gruppen bei DESY und am KIT sind „Research Units“ der Einstein-Teleskop-Kollaboration mit Sitzen im Collaboration Board. DESY ist zusammen mit Partnern aus der Astronomie und Astroteilchenphysik in Deutschland stark in das Deutsche Zentrum für Astrophysik (DZA) eingebunden, das für die Vorbereitung des Low Seismic Lab, einem Untergrund-Labor des DZA mit einzigartigen seismischen Eigenschaften, und für die Untersuchung der Lausitz als Standort für das Einstein-Teleskop verantwortlich ist. DESY-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind im Observational Science Board zur Vorbereitung des Physikprogramms von ET und im Site Preparation Board zur Durchführung von Studien am Standort Lausitz aktiv. Die KIT-Gruppe ist stark in das Site Preparation Board mit seismischen Messungen an allen möglichen Standorten sowie in das Instrument Science Board mit der Leitung der Vacuum & Cryogenics Division, das E-Infrastructure Board und in die Aktivitäten an der Einstein Telescope Pathfinder Anlage in Maastricht involviert. Darüber hinaus tragen die Forschenden des KIT auch zum wissenschaftlichen Portfolio des DZA bei.

*Die Koordination von theoretischen und experimentellen Ansätzen im gesamten Programm soll gestärkt werden.*

In allen Topics des Programms MU ist eine enge Zusammenarbeit zwischen experimenteller und theoretischer Forschung unerlässlich. An allen Zentren und zu allen Themen werden Kooperationen vertieft, was sich beispielsweise in vielen gemeinsamen Publikationen von eher theoretisch und eher experimentell arbeitenden Gruppen niederschlägt.

In Topic 1 ist die enge Zusammenarbeit zwischen Theorie und Experiment gut etabliert; beide Aktivitäten befruchten sich gegenseitig und behandeln gemeinsame Forschungsfragen. Dies führt regelmäßig zu gemeinsamen Veröffentlichungen und neuen Ideen für experimentelle Analysen oder Aktivitäten (z. B. LUXE, Axion-Experimente).

Die theoretische Kern-, Hadronen- und Kernastrophysik hat die wichtige Aufgabe, die wesentlichen Fragen des Fachgebiets zu erarbeiten sowie die Experimente zu begleiten und deren

Ergebnisse zu interpretieren. Der Forschungscluster „ELEMENTS“ zwischen der Goethe-Universität Frankfurt, der TU Darmstadt, der JLU Gießen und dem GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung sowie der Helmholtz-Forschungsakademie Hessen für FAIR (HFHF) leistet dabei wichtige Unterstützung, indem es weltweit führende Wissenschaftler aus unterschiedlichen Forschungsgebieten – der Teilchen- und Kernphysik, der Gravitationsphysik von Neutronensternen und der Nukleosynthese schwerer Elemente – zusammenbringt.

Auch in der Astroteilchenphysik können grundlegende wissenschaftliche Ergebnisse nur im Zusammenspiel von Experiment und Theorie validiert werden. Viele Veröffentlichungen im Jahr 2023 von Kollaborationen wie IceCube, dem Auger-Observatorium oder H.E.S.S. zeugen von diesen erfolgreichen Interaktionen. Mehrere phänomenologische Studien, z. B. in der Neutrinophysik oder der Astroteilchenphysik mit mehreren Botenteilchen, stellen ein wichtiges Bindeglied zwischen der Theorie und dem experimentellen Astroteilchenprogramm dar und bieten die Möglichkeit, die Ergebnisse innerhalb der breiten Physiklandschaft zu interpretieren.

#### **A.2.3.3.4 Strategische Themen**

Zur strategischen Weiterentwicklung der Verbundaktivitäten im Forschungsprogramm und im Forschungsbereich werden derzeit drei innovative Projekte im Programm MU durch den sogenannten Innovationspool gefördert: „LUXE-QED – LUXE-Quantum-computing and advanced Experimental Detectors“ – (DESY, HZDR, GSI (HI Jena)); „ADC-MAPP – Analysis and Data Centre for Multi-Messenger Astroparticle Physics“ – (KIT, DESY); „VQCS - Variational Quantum Computer Simulations for complex quantum systems and optimization problems“ – (DESY).

Eine ausführliche Beschreibung der Aktivitäten zum ADC-MAPP-Projekt am KIT im Jahr 2023 ist im Abschnitt A.2.3.7.1 zu finden.

#### **Talentmanagement**

Im Jahr 2023 wurde auf der DPG-Jahrestagung in Dresden der Hertha-Sponer-Preis an zwei Forscher des MU-Programms verliehen. Die ehemalige DESY-Postdoktorandin Adinda de Wit, jetzt U Zürich, erhielt den Preis für ihre Beiträge zur Bestimmung der Yukawa-Kopplung des Higgs-Bosons an b-Quarks, und Belina von Krosigk vom KIT für ihre grundlegenden Beiträge zum Verständnis der Dunklen Materie durch die Weiterentwicklung von Wechselwirkungsmodellen und die Analyse ihrer erwarteten Signale in terrestrischen Detektoren. Belina von Krosigk ist seit März 2023 auch Professorin für Experimentalphysik am Kirchhoff-Institut für Physik der Universität Heidelberg.

Andreas Haungs vom KIT wurde 2023 zum Sprecher des PUNCH4NFDI-Konsortiums gemäß der NFDI-Satzung gewählt und vertritt damit PUNCH in der NFDI-Konsortienversammlung.

Auf mehreren Konferenzen, Workshops oder Schulen wurden im Jahr 2023 Nachwuchswissenschaftler aus MU mit Poster- bzw. Präsentationspreisen geehrt: N. Feigl, DESY, Arbeit am IceCube-Experiment, bester Flash Talk auf der NuTel 2023-Konferenz in Venedig; L. Hasselmann, KIT, Arbeit am Tritium-Handling für KATRIN und darüber hinaus, Posterpreis auf der KSETA-Jahrestagung in Durbach; S. Mohanty, KIT, Arbeit an der Suche nach dunkler Materie, Posterpreis auf der ISAPP-Schule in Varenna; C. Fengler, KIT, Arbeit am KATRIN-Experiment, Posterpreis auf der EPS HEP-Konferenz in Hamburg.

Im Jahr 2023 arbeiteten fast 70 Doktorandinnen und Doktoranden der Graduiertenschule KSETA – „Karlsruhe School of Elementary Particle and Astroparticle Physics: Science and Technology“ an ihrer Dissertation zu Themen des Programms MU. Die Schule bot 14 Lehrveranstaltungen an, die sowohl eine wissenschaftliche Spezialisierung als auch eine breitere fachliche Ausbildung und Schlüsselkompetenzen abdeckten. Besondere Höhepunkte im Jahr 2023 waren der große Plenarworkshop und die „Wess-Vorlesung“ der Julius-Wess-Preisträgerin des Jahres 2022 Elena Aprile von der Columbia University, NY, USA. Ein Praktikumsprogramm mit dem IIT Bombay in Mumbai, Indien, bot drei Promovierenden aus MU, Topic 3, die Möglichkeit, erste Erfahrungen in der Betreuung internationaler Masterstudenten zu sammeln. Mit mehr als 30 % weiblichen Forschenden und 50 % internationalen Forschenden mit mehr als 15 verschiedenen Nationalitäten bietet die Gruppe der MU-Promovierenden in KSETA ein multikulturelles Arbeitsumfeld.

Die KSETA-Schule ist mit der Helmholtz International Research School for Astroparticle Physics and Enabling Technologies (HIRSAP) verflochten, die zwei spezielle Doppelpromotionsprogramme zwischen dem KIT und der UNSAM in Buenos Aires, Argentinien, anbietet, den Double Doctoral degree in Astrophysics (DDAp) und den Double Doctoral degree in Electrical Engineering and Information Technology (DDEIT). Im Jahr 2023 arbeiteten zwölf Promovierende der HIRSAP an Themen der beiden Forschungsprogramme MU und MT. Im Jahr 2023 fanden zwölf Langzeitaufenthalte statt, und das Jahrestreffen wurde in Buenos Aires abgehalten, mit Präsentationen der Promovierenden selbst und zwei Vorträgen von eingeladenen Vortragenden, einem Experten für Exoplaneten und maschinelles Lernen von der UNSAM, und der zweiten Rednerin, HIRSAP-Alumna Ana M. Botti, die jetzt am FNAL und KICP in Chicago, USA, zu dunkler Materie forscht.

Das internationale Austauschprogramm der Helmholtz-Allianz für Astroteilchenphysik (HAP) konnte einen iPROGRESS – Internship Program for Young Research Scientists – Forschungsaufenthalt für einen promovierten Forscher aus MU zur Zusammenarbeit mit Partnern in den USA fördern. Das Projekt stand im Zusammenhang mit der Suche nach dunkler Materie im Rahmen der XENONnT-Kollaboration.

Dr. Joachim Wolf wurde für die Wahlperiode 2023-2026 in den Vorstandsrat der Deutschen Vakuum Gesellschaft (DVG) gewählt. Außerdem wurde er einstimmig zu einem von zwei Vizepräsidenten gewählt.

## **Vernetzung**

Das PUNCH4NFDI-Konsortium bindet die deutschen Communities der Teilchenphysik, Astroteilchenphysik, Astronomie sowie der Hadronen- und Kernphysik fest in die Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI e.V.) ein. Im Jahr 2023 konnte das Konsortium mit DESY als Koordinator und Dr. Andreas Haungs als satzungsgemäßem Sprecher große Schritte zur Erreichung seiner Hauptziele einer wissenschaftlichen Datenplattform, der Definition eines digitalen Forschungsprodukts für die Communities und einer abschließenden Diskussion über Metadatenschemata vorweisen. Immer mehr Anwendungsfälle können nun implementiert werden, was das Konsortium für einen immer breiteren Kreis von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in diesen Forschungsgebieten öffnet und die Aktivitäten über ESCAPE auch fest mit der europäischen Ebene verbindet. Mit der Base4NFDI-Initiative wurde im Jahr 2023 ein Instrument geschaffen, das konkrete Aktivitäten und Dienstleistungen unterstützt, die allen Teilen der NFDI zugutekommen und immer mehr Forschungsbereiche miteinander vernetzen. Ein prominentes Beispiel ist der IAM4NFDI-Antrag, in dem eine Authentifizierungs- und Auto-

risierungsinfrastruktur für die gesamte NFDI und letztlich für das gesamte deutsche Wissenschaftssystem vorgeschlagen wird; auch an diesem Antrag waren Forschende von DESY und KIT maßgeblich beteiligt. Diese AAI-Infrastruktur wird durch eine förderierte Compute4PUNCH-Infrastruktur ergänzt, die größtenteils am KIT entwickelt wurde und einen nahtlosen und föderierten Zugang zu der großen Vielfalt an Rechensystemen in den teilnehmenden Communities bietet, die deren sehr unterschiedliche Bedürfnisse abdecken und modernste Technologien umfassen. Dies geht einher mit der von DESY vorangetriebenen Storage4PUNCH-Initiative, die den Zugang zu föderierten Speichersystemen gewährleistet.

Mit der ersten Conference on Research Data Infrastructure vom 12. bis 14. September 2023 am KIT hat der Verein Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) eine Konferenz initiiert, die sich mit der Etablierung eines interdisziplinären Forschungsdatenmanagements (RDM) beschäftigt. Unter dem Motto *Connecting Communities* präsentieren nationale und internationale Akteure aus allen Forschungsgebieten sowie aus Infrastrukturen ihre Beiträge zu einem exzellenten RDM der Zukunft und tauschten sich über die neuesten Entwicklungen aus.

Das *Dark Matter Laboratory* (DMLab), ein internationales Forschungslabor des französischen IN2P3, ist Anfang 2023 gestartet. Das Labor wird die IN2P3-Aktivitäten zur Suche nach dunkler Materie mit den entsprechenden Aktivitäten in der Helmholtz-Gemeinschaft in den Zentren DESY, GSI und KIT enger zusammenführen. Zu den wissenschaftlichen Themen des DMLab gehören die direkte Suche nach dunkler Materie, die Untersuchung von Gravitationswellen und astrophysikalischen Boten-Teilchen, die Entwicklung neuer Techniken zur Teilchenbeschleunigung und zum Nachweis, die theoretische Physik sowie die Verwaltung und Verarbeitung der von den Experimenten erzeugten Daten. Beispiele für die Zusammenarbeit sind Entwicklungen für das MADMAX-Experiment, phänomenologische Studien und das DARWIN-Experiment.

Im Mai 2023 wurde das 30-jährige Bestehen des TLK – Tritiumlabor Karlsruhe – gefeiert. Diese Anlage zur Verarbeitung von Tritium ist eine weltweit einzigartige Infrastruktur mit einer bedeutenden Lizenz zum Umgang mit dem radioaktiven Wasserstoffisotop. Das TLK ist für das KATRIN-Experiment unverzichtbar und auch für die Fusionsforschung von großer Bedeutung. Neben einem Festakt fand zwei Tage lang ein internationales Symposium über Tritiumwissenschaft und -technologie statt. Das Treffen wurde für interdisziplinäre Diskussionen genutzt, die Themen von wissenschaftlichen Fragen über die Neutrinomasse und eine atomare Tritiumquelle über F&E zu Brennstoffkreisläufen und Tritium-Material-Wechselwirkungen, Tritium-Verarbeitung, -Analytik und -Anwendungen bis hin zur Tritium-basierten Industrie abdeckten. Im November 2023 fand das jährliche IRN-Neutrino-Treffen am KIT statt. Die IRN-Neutrino-Treffen bieten die Gelegenheit, sich über die neuesten Ergebnisse der Neutrinophysik auszutauschen, Promovierenden und jungen Postdocs die Möglichkeit zu geben, ihre Arbeit zu präsentieren und sich in der französischen und europäischen Gemeinschaft bekannt zu machen, und die Beziehungen zwischen experimentellen und theoretischen Neutrinophysikerinnen und -physikern zu festigen. Dieses internationale Forschungsnetz ist ein internationales Netzwerk, das Physikerinnen und Physiker des französischen IN2P3 und des CEA sowie von vier europäischen Instituten zusammenbringt: der Universität Milano-Bicocca (Italien), dem IFIC (Instituto de Física Corpuscular, Valencia, Spanien), dem UCL (University College London, Großbritannien) und dem KIT.

Ein gemeinsames Projekt zum Thema „High-fidelity time-resolved 3D imaging of radio emission from cosmic-ray air showers with LOFAR and the SKA“ wurde von der DFG für die drei Arbeitsgruppen von T. Huege, KIT, T. Enßlin, Garching, und A. Nelles, DESY und Erlangen, bewilligt.

## ***Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft***

Mit seinen Wissenstransferaktivitäten verfolgt der Forschungsbereich Matter das Ziel, gesellschaftlich relevante wissenschaftliche Themen und Erkenntnisse über nicht-monetäre Kanäle zugänglich zu machen und in die Anwendung zu bringen. Damit werden gesellschaftliche Akteure in die Lage versetzt, fundierte und evidenzbasierte Entscheidungen zu treffen, an wissenschaftlichen Dialogen teilzunehmen oder selbst wissenschaftliche Karrieren zu verfolgen. Darüber hinaus verfolgt der Forschungsbereich Matter auch den Wissenstransfer als Bereicherung für die Gesellschaft, um die Neugier auf Grundlagenwissen zu befriedigen – das Interesse an dem, „was die Welt [...] zusammenhält“ (Goethe-Zitat). Im Jahr 2023 hat der Forschungsbereich Matter das Webportal [matter.helmholtz.de](https://matter.helmholtz.de) gestartet, das dazu einlädt, unsere Wissenschaft und die Infrastrukturen virtuell zu erleben. Das Webportal bietet viele Einblicke in die Forschung des Programms MU, das sich durch seine besondere Vielfalt an internationalen Kooperationen auszeichnet, die zu einer generellen „Open Access“-Verfügbarkeit von Publikationen, Forschungsdaten, Medien und Software führen. Das Webportal ist der Ausgangspunkt, um verschiedene Forschungsinfrastrukturen virtuell in 360°-Ansichten zu besichtigen, öffentliche Daten internationaler Experimente zusammen mit Analysen und Softwaretools zu nutzen oder um spezielle Veranstaltungen und praktische Erfahrungen für Studenten und Schulklassen zu finden. Die Forschenden des Programms MU engagieren sich sehr stark für den Wissenstransfer und die Öffentlichkeitsarbeit; einige Beispiele für das Jahr 2023 sind nachstehend aufgeführt.

Am 21. November 2023 boten DESY und KIT Schülerinnen und Schülern beim International Cosmic Day an, für einen Tag zu Forschenden der kosmischen Strahlung zu werden. Die Schülerinnen und Schüler lernten viele Fakten rund um die hochenergetische kosmische Strahlung und Neutrinos kennen, machten in Masterclasses praktische Erfahrungen mit der Auswertung von realen Experimentdaten und trafen sich am Ende des Tages international mit anderen teilnehmenden Gruppen in Video-Meetings zum Austausch der Ergebnisse und Erfahrungen. Die Gruppe am KIT tauschte ihre Ergebnisse mit weiteren Gruppen in Deutschland, China und Großbritannien aus.

Das ganze Jahr über werden bei DESY und am KIT regelmäßig Schülerlabore und Masterclasses angeboten. MU-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler stellen ihre Arbeit regelmäßig in Schulen oder bei Veranstaltungen vor. Im Jahr 2023 konnte das KIT auf eine 10-jährige, enge Kooperation mit einem örtlichen Gymnasium zurückblicken, die in der Schule und in den lokalen Medien gefeiert wurde. Darüber hinaus beteiligen sich GSI, DESY und KIT jedes Jahr am Girls' Day, um junge Mädchen für MINT-Fächer zu begeistern, z.B. mit Laborbesuchen, praktischen Erfahrungen bei der Datenanalyse oder mit Live-Talks mit internationalen Forscherinnen an unseren Forschungsinfrastrukturen in aller Welt. Auch im Hinblick auf MINT-Fächer an Gymnasien führt das KIT regelmäßig Fortbildungen für Lehrerinnen und Lehrer zu Themen der Teilchen- und Astroteilchenphysik durch, so auch im Mai 2023.

Mehrere Veranstaltungen im Jahr 2023 waren dem „Wissenschaftsjahr – Unser Universum“ gewidmet, so präsentierten MU-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler des KIT an drei Abenden im Naturkundemuseum Karlsruhe die großen Fragen und neueste Ergebnisse zu den Themen Dunkle Materie, Kosmische Strahlung, Neutrinoeigenschaften und Forschung am LHC. In den Sommermonaten öffnete das KIT seine Pforten auf dem Gelände des Forschungszentrums für einen Tag der offenen Tür, der rund 25.000 Besucherinnen und Besucher anlockte, und begeisterte das Publikum bei EFFEKTE rund um das Karlsruher Schloss oder bei einem KCETA-Abend im Wissenschafts- und Kulturtreff Triangel. Das interessierte

Publikum lauschte den Vorträgen der MU-Forschenden über Teilchen- und Astroteilchenphysik sowie über Big Data Science. Im August wurden vom KIT und DESY erstmals in den Sommerferien der Schulen Science / AstroCamps für Jugendliche angeboten. Am KIT wurden viele Mitmach-Experimente und Datenanalysen mit Laborbesuchen an den großen experimentellen Infrastrukturen auf dem Gelände des Helmholtz-Forschungszentrums kombiniert.

### ***Drittmittleinwerbung***

Im Jahr 2023 startete die zweite Förderperiode des Sonderforschungsbereichs TRR 257 "Phänomenologische Elementarteilchenphysik nach der Higgs-Entdeckung", bei dem das KIT die antragstellende Einrichtung ist. Für die zweite Periode wurden 4,5 Mio. Euro bewilligt.

### **A.2.3.3.5    *Senatsempfehlungen***

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts im Jahr 2023 zu eigen und beschließt ihn als seine Bewertung zum Programmfortschritt 2023. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für das Jahr 2023.

### **A.2.3.4    *Programmanteil From Matter to Materials and Life (MML)***

#### **A.2.3.4.1    *Das Programm im Überblick***

#### ***Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich***

Die Ziele des Programms umfassen die Erforschung des Verhältnisses zwischen Struktur und Dynamik und der daraus resultierenden Eigenschaften und Funktionen der Materie, auch unter extremen Bedingungen; die Erforschung der Eigenschaften von Materialien und ihrer Wechselwirkung mit biologischen, chemischen und physikalischen Prozessen; die Durchführung von *in situ* und *operando* Untersuchungen unter realen Bedingungen mit dem Ziel, neue Materialien und Wirkstoffe gezielt zu entwickeln; die Aufklärung der Struktur und Funktion der Bausteine des Lebens und der damit verbundenen biologischen Prozesse und Reaktionen auf äußere Stressfaktoren; sowie schließlich die Bereitstellung neuartiger Analysemethoden und -dienstleistungen für Industrieunternehmen und Unterstützung ihrer Anwendung, zusammen mit einem angemessenen Technologietransfer.



## Programmstruktur

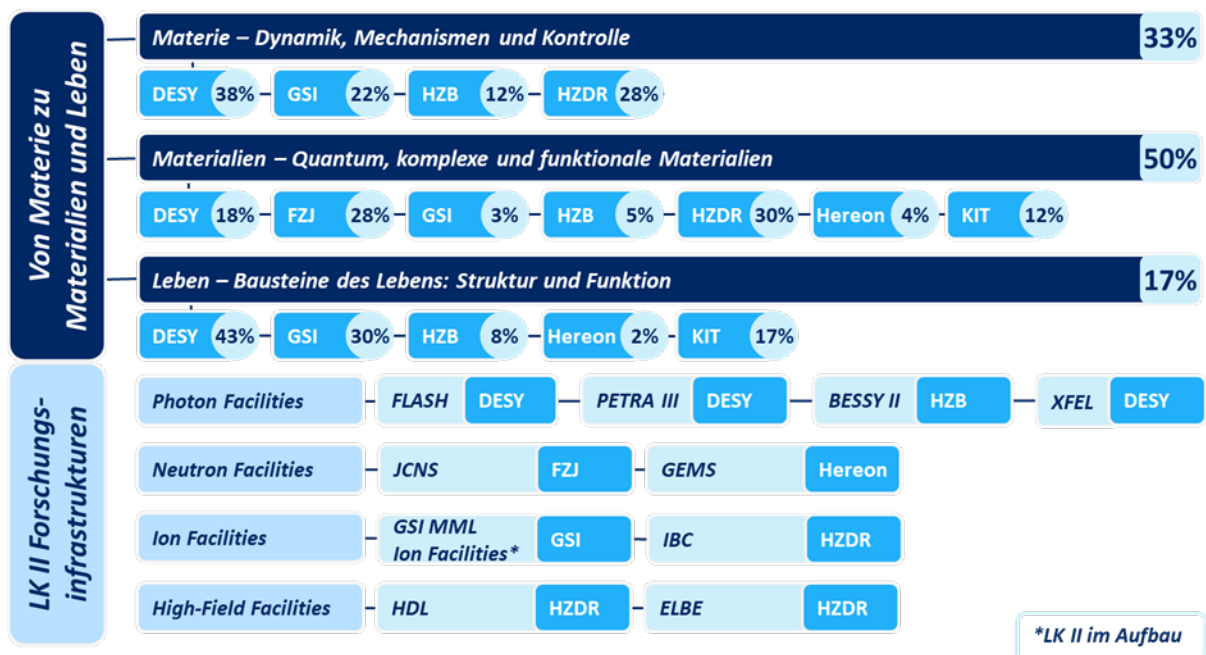


Abbildung 12: Programmstruktur MML

Das KIT ist an den folgenden Topics beteiligt:

Topic 2: Materialien – Quantum, komplexe und funktionale Materialien  
(Sprecher: Joachim Wosnitza, HZDR)

Im Topic MML-Materialien nutzen wir das unikale Portfolio unserer Großgeräte, um die grundlegenden Eigenschaften kondensierter Materie zu untersuchen. Ziel ist dabei, ein tiefgreifendes Verständnis auf atomarer Ebene zu erlangen und auf der Grundlage dieses Verständnisses das rationale Design neuartiger funktioneller Materialien und deren Einsatz in noch nie dagewesenen Anwendungen zu ermöglichen. Die Entwicklung maßgeschneiderter moderner Werkstoffe ist der Schlüssel zur Lösung vieler großer gesellschaftlicher Herausforderungen, angefangen bei Konzepten für erneuerbare Energien über Quantenmaterialien für die Informationstechnologie bis hin zu biokompatiblen Materialien für medizinische Anwendungen.

Topic 3: Leben: Bausteine des Lebens: Struktur und Funktion  
(Sprecherin: Claudia Fournier, GSI)

In Kombination mit innovativen technischen und methodischen Entwicklungen bieten die Helmholtz-Großgeräte (Röntgen- und Teilchenstrahlen) einzigartige Möglichkeiten, den Aufbau und die Dynamik von grundlegenden molekularen Prozessen (z.B. der Dynamik von Wasser) bis zu Makromolekülen und deren Interaktionen bis ins atomistische Detail zu untersuchen. Die erzielten Ergebnisse tragen in entscheidendem Maße zur Lösung dringender medizinischer Probleme unserer Gesellschaft (Antibiotika-Resistenz von Bakterien, Bekämpfung von SARS-CoV-2-Viren, etc.) bei. Sie ermöglichen außerdem die Entwicklung biomimetischer Systeme für erneuerbare Energien und liefern wichtige Erkenntnisse zur Biodiversität. Technische Verbesserungen und neugewonnene Einsichten in die (molekulare) Wirkung von Teilchenstrahlung sind die Basis für deren innovative Anwendung in der Tumorthherapie.

#### A.2.3.4.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms

##### Topic Materialien (RT2): Quantum, komplexe und funktionale Materialien

###### Warum sind Cu(In,Ga)(S,Se)<sub>2</sub>-Dünnschichtsolarzellen mit Zn(O,S)-Puffer so gut?

In einer Zusammenarbeit mit der AVANCIS GmbH, der University of Nevada, Las Vegas (UNLV) und dem Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) konnten Forschende des KIT mit einer Kombination verschiedener spektroskopischer Techniken ein detailliertes Bild der chemischen und elektronischen Eigenschaften an der Zn(O,S)/CIGSSe-Grenzfläche zeichnen. Diese Studie ist wichtig für die weitere Entwicklung dieser relevanten Dünnschichttechnologie, die ein großes Potenzial für die Zukunft der erneuerbaren Energien hat [1].

###### Einfluss der Struktur von Pd/a-Ge-Doppelschichten auf elektronische Kontakt-Eigenschaften

In-Situ-Synchrotronmethoden, wie sie am KIT im Programm MML weiterentwickelt werden, eignen sich optimal zur Untersuchung von Kristallwachstumsprozessen an Grenzflächen. Mit einem Portfolio simultaner, synchrotronbasierter und komplementärer Echtzeitmethoden konnten die mikrostrukturellen Ursprünge der Widerstandsentwicklung während der Pd/a-Ge Kontaktbildung identifiziert und ein Zusammenhang zwischen Phasen- und Mikrostruktur-Bildung während der Abscheidung und der durch Tempern induzierten Festkörperreaktion hergestellt werden. Der Zugriff auf Struktur und elektronische Eigenschaften auf der Nanoskala in Echtzeit eröffnet neue Zugänge für die wissensbasierte Bildung ultradünner Metall/Halbleiterkontakte [2].

[1] D. Hauschild et al., *Chemical and Electronic Structure at the Interface between a Sputter-Deposited Zn(O,S) Buffer and a Cu(In,Ga)(S,Se)<sub>2</sub> Solar Cell Absorber*, *Solar RRL* **7**, 2201091 (2023), DOI: 10.1002/solr.202201091).

[2] B. Krause et al., *In Situ Study of the Interface-Mediated Solid-State Reactions during Growth and Postgrowth Annealing of Pd/a-Ge Bilayers*, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **15**, 11268 (2023), DOI: 10.1021/acsaami.2c20600).

##### Topic Leben (RT 3): Bausteine des Lebens: Struktur und Funktion

###### Dosiseffiziente Röntgenbildgebung

Röntgenbildgebung strahlenempfindlicher Proben stellt aufgrund der deponierten Strahlendosis eine Herausforderung dar. Insbesondere steigt die benötigte Dosis mit zunehmender Auflösung. Eine Forschungsgruppe am KIT hat eine Methode entwickelt, welche *gleichzeitig* hohen Bildkontrast, hohe Dosiseffizienz und hohe Ortsauflösung realisiert. Mit der dosiseffizienten Bildgebung konnte nun erstmals *in vivo* das Verhalten und die Morphodynamik von parasitoiden Erzwespen in ihrem Wirt beobachtet werden [1].

[1] R. Spiecker et al., *Dose-efficient in vivo X-ray phase contrast imaging at micrometer resolution by Bragg magnifiers*, *Optica* **10**, 1633 (2023), DOI: 10.1364/OPTICA.500978.

#### **A.2.3.4.3    *Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen***

Der Senat der Helmholtz-Gemeinschaft hat folgende für das KIT relevante Empfehlungen auf Ebene des Forschungsprogramms in der LK I verfasst:

*Machen Sie deutlich, was die großen Herausforderungen sind, die MML mit ihren Einrichtungen und ihrer Kompetenz bewältigen können, und wo die Helmholtz-Gemeinschaft eine führende Rolle spielen wird.*

Die anlagenorientierte Forschung des Gesamtprogramms MML erstreckt sich über einen großen Längen-, Zeit- und Energiebereich, wie er im konventionellen Labormaßstab nicht zugänglich ist. Sie ermöglicht räumlich und zeitlich aufgelöste Beobachtung und Steuerung mikroskopischer Vorgänge in Materie, die selbst die Erforschung von Materialeigenschaften unter ungewöhnlichen und schwer zugänglichen Bedingungen (z.B. im Inneren von Planeten) miteinschließt. So liefern Forscherinnen und Forscher von MML wesentliche Beiträge zu den europäischen Konsortien LEAPS (Photonen), LENS (Neutronen) und EMFL (hohe Felder), bei denen aktuelle Fragen u. a. in den Bereichen der Energie-, Gesundheits- und Materialforschung aber auch zu den Informations- und Quanten-Technologien im Zentrum stehen. Weiterer Nachdruck wird den Beiträgen zu den erwähnten europäischen Konsortien durch die Vernetzung im Rahmen der „Analytical Research Infrastructures in Europe“ (ARIE) verliehen. ARIE ist ein multi-disziplinär aufgestelltes Netzwerk von Großforschungsinfrastrukturen in Europa und umfasst nahezu alle MML-Großgeräteinfrastrukturen. Durch das breite Spektrum analytischer Methoden, Instrumente und Dienstleistungen sollen europäische Forscherinnen und Forscher in die Lage versetzt werden, neue Einblicke in Materialien und lebende Materie zu gewinnen, die für den Erfolg der Horizon Europe-Missionen notwendig sind. Im Jahr 2022 vertrat Jochen Wosnitza, Sprecher des Topics „Materials“ des Programms MML, das europäische Netzwerk ARIE als dessen Sprecher.

Zudem sei hier auf die Beiträge zu Green Deal-Fragen in Horizon Europe, dem Strategiepapier der Helmholtz-Gemeinschaft zur Quantentechnologie wie auch zur Materialforschungsstrategie hingewiesen. Schließlich gilt es auf die konkreten Forschungsaktivitäten hinzuweisen, wie sie im Rahmen des Innovationspools in den Projekten MaDQuanT (Dynamik in Materialien für zukünftige Quantentechnologien) und FISCOV (Einsatz von großen Forschungsinfrastrukturen im Kampf gegen epidemische Ausbrüche am Beispiel von Covid-19) sowie im Rahmen des Impuls- und Vernetzungsfonds im Projekt CORAERO (Luftgetragene Übertragung des SARS-Coronavirus – von der Grundlagenforschung zu effizienten Luftreinigungssystemen) zentrumsübergreifend vorangetrieben werden.

*Verbessern Sie die Koordination zwischen Material- und Geräteforschung und Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen an den Großgeräten weiter.*

Im Topic „Materialien“ wird die Zusammenarbeit der an den Großgeräten beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler durch regelmäßige, zentrumsübergreifende und thematisch orientierte Workshops unter Beteiligung von Materialwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern sowie Geräteforschenden gefördert. Darüber hinaus ist der komplementäre Ausbau und die koordinierte Nutzung der Helmholtz-weiten Großgeräte und Forschungsinfrastrukturen für die Materialforschung eines der wichtigsten Ziele der Helmholtz-Materialforschungsstrategie, die im Jahr 2021 veröffentlicht wurde.

*Unterstützen Sie die Helmholtz-Mission sowie die Helmholtz-Wissenschaft weiter durch Bereitstellung neuer Messmöglichkeiten an Großgeräten für die Nutzerschaft.*

Das PETRA IV-Vorbereitungsprojekt hat im Jahr 2023 große Fortschritte gemacht. Alle wichtigen Betriebsparameter und Kostenschätzungen wurden mit den DESY-Ausschüssen erörtert, die die Implementierung von PETRA IV so bald wie möglich empfohlen haben. Insbesondere wurden die Planungen für die Bauarbeiten, den Beschleunigerkomplex und die Experimentierstationen im Projektvorschlag beschrieben. DESY und das PETRA IV-Projektteam sind nun bereit, das Paket bestehend aus dem Projektvorschlag (TDR) und dem externen Kostenüberprüfungsbericht bei den Geldgebern einzureichen. Zum Start des PETRA IV-Betriebs ab 2030 ist die Hierarchical Imaging and Serial Tomography Karlsruhe (HIKA) Beamline BL 18 des KIT als First Phase Beamline vorgesehen.

*Verfolgen Sie die herausragende, wissenschaftlich breit angelegte Life Science in dem Programm in der ersten Phase der Programmperiode wie vorgeschlagen, und stellen Sie dabei sicher, dass die wertvolle Kohärenz der biologischen Forschung während des PoF IV durch gemeinsame Abstimmungstreffen aufrechterhalten wird.*

Im Topic „Leben“ wird die Zusammenarbeit der an den Großgeräten beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler durch regelmäßige Abstimmung von Topic- mit Subtopic-Sprechern zentrumsübergreifend gefördert. Ein zentrumsübergreifender Workshop ist für das Folgejahr vorgesehen.

#### **A.2.3.4.4 Strategische Themen**

##### **Vernetzung**

Im Rahmen der Langzeit-Kooperation mit der University of Nevada Las Vegas (UNLV) und weiteren U.S. Institutionen konnten die graduate students Mary Blankenship (UNLV) und Rahel Daneshpour (Penn State) jeweils einen mehrwöchigen Forschungsaufenthalt am KIT durchführen. Zwischen KIT und UNLV existiert bereits seit Jahren eine enge Kooperation auf dem Gebiet der Forschung an energierelevanten Materialien, inklusive für die Photovoltaik, solares Wasserspalten und Katalyse.

Während längerer Forschungsaufenthalte entwickelten am KIT Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Promovierende und Postdocs neue Methoden und Experimentierstationen an weltweit führenden Photonen-Großgeräten in Hamburg, Grenoble und Berkeley.

##### **Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft**

In Zusammenarbeit mit dem KIT zeigte das Naturkundemuseum Stuttgart im Berichtsjahr die Ausstellung „Museum spezial – Die Anderen Wespen“, um der interessierten Öffentlichkeit die riesige Vielfalt der ca. 8.000 Wespenarten und deren Bedeutung für unser Ökosystem näher zu bringen. Im Mittelpunkt standen dabei u.a. eine neuentdeckte Wespenart und eine sehr ungewöhnliche „Geweihwespe“, die beide kürzlich gemeinsam mit den Röntgenmethoden des KIT in 3D analysiert und beschrieben wurden. In der Ausstellung wurden dazu auf Tomographiedaten basierende interaktive VR-Modelle und realistische, überlebensgroße Exponate präsentiert. Außerdem wurde in einem Film gezeigt, wie winzige schlüpfende *Trichogramma*-

Wespen aus ihren Wirten (Motteneiern) schlüpfen. Die Aufnahmen basieren auf den Einsatz einer vom KIT neu entwickelten, hoch dosiseffizienten Röntgenbildgebungstechnik.

### ***Drittmittleinwerbung***

Im Berichtsjahr konnten am KIT die BMBF Verbundprojekte KI-Morph und KI4D4E zum gezielten Einsatz von KI-Methoden für die morphologische Röntgenbildgebung und damit zur substantiellen Erhöhung des Beitrags in der Forschung an Großgeräten in den Material- und Lebenswissenschaften eingeworben werden. KI-Morph fokussiert sich auf KI für die 3D-Röntgenbildanalyse. Ziel des Vorhabens KI4D4E ist die Erstellung eines KI-basierten Software-Frameworks für die 4-dimensionale Computertomographie, also die Aufnahme und Analyse von ganzen tomografischen Bildserien zur Untersuchung technologischer Prozesse. Schwerpunkte sind u.a. die KI-basierte Reduktion der 4D-CT-Artefakte, die Registrierung und Visualisierung der massiven 4D-CT-Daten, sowie ihre KI-basierte qualitative und quantitative Analyse.

Daneben konnten in KIT-internen Wettbewerben die Projekte QUASY und die Lehraktivität „Beschleuniger und Synchrotronstrahlung für die Materialforschung“ eingeworben werden. Im Projekt QUASY wird eine universelle, kompakte und modulare Plattform entwickelt, die den Betrieb eines magnetischen Mikrokalorimeter-basierten Spektrometers an mehreren Strahlrohren der KIT Light Source erlaubt. Der Kompaktkurs „Beschleuniger und Synchrotronstrahlung für die Materialforschung“ schließt in der Lehre die Lücke zwischen Wissensvermittlung in Spezialvorlesungen und der Praxis an den Strahlrohren auf dem Stand der aktuellen Forschung.

### **A.2.3.4.5    *Senatsempfehlungen***

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts im Jahr 2023 zu eigen und beschließt ihn als seine Bewertung zum Programmfortschritt 2023. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für das Jahr 2023.

## **A.2.3.5    Programmanteil Matter and Technologies (MT)**

### **A.2.3.5.1    *Das Programm im Überblick***

#### ***Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich***

Die Mission des Programms „Materie und Technologien“ ist es, Technologien zu konzipieren und zu erforschen, um mit ihnen Wissenschaft voranzutreiben. Dies wird von den wissenschaftlichen Fragestellungen im Forschungsbereich „Materie“ angetrieben. Eine zentrale Rolle für MT spielt daher diese enge gegenseitige Wechselbeziehung zwischen den Forschungszielen, die in Materie und in den Programmen „Materie und das Universum (MU)“ und „Von Materie zu Materialien und Leben (MML)“ formuliert werden, und deren Einfluss auf Technologien und die Forschung an Technologie im Programm MT. Innovative Technologien ermöglichen es hier, neuartige Erkenntnisse über Materie zu gewinnen und Anwendungsfelder zu eröffnen.

In den drei Themenfeldern von MT, Beschleunigerforschung, Forschung an und mit Detektoren, Forschung zum wissenschaftlichen Rechnen, besteht der Anspruch, exzellente Forschung zu betreiben, die international führend ist, einen Beitrag zur technologischen Souveränität in Schlüsseltechnologien leistet, und entscheidend zur Beantwortung der übergreifenden Ziele und Fragestellungen beiträgt, die im Forschungsbereich und der Helmholtz-Gemeinschaft definiert wurden.

Konkrete Ziele umfassen die Entwicklung von Beschleunigertechnologien, die höchste Brillanz, Kompaktheit, Effizienz und Stabilität erreichen; die Erforschung der Physik der Strahlungsdetektion, die konkrete Detektortechnologien und -systeme ermöglicht sowie die Digitalisierung in allen wissenschaftlichen Bereichen im Forschungsbereich Materie umzusetzen und intelligent zu nutzen.

Das Programm *Materie und Technologien* des Forschungsbereichs *Materie* der Helmholtz-Gemeinschaft gliedert sich entlang zentraler Technologiefelder im Bereich *Materie* in die Themen *Beschleunigerforschung und -entwicklung* (*Accelerator Research and Development, ARD*), *Detektortechnologien und -systeme* (*Detector Technologies and Systems, DTS*) sowie *Datenmanagement und -analyse* (*Data Management and Analysis, DMA*). Die Themen untergliedern sich jeweils in zentrenübergreifend bearbeitete Subtopics.

Diese Themen sind für den Forschungsbereich Materie von zentraler Bedeutung. Das Programm entwickelt in diesen Bereichen neue Technologien, die den Forschungsbereich Materie in die Lage versetzen, Spitzenforschung zu betreiben. Für den Erfolg des Programms ist eine enge Zusammenarbeit mit den Programmen *Matter and the Universe* und *From Matter to Materials and Life* in *Materie* außerordentlich wichtig. Seit dem Beginn der PoF IV-Förderperiode am 01. Januar 2021 ist das Thema *Data Management and Analysis* (DMA) und die LK II-Einrichtung IDAF (*Interdisciplinary Data and Analysis Facility*) zum Portfolio hinzugekommen. Sprechende des Programmes Matter and Technologies sind Ties Behnke (DESY) und Anke-Susanne Müller (KIT).

Am Programm Materie und Technologien arbeiten die Helmholtz-Zentren DESY, FZJ, GSI (mit den Helmholtz-Instituten in Jena und Mainz), Hereon, HZB, HZDR und KIT zusammen.

## Programmstruktur

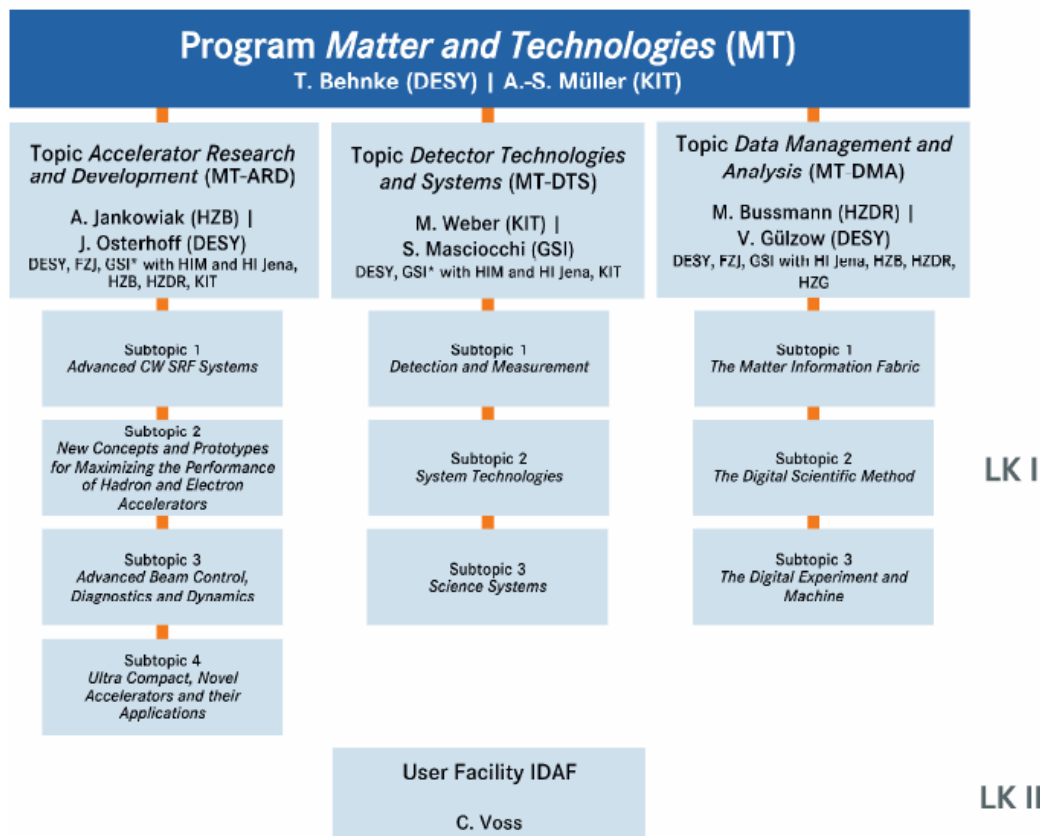


Abbildung 13: Das Programm Materie und Technologien mit Topics, Subtopics und assoziierter LK II Infrastruktur.

Am KIT werden im Programm Materie und Technologien folgende Themen bearbeitet.

Thema 1: Beschleunigerforschung und -entwicklung, ARD  
(Sprecher Prof. Dr. Andreas Jankowiak, HZB; Dr. Jens Osterhoff, DESY)

Im Programmenthema *Accelerator Research and Development* kooperieren sechs Helmholtz-Zentren und zwei Helmholtz-Institute. Zusammen mit ihren Partnern aus Universitäten, anderen Forschungseinrichtungen und der Industrie forschen sie an einem tieferen Verständnis der Beschleunigerwissenschaft und entwickeln neue Konzepte und Technologien – in Theorie, Simulationen und durch Experimente im Labor, an den ARD-Testanlagen und auch an den Großgeräten. Dabei werden einerseits die Grundlagen des Forschungsfelds erweitert und fundamental neue Möglichkeiten geschaffen, aber auch die Weiterentwicklung der beschleunigergestützten Großgeräte der Helmholtz-Gemeinschaft und die Leistungsfähigkeit der neu in Planung bzw. in der Realisierung befindlichen Anlagen in den Fokus genommen. Ein wesentlicher Punkt der Aktivitäten über alle Subtopics von ARD hinweg ist es dabei, die Effizienz von Beschleunigeranlagen zu steigern und Nachhaltigkeitsaspekte in allen Facetten zu berücksichtigen. ARD ist damit der Taktgeber für die grundlegende Beschleunigerwissenschaft, treibt bahnbrechende neue Ideen voran und spielt eine zentrale Rolle für den Erhalt der wissenschaftlichen Führungsrolle des Forschungsbereichs Materie bei der Erforschung der Struktur und Funktion von Materie, Materialien und biologischen Systemen. Die Forschung in ARD findet thematisch sortiert in den Subtopics *Advanced CW SRF Systems*, *New Concepts and*

*Prototypes for Maximizing the Performance of Hadron and Electron Accelerators, Advanced Beam Control, Diagnostics and Dynamics und Ultra Compact, Novel Accelerators and their Application* statt. In zunehmendem Maße gewinnen Methoden des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz Relevanz im Forschungsbereich, und insbesondere auch in ARD, in enger Kooperation mit DTS und DMA.

Thema 2: Detektortechnologien und -systeme, DTS  
(Sprecher/Sprecherin: Prof. Dr. Marc Weber, KIT; Prof. Dr. Sylvia Masciocchi, GSI)

Das Programmmthema *Detector Technology and Systems* beschäftigt sich mit der Neu- und Weiterentwicklung von Detektorentechnologien, wie Sensoren und Auslesesystemen, der Verarbeitung der Detektordaten sowie der Umsetzung in Prototypensysteme sowie der Auslese für die Forschung im Forschungsbereich und darüber hinaus. Enorme Fortschritte in den experimentellen Techniken sind notwendig, um die Möglichkeiten der großen Forschungsinfrastrukturen, an denen der Forschungsbereich führend beteiligt ist, die er betreibt und die sich in der Entwicklung befinden, auszunutzen. DTS entwickelt Technologien, die für Experimente in Materie und darüber hinaus wichtig sind. DTS ermöglicht den Zugang zu innovativen Technologien und treibt deren Anwendbarkeit in der Forschung voran. Eine zunehmend wichtige Rolle spielt dabei inzwischen auch, in Schlüsseltechnologien eine technologische Souveränität sicherzustellen, sodass Kernkompetenz und Infrastruktur in Materie direkt verfügbar sind. Diese Fortschritte können dann oft auch für andere Anwendungsbereiche, z.B. die Medizin, erschlossen werden. Neben der Technologieentwicklung spielt die Vernetzung, Abstimmung und Nutzung von Synergien der drei an DTS beteiligten Helmholtz-Zentren DESY, GSI und KIT, sowie der Helmholtz-Institute in Mainz und Jena eine große Rolle. DTS ist in die Subtopics *Detection and Measurement, System Technologies* und *Science Systems* unterteilt.

#### **A.2.3.5.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms**

##### **Zerstörungsfreie tomographische Bildgebung für die longitudinale 2D-Phasenraum-Verteilung von ultrarelativistischen Elektronenpaketen**

Die örtliche und zeitliche Verteilung von Ladung in einem Speicherring, die sogenannte Phasenraumverteilung, ist für das Verständnis der Systeme von größter Bedeutung. Die longitudinale Phasenraumverteilung bestimmt die gesamte Raum-Zeit-Evolution und beeinflusst grundlegende Leistungsmerkmale für den Speicherringbetrieb. Mit einem weltweit einzigartigen Messaufbau am Karlsruhe Research Accelerator (KARA), basierend auf „electro-optical spectral decoding“ für Turn-by-Turn-Nahfeldmessungen von Elektronenpaketprofilen bei MHz-Wiederholraten, wurde dieser 2D-Phasenraum aus Messungen rekonstruiert [1]. Aufgrund ultraschneller Diagnostik, die in Kooperation von ARD und DTS am KIT entwickelt wurde, und einem von DESY und PSI entwickelten fs-Lasersystem konnte der longitudinale Phasenraum tomografisch zum ersten Mal mit Mikrosekunden-Präzision gemessen werden. Die Tomogramme wurden fortlaufend alle 368 ns, also bei jedem Umlauf, im Strahlrohr des Speicherrings aufgezeichnet. Als Detektor wurde KALYPSO eingesetzt, eine am KIT entwickelte Streifenkamera mit Ausleseraten bis zu 10 Mframes/s und mit bis zu 1064 Pixeln Auflösung [2].

In den Messungen konnten die Mikrostrukturierung und die Dynamik der Phasenraumverteilung sehr detailliert beobachtet und die Ergebnisse durch Simulationen bestätigt werden. Die



Fähigkeit, diese Parameter sowohl präzise zu messen als auch zu simulieren, ist eine Voraussetzung zur Kontrolle ultrakurzer Ladungspakete. Dies ist eine Schlüsseltechnologie in der Entwicklung kompakter Beschleuniger mit geringerem Energiebedarf bzw. geringerem energetischem Fußabdruck.

- [1] Funkner, S., Niehues G., Nasse M. J., Bründermann, E., Caselle M., Kehrer, B., Rota, L., Schönfeldt, P., Schuh, M., Steffen, B., L. Steinmann, J. L., Weber, M., Müller, A.-S., "Revealing the dynamics of ultrarelativistic non-equilibrium many-electron systems with phase space tomography." *Scientific Reports* 13.1 (2023): 4618, doi: 10.1038/s41598-023-31196-5
- [2] Patil, M. M., "Development and integration of high throughput detector systems for photon-based diagnostics at Karlsruhe Research Accelerator", PhD thesis, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 2023, doi: 10.5445/IR/1000163059.

## **Supraleitende Hochtemperatur-Magnettechnologien für große energieeffiziente Beschleuniger**

Die Verwendung von Hochtemperatur-Supraleitern (HTS) im Bau von Beschleunigermagneten und Kabeln ermöglicht eine deutliche Erhöhung der Stromdichte im Vergleich zu Niedertemperatur-Supraleitern. Dies ermöglicht höhere Magnetfelder in kompakten Magnetsystemen und erhebliche Energieeinsparungen aufgrund höherer Betriebstemperaturen. Das KIT hat in Zusammenarbeit mit CERN kurzperiodische und hochfeldfähige HTS-Undulatorsolen entwickelt. Es wurden vertikale Rennbahnsolen und Solen für einen helikalen Undulator gebaut und Prototypen erfolgreich mit Feldern bis zu 2 T getestet [1].

- [1] S. C. Richter, et al., *IEEE Trans. Appl. Supercond.* 33, pp. 1–7 (2023), DOI: 10.1109/TASC.2023.3242625

## **KIT-Team in den Top-10 der am häufigsten heruntergeladenen Veröffentlichungen in der Fachzeitschrift „Physical Review Accelerators and Beams“**

Der Artikel von C. Xu et al. [1] und AI4Accelerators-Teamleiter A. Santamaria Garcia am KIT gehört zu den Top-10 der am häufigsten heruntergeladenen Artikel im Journal *Physical Review Accelerators and Beams* im Jahr 2023. Dies zeigt das große Interesse der nationalen und internationalen Beschleuniger-Community am Thema Bayes'sche Optimierung und Reinforcement Learning als Teil der Machine Learning Aktivitäten in ARD. Bayes'sche Optimierung kann die einfache Struktur eines Parameterraums mit nur wenigen Auswertungsschritten approximieren.

- [1] C. Xu, et al., *Phys. Rev. Accel. Beams* 26, 034601 (2023), DOI: 10.1103/PhysRevAccelBeams.26.034601

## **MT liefert Ausleselogik für das Herzstück des Belle II-Experiments am japanischen Forschungszentrum KEK**

Der Belle II-Pixeldetektor ist der erste vollständig in DePFET-Technologie (depleted P-channel Field Effect Transistor) hergestellte Detektor in der Hochenergiephysik. Die Detektormodule mit einer Größe von  $1,5 \times 8,5 \text{ cm}^2$  haben eine aktive Fläche mit  $250 \times 768$  DePFET-Pixeln mit einer Pixelgröße von  $50 \times 55 - 85 \mu\text{m}^2$  und bieten damit eine räumliche Auflösung von besser als  $15 \mu\text{m}$ . Direkt neben der sensitiven Fläche befinden sich sechs SWITCHER-ASICs, die für die Realisierung der Rolling-Shutter-Auslese des Moduls mit einer Integrationszeit von  $20 \mu\text{s}$  verantwortlich sind. MT-DTS-Forscher haben den Auslese-ASIC entwickelt, Testsysteme für die Detektormodule bereitgestellt und insgesamt etwa 350 Chips getestet [1,2]. Es wird erwartet, dass die DePFET-Pixel und alle ASICs sicher bis zum Ende der Lebensdauer von Belle-II strahlungstolerant sind. Das entspricht einer Strahlungstoleranz von etwa 200 kGy über einen Zeitraum von zehn Jahren.

- [1] G. Giakoustidis, ..., Peric I, ... et al. *Status of the BELLE II Pixel Detector.* "Proceedings of 10th International Workshop on Semiconductor Pixel Detectors for Particles and Imaging—PoS (Pixel2022), Ed.: G. Carini. 2023.
- [2] Mateos, H. *"Development of CMOS Sensors for Scientific and Industrial Applications"*, PhD thesis, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 2023.

## **Die Pioniere von Auslesesystemen für skalierbare Quantensysteme erhalten den Helmholtz Promotionspreis.**

Die beiden Pioniere von Auslese- und Kontrollsystemen für supraleitende Quantensysteme erhielten den Helmholtz-Promotionspreis für missionsorientierte Forschung in den Forschungsbereichen Materie und Information. Nick Karcher hat ein Auslesekonzept entwickelt, das es ermöglicht, die Anzahl der Sensoren auf Tausende dieser extrem empfindlichen Bauteile zu erhöhen, indem nur eine einzige Übertragungsleitung zum Kryostaten verwendet wird. Diese bahnbrechende Arbeit ist der Schlüssel für zukünftige Präzisionsexperimente mit großen Sensormatrizen [1,2]. Richard Gebauer entwickelte in seiner Doktorarbeit eine FPGA-basierte Steuerungsplattform namens „QiController“ für supraleitende Multi-Quadranten-Experimente im Bereich des Quantencomputers [3,4]. Diese Plattform ermöglichte diverse physikalische Experimente und markierte einen bedeutenden Schritt in Richtung eines universellen Quantencomputers und wurde nun als Open-Source veröffentlicht [5]. Zur Vertiefung der Forschung zum Auslesen von Quantensensoren und zur Qubit-Steuerung wurde das Entwicklungs- und Charakterisierungslabor für kryogene DAQ-Elektronik eingerichtet.

- [1] Karcher, N., *„Ausleseelektronik für magnetische Mikrokalorimeter im Frequenzmultiplexverfahren“*, PhD thesis, Karlsruhe Institute of Technology (KIT) (2022), doi: 10.5445/IR/1000148040.
- [2] Muscheid, T, Boebel, A., Karcher, N., Vanat, T., Ardila-Perez, L. E., Cheviakov, I., Schleicher, M., Zimmer, M., Balzer, M., Sander, O. *„DTS-100G—a versatile heterogeneous MPSoC board for cryogenic sensor read-out“* JINST 18.02 (2023) C02067.
- [3] Gebauer, R., *„A Flexible FPGA-based Control Platform for Superconducting Multi-Qubit Experiments“*, PhD thesis, Karlsruhe Institute of Technology (KIT) (2022), doi: 10.5445/IR/1000141695.
- [4] Gebauer, R., Karcher, N., Mehmed G., Sander, O., *„QiCells: A Modular RFSoc-based Approach to Interface Superconducting Quantum Bits“*, ACM Trans. Reconfig. Technol. Syst. 16,2 (2023), doi: 10.1145/3571820.
- [5] Scheller, L, Gebauer, R, et al., *„QiController library for qubit experiments“* (2023) doi 10.5281/zenodo.10118871.

### **A.2.3.5.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen**

Die „Forschungspolitischen Ziele des Forschungsbereichs Materie der Helmholtz-Gemeinschaft für die IV. Periode der programmorientierten Förderung“ des Zuwendungsgebers setzen den Rahmen der Forschungsprogramme und des Bereichs. Sie sind in einem Dokument gleichlautenden Titels beschrieben.

Die Empfehlungen des Senats der Helmholtz-Gemeinschaft knüpfen daran an. Der Senat unterstützt die Programmplanung des Forschungsbereichs Materie und gibt folgende spezifischen Empfehlungen auf Ebene des Forschungsprogramms in der LK I:

*Die starke Führungsposition der Helmholtz-Zentren im Bereich der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (FuE) von Teilchenbeschleunigern sollte nachdrücklich und voll unterstützt werden; das Programmthema ist entlang der vorgeschlagenen Meilensteine fortzusetzen.*

Die bis Ende 2023 erzielten wissenschaftlichen Ergebnisse der Forschung und Entwicklung im Topic ARD zu disruptiven Konzepten und neuen Technologien sowie zur Weiterentwicklung der Leistungsfähigkeit bestehender Teilchenbeschleuniger aller Größenordnungen zeigen

deutlich, dass diese Aktivitäten von den beteiligten Zentren und Instituten mit Nachdruck verfolgt werden. In allen Subtopics wurden große Fortschritte erzielt, die definierten Meilensteine bearbeitet und wichtige international sichtbare Ergebnisse erzielt. Die Verstärkung der Aktivitäten in Bezug auf Forschung und Entwicklung für energieeffiziente und nachhaltige Beschleunigertechnologien und -konzepte wird auch durch die zentrale Beteiligung von ARD-Partnern in erfolgreichen Anträgen zu Förderprogrammen der EU sichtbar. Wichtige Ziele auf dem Gebiet der Laserplasmabeschleuniger konnten realisiert werden. Mit dem erfolgreichen Abschluss des ATHENA-Projekts steht eine verteilte Infrastruktur innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft nun für die Forschungsaktivitäten von MT auf dem Gebiet der Laserplasmabeschleunigung zur Verfügung.

*Ein Meilenstein hinsichtlich energieeffizienter FuE soll aber für zukünftige technische Infrastrukturen und Beschleunigerprojekte hinzugefügt werden.*

Bereits im Jahr 2021 wurde in MT-ARD formal ein Meilenstein zur Forschung für energieeffiziente Beschleunigertechnologien und Konzepte in das Arbeitsprogramm integriert. Grundsätzlich wurde das Thema Energieverantwortung und Nachhaltigkeit in den Forschungsaktivitäten aller STs verankert und wird bei der Entwicklung neuer Konzepte und Technologien stets mitgedacht.

Das Innovationspool-Projekt InnovEEA zu energieeffizienten Technologien und Konzepten im Bereich Kryo-, Hochfrequenz- und Magnettechnik, aber auch zu Lastmanagement unter Verwendung von KI, bündelt die Arbeiten über die beteiligten Zentren hinweg. Im Jahr 2023 konnte erfolgreich das EU-Projekt „Research Facility 2.0: Towards a more energy-efficient and sustainable path“ im Rahmen von Horizon-Infra eingeworben werden. Das Projekt wird vom KIT koordiniert. Die 2022 eingeweihte Infrastruktur KITTEN, das KIT-Testfeld für Energieeffizienz und Netzstabilität spielt hier eine zentrale Rolle. KITTEN ist eine gemeinsame Infrastruktur mit dem Forschungsbereich Energie zur Optimierung des energetischen Fußabdrucks von Forschungsinfrastrukturen.

*Nachhaltige Karrierestrategien in dem Programm, die auch die Verfügbarkeit von Schlüsseltechnologien (zum Beispiel von ASIC-Ingenieuren) garantieren, sind sicherzustellen.*

In allen an MT beteiligten Zentren werden Strategien entwickelt, um eine nachhaltige Personalentwicklung, insbesondere auch im Bereich von Schlüsseltechnologien, sicherzustellen. Auf der Programmebene bietet MT dem wissenschaftlichen Nachwuchs in der Physik und in den Ingenieurwissenschaften eine Plattform zum Austausch und zur Vernetzung mit Personen aus anderen Helmholtz-Zentren. Dazu trägt auch der jährlich stattfindende MT Student Retreat bei, bei dem sich Wissenschaftlerinnen, Wissenschaftler sowie wissenschaftsnahe Ingenieurinnen und Ingenieure aus den naturwissenschaftlichen Fächern treffen, ihre Projekte diskutieren und Erfahrungen austauschen. Das Programm MT trägt außerdem dazu bei, die Technologieforschung sichtbarer und damit für den wissenschaftlichen Nachwuchs attraktiver zu machen. Im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft Talentmanagement ist unter Beteiligung von MT ein Vorschlag für *Materie* erarbeitet worden, die Wahrnehmung von technischen Berufen im Forschungsbereich zu stärken.

#### **A.2.3.5.4 Strategische Themen**

##### ***Talentmanagement***

An allen an MT beteiligten Zentren gibt es organisierte Strukturen und Maßnahmen, um die Karriere von jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu unterstützen. Eine besondere Rolle spielen dabei die Graduiertenschulen KSOP und KSETA. Das Programm Materie und Technologien spielt eine entscheidende Rolle zur Erhöhung der Sichtbarkeit der Forschung in den Bereichen Beschleuniger-, Detektor- und Computingtechnologien gerade auch für Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler. Zusätzliche MT-spezifische Aktivitäten finden beim MT-Jahrestreffen und dem im Anschluss stattfindenden von Studierenden organisierten MT Student Retreat (2023 mit mehr als 25 Studierenden, Promovierenden und jungen PostDocs) statt, so z.B. Beratungen und Vorträge zur Karriereentwicklung, Möglichkeiten zur Vernetzung und zur Präsentation von Forschungsergebnissen.

Neben dem Jahrestreffen, das dieses Mal am KIT stattfand, wurden zahlreiche weitere Workshops und Schulen von und mit MT organisiert. Folgende Aktivitäten aus dem Berichtsjahr sind besonders hervorzuheben:

- 1<sup>st</sup> Collaboration Workshop on Reinforcement Learning for Autonomous Accelerators (RL4AA'23) mit mehr als 30 Teilnehmenden am KIT. Der RL4AA'23 Workshop war zudem der Start für die „Reinforcement Learning for Autonomous Accelerators Collaboration“ (RL4AA), die Forschende vernetzen, wertvolle Ressourcen bündeln und als Keimzelle für neue Ideen und Projekte in diesem Gebiet dienen soll.
- Vom 17.-19.4.2023 wurde die Jahrestagung der Studiengruppe elektronische Instrumentierung (SEI) am KIT mit ca. 50 Teilnehmenden ausgerichtet.
- Im Rahmen von MT-ARD wurde der ST3 Workshop in Dresden (5.7.-7.7.2023) mit 68 Teilnehmenden von KIT und DESY organisiert. Verbunden mit diesem Workshop waren zwei weitere Workshops zu „Open Source Firmware & ChimeraTK“ und zu „UED (Ultrafast Electron Diffraction)“.
- KCETA 12th Workshop on Longitudinal Electron Bunch Diagnostics mit 39 Teilnehmenden am KIT.

Die Arbeit im Rahmen von MT wird regelmäßig auch mit prestigeträchtigen Auszeichnungen und Preisen honoriert. Beispielhaft möchten wir aus dem Berichtsjahr nennen:

- Der Helmholtz-Promotionspreis für missionsorientierte Forschung im Forschungsbereich Materie ist an Nick Karcher verliehen worden. Tieftemperatursensoren wie das Magnetische Mikrokalorimeter erreichen eine um Größenordnungen bessere Energieauflösung als Halbleiterdetektoren, sind schnell und in großer Zahl auf einem Chip integrierbar. Um sie für Experimente oder Messsysteme nutzbar zu machen und bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt auszulesen, bedarf es einer intelligenten Auslesemethode, wie sie von Nick Karcher während seiner Promotion am KIT entwickelt wurde.
- Die Otto Haxel-Auszeichnung für die beste Dissertation im Fach Physik im Jahr 2020 am KIT wurde 2023 an Miriam Brosi für ihre Dissertation „In-Depth Analysis of the Micro-Bunching Characteristics in Single and Multi-Bunch Operation at KARA“ verliehen.

Die Strahlkraft von MT nach außen wurde auch im Berichtsjahr wieder durch die erfolgreiche Rekrutierung exzellenter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie die Berufung in zentrale Gremien sowie auf prestigeträchtige Stellen sichtbar. Beispiele dafür sind:

- Die Professur für „Laserbasierte Teilchenbeschleuniger“ am KIT wurde mit Prof. Dr. Matthias Fuchs besetzt. Matthias Fuchs wechselte von der University of Nebraska-Lincoln ans Institut für Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT) und wird das Forschungsfeld der Laser-Plasmabeschleunigung ausbauen.
- Dr. Erik Bründermann wurde zum Vorsitzenden des Komitees für Beschleunigerphysik (KfB) und zum Stellvertretenden Vorsitzenden des Overview Board (OB) von DIG-UM (Digital transformation in the research on universe and matter) gewählt.
- Prof. Dr. Frank Simon ist in den BMBF-Gutachterausschuss „Teilchen“ 2024-2027 berufen worden.
- Prof. Dr. Anke-Susanne Müller wurde in Arbeitsgruppe 14 „Accelerator Science“ der International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) aufgenommen.

## **Vernetzung**

Das Programm Materie und Technologien trägt entscheidend zur Vernetzung der an MT beteiligten Zentren, aber auch darüber hinaus, bei. Ein wichtiges Element hierfür sind die oben bereits erwähnten MT-Jahrestreffen und MT Student Retreats. Das MT-Jahrestreffen 2023 am KIT war mit knapp 200 Teilnehmenden gut besucht. Neben Vorträgen von hochkarätigen externen Sprecherinnen und Sprechern gab es die Möglichkeit zum MT-internen Austausch.

Zwischen den Zentren haben neben den normalen Aktivitäten im Rahmen des MT-Programms die MT-geführten Innovationspool-Projekte der zweiten Runde (ACCLAIM, TANGERINE, InnovEEA) weitere Vernetzungsimpulse geliefert. Im Projekt InnovEEA werden Möglichkeiten für energieeffiziente Beschleuniger untersucht. Bei ACCLAIM geht es um den Einsatz von künstlicher Intelligenz bei dem Betrieb von Beschleunigerinfrastrukturen. Im TANGERINE-Projekt werden neue Technologien für Silizium-Pixel-Detektoren entwickelt. Der Stand der Projekte wird ausführlicher im Koordinatorenbericht und im Kapitel „Strategische Initiativen“ dargestellt.

Die an MT teilnehmenden Zentren sind darüber hinaus in einer Vielzahl von Kooperationen und Projekten national und international vernetzt. In den nächsten Abschnitten finden sich einige besonders wichtige Aktivitäten des Jahres 2023:

Das Projekt ROCK-IT (DESY, HZB, HZDR und KIT) mit dem Ziel komplexe In-Situ- und Operando-Experimente an Synchrotrons zu automatisieren und per „remote access“ zur Verfügung zu stellen, fördert nicht nur die Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Zentren und Forschungsbereichen (Materie, Energie, Information), sondern erhöht auch die Sichtbarkeit im Bereich der Digitalisierung auf nationaler und internationaler Ebene, z.B. mit NFDI (Nationale Forschungsdateninfrastruktur) und DAPHNE.

MT-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler sind aktiv an der Gestaltung der ECFA-Detektor-Roadmap für die Teilchenphysik beteiligt. In den jetzt sich gründenden R&D Kollaborationen entsteht eine einzigartige weltweite Vernetzung von Technologieexperten in den beteiligten Arbeitsfeldern.

KIT, DESY und HZB konnten gemeinsam mit anderen Partnern 2023 erfolgreich das EU-Projekt „Research Facility 2.0: Towards a more energy-efficient and sustainable path“ einwerben, wodurch die Vernetzung und Sichtbarkeit der Forschung im Bereich Energieeffizienz von Forschungsinfrastrukturen auf EU-Ebene verstärkt wird.

## ***Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft***

Für das Programm MT sind Technologie- und Wissenstransfer sowohl in Wirtschaft als auch in Gesellschaft ein integraler Bestandteil des Programmkonzepts. Beispiele für Transferaktivitäten aus dem Berichtsjahr sind:

Der Tag der offenen Tür am 17. Juni 2023 am KIT mit ca. 25.000 Besucherinnen und Besuchern stand ganz im Zeichen der Großforschung. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Programms MT haben mit Experimenten und Führungen Detektor- und Elektronikentwicklung, supraleitende Quantensensoren und die Beschleunigertestanlagen KARA und FLUTE präsentiert. Besonderes Interesse haben unsere Technologietransferprojekte, wie die Brustkrebserkennung mit Ultraschalltomographie, geweckt.

Im Technologietransferprojekt Ultraschalltomographie (USCT) mit einem chinesischen Investor wurde ein wichtiges Teilziel mit der parallelen Inbetriebnahme an beiden Standorten, am KIT und in Hangzhou/China, erreicht. Die ersten Aufnahmen mit dem neuen System waren vielversprechend. Die Weiterentwicklung der USCT-Technologie wird im EU-Projekt QUSTom im Rahmen des HORIZON-EIC-2021-PATHFINDER mit Partnern in Barcelona, Spanien und London, UK, mit einer Gesamtsumme von knapp 3 MEUR gefördert. Im Rahmen dieses Projekts wurde ein Ultraschall-Computertomographie-Gerät (USCT) für eine bevorstehenden Machbarkeitsstudie im VHIR-Krankenhaus in Barcelona optimiert und getestet. Parallel dazu wurden technologische Weiterentwicklungen betrieben: Erste Aufnahmen mit neuartigen Einzelfaser-Wandlern wurden aufgenommen, Rekonstruktion auf Deep Learning Methoden basierenden Rekonstruktionsalgorithmen wurden durchgeführt und die Bildregistrierung für die multimodale Diagnose wurde weiterentwickelt. Letztere verbessert die Vergleichbarkeit von USCT-Aufnahmen mit anderen Methoden und wird durch maschinelles Lernen erheblich beschleunigt. Um USCT einer breiteren Öffentlichkeit vorzustellen, wurde eine Sonderausgabe von Medical Physics herausgegeben und ein Übersichtsartikel veröffentlicht.

Eine in langjähriger Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Bilfinger Noell am KIT entwickelte Technologie der Supraleitenden Insertion Devices ist auf dem Markt verfügbar und nachgefragt. KIT hat den Industriepartner im Design und dem Test der Insertion Devices an den Magnetestständen der Test Facilities KARA unterstützt, um die Technologie zur Marktreife zu führen, und beteiligt sich noch immer an der Qualitätssicherung. Nachdem 2022 die ersten IDs für Strahlrohren an internationalen Synchrotrons an der Australian Light Source und NSLS-II in den USA in Betrieb gegangen sind, wurden weitere Aufträge für ANSTO und die Diamond Light Source (UK) erteilt.

Das seit 2021 laufende LEAPS-INNOV-Projekt, in dem die Technologieentwicklung der LEAPS-Infrastrukturen weitergetrieben wird, wurde erfolgreich zwischenevaluiert und insbesondere für die gelungene Zusammenarbeit mit der Industrie gelobt.

## ***Drittmittelinwerbung***

Die starke Relevanz von MT-Forschung wird auch in der erfolgreichen Einwerbung von Drittmitteln deutlich. Eine Auswahl neu eingeworbener Projekte aus dem Berichtsjahr ist:

- KIT, DESY und HZB konnten gemeinsam mit anderen europäischen Partnern 2023 erfolgreich das EU-Projekt Research Facility 2.0: Towards a more energy-efficient and sustainable path ca 5 Mio. Euro, davon ungefähr die Hälfte für die MT-Zentren, einwerben. Im Zentrum des Projekts steht die Nachhaltigkeit großer Forschungsinfrastrukturen.

- Im Rahmen des ab 2024 geförderten deutsch-französischen ANR-DFG-Projektes CALO5D beteiligen sich KIT und DESY zusammen mit der Universität Mainz und den französischen Laboren IJCLab und LLR an der Weiterentwicklung von hochgranularen Kalorimetern für zukünftige Experimente. Ziel des Projektes ist es, detaillierte Informationen über Partikelschauer, die von bildgebenden Kalorimetern (CALO) geliefert werden, mit präzisen Zeitinformationen auf Zellebene sowie Raum- und Energie (5D) zu kombinieren.

## ***Forschungsinfrastrukturen***

Zusätzlich zu den LK II Forschungsinfrastrukturen sind für das Programm MT einige Infrastrukturen von zentraler Bedeutung für die Forschungsaktivitäten, auch wenn sie nicht unter die LK II-Systematik fallen. Als zentrale LK I-Infrastrukturen ist aus KIT-Sicht in MT insbesondere die Accelerator Technology Plattform (ATP) und das im Aufbau befindliche Produktions- und Entwicklungszentrum für hochauflösende supraleitende Sensoren (HSS) zu nennen. Bei beiden Einrichtungen sind signifikante Weiterentwicklungen im Berichtsjahr zu erwähnen:

Mit einem Kick-Off wurde der Bau des cSTART-Speicherrings gestartet. In Zusammenarbeit mit einem Industriepartner wird in den nächsten Jahren ein kompakter Speicherring installiert werden, der für ultra-kurze Elektronenpakete (engl. Bunches) mit hoher Energiebandbreite ausgelegt ist. Als Injektoren werden der Linearbeschleuniger FLUTE und Laser-Plasma-Beschleuniger genutzt. Für die Forschenden der Accelerator Technology Plattform am KIT (ATP) und deren Partner aus Wissenschaft und Industrie wird eine einzigartige Beschleuniger-Testanlage mit ultra-kurzen Elektrodenpaketen im Nicht-Gleichgewichtszustand zur Verfügung stehen.

Am KIT entsteht mit dem Produktions- und Entwicklungszentrum für hochauflösende supraleitende Sensoren (HSS) eine weltweit einzigartige Forschungsinfrastruktur für kryogene Quantensensoren. Bereits in der Aufbauphase bewähren sich die mikromechanischen Fertigungsmethoden auch über das Gebiet der Quantensensoren hinaus. So sind Strukturen für einen KATRIN-Detektor und das KARA-Forschungssynchrotron produziert worden. Eine Zusammenarbeit zur Produktion von supraleitenden Qubits für das Quantencomputing wird diskutiert

### ***A.2.3.5.5 Senatsempfehlungen***

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts im Jahr 2023 zu eigen und beschließt ihn als seine Bewertung zum Programmfortschritt 2023. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für das Jahr 2023.

### **A.2.3.6 Nationale und Internationale Wissenschaftsinfrastruktur (Großgeräte der Leistungskategorie II)**

#### **Forschungsinfrastruktur GridKa**

Im Berichtszeitraum wurden Rechen- und Speicherdienste von GridKa für die verschiedenen Experimente reibungslos bereitgestellt. Alle technischen Entwicklungen werden in enger Abstimmung mit dem GridKa Overview Board durchgeführt. Die Batchfarm wurde hinsichtlich der Sicherheitssoftware aufgerüstet, um die veralteten X.509-Zugangsmechanismen durch moderne Token-basierte Authentifizierungs-/Autorisierungsverfahren zu ersetzen. Aufgrund absehbar höherer Energiekosten pro kWh für 2023 wurde im November 2022 im GridKa Overview Board diskutiert und beschlossen, mehr energieverbrauchende Rechenknoten für das Jahr 2023 abzuschalten, um im Rahmen des Budgets zu bleiben – dies hatte keinerlei Einfluss auf die Erfüllung der Zusagen von GridKa-Ressourcen an die internationale Nutzergemeinschaft. Gegen Ende des Jahres wurde die Beschaffung einiger ARM-basierter Rechenknoten eingeleitet, die eine ~20 % höhere Rechenleistung pro Watt bieten werden.

Im bandbasierten Offline-Speichersystem dominierten die Migrationsaktivitäten von TSM auf die HPSS-Technologie das Jahr 2023. Nach CMS und LHCb im Jahr 2022 ist auch ATLAS fertig, und die ALICE-Daten werden jetzt migriert. Der neue Flash-basierte Puffer vor dem Tape-System wurde in Betrieb genommen und hat die Gesamtleistung deutlich erhöht.

Das Volumen der Daten, die von und zu GridKa an andere Zentren übertragen werden, ist auf einem sehr hohen Niveau geblieben. Die gemeinsame Entwicklung der COBaID/TARDIS-Software für opportunistisches Rechnen wurde erfolgreich fortgesetzt. Darüber hinaus wird die enge Zusammenarbeit mit dem Helmholtz-Programm "Engineering Digital Futures" (EDF) im Forschungsbereich Information bei der Entwicklung von COBaID/TARDIS, europäischen Projekten im Rahmen der European Open Science Cloud (EOSC), im Rahmen der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) sowie im Rahmen von ErUM-Data und verwandten Entwicklungsprojekten erfolgreich fortgesetzt. COBaID/TARDIS wurde für den Aufbau der föderierten Rechen- und Dateninfrastruktur in PUNCH4NFDI verwendet.

#### **Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen**

Der Senat der Helmholtz-Gemeinschaft spricht die folgende konkrete Empfehlung aus:

*Der Senat stimmt mit den sehr positiven Begutachtungsergebnissen der LK II Forschungsinfrastruktur Tier-1-Rechen- und Datenzentrum GridKA überein und bestätigt deren Finanzierung entsprechend der auf eine Steigerung von 2 % angepassten Vollkostenplanung.*

GridKa LK II ist für diese Empfehlung sehr dankbar, da sie eine wichtige Grundlage für den Betrieb der GridKa-Rechen- und Datenressourcen für den LHC Run3 sowie für die HL-LHC-Phase für die internationale Nutzendengemeinschaft darstellt. Allerdings haben die Preissteigerungen, insbesondere für Strom im Jahr 2023, gezeigt, dass die 2 %ige Erhöhung nicht ausreichen wird. Außerdem wird die Umstellung auf mehr grüne Energie die Preise pro kWh weiter erhöhen. Daher werden im Rahmen von GridKa mehrere Maßnahmen ergriffen, um die zukünftigen Ressourcenzusagen zu erfüllen und gleichzeitig energieeffizienter zu werden, weniger Energie zu verbrauchen und potenziell lokal erzeugte Energie aus erneuerbaren Quellen zu nutzen.



## A.2.3.7 Strategische Initiativen

### A.2.3.7.1 Innovationspools

#### Accelerating Science with Artificial Intelligence and Machine Learning (ACCLAIM)

Das KIT befasst sich im Projekt ACCLAIM mit Techniken der künstlichen Intelligenz (KI) sowie des maschinellen Lernens (ML), um Herausforderungen der effizienten Verarbeitung und Auswertung von großen Datenmengen in den Bereichen Photonenwissenschaft, Teilchenphysik sowie Beschleunigerforschung zu meistern. Durch Einsatz von KI sollen der autonome Betrieb und die Kontrolle von Beschleunigern ermöglicht werden, durch Anomalieerkennung und vorausschauende Wartung wird der laufende Betrieb optimiert.

Am IBPT wurde für den Karlsruhe Research Accelerator (KARA) ein Algorithmus zur Erkennung von Anomalien der Strahlpositions-Monitore (engl. beam position monitors/BPMs) entwickelt, der auf einem neuronalen Autocodierer-Netzwerk basiert [1]. BPMs messen entlang des Strahlgangs den Ladungsschwerpunkt des Teilchenstrahls und werden unter anderem zur Detektion von Strahlstörungen und Korrektur der Strahllage verwendet. Die Anomalie-Erkennung konnte erfolgreich an KARA implementiert werden.

Durch das IPE wurde hierzu die FPGA-Plattform KINGFISHER für „Reinforced Learning for Accelerator Control“ in Betrieb genommen. Es konnte gezeigt werden, dass erstens die Latenzen der geschlossenen Regelstrecke mit Sensor, Aktor und Regler ausreichend sind, und zweitens der Reinforcement Learning Controller allein durch Interaktion mit der Regelstrecke in der Lage ist, die Eigenschaften des Elektronenstrahls gezielt zu beeinflussen.

Insgesamt trugen vier Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Institut IBPT zu dem Projekt bei. 2023 wurden im Innovationspool Arbeiten von 0,4 FTE vom BMBF gefördert und 0,8 FTE aus Eigenmitteln des Zentrums erbracht.

[1] S. Koetter et al., „Online fit of an analytical response matrix model for orbit correction and optical function measurement“, in *Proc. IPAC'23, Venice, Italy, May 2023*, pp. 4475-4478. doi:10.18429/JACoW-IPAC2023-THPL025

#### Innovation pool project for Energy Efficient Accelerators (InnovEEA)

Die Aktivitäten im Innovations-Pool-Projekt InnovEEA konzentrieren sich auf energieeffiziente und nachhaltige Teilchenbeschleuniger mit Fokus auf Komponenten mit hohem Energieverbrauch in der Kryotechnik, supraleitender Hochfrequenztechnik und Magnettechnologie sowie flexiblem Lastmanagement.

Der Bau des Compact Accelerator Systems Test Stand (COMPASS) am IBPT wurde fortgesetzt. Diese neue Forschungsinfrastruktur wird die Entwicklung der kryogenen Gemischkältetechnologie bis hin zur Kommerzialisierung ermöglichen, um deren Potential zur Reduzierung des Energiebedarfs autarker Magnetkryostate um bis zu 50 % auszuschöpfen. Das elektrische Modell des KARA-Beschleunigers wurde am IBPT in Zusammenarbeit mit dem ITEP in eine digitale Echtzeitsimulationsumgebung implementiert und erste elektrische Analysen durchgeführt. Sobald das Modell mit historischen Daten validiert ist, wird es an die Kommunikationsinfrastruktur zwischen KARA und Energy Lab 2.0 angeschlossen und der KARA-Stromverbrauch wird direkt in die Echtzeitsimulation implementiert. Besonderes Augenmerk wird auf die Auswirkungen variabler Energiequellen gelegt.

Insgesamt trugen zwei Forschende des IBPT zu dem Projekt bei. In Summe wurden 2023 im Innovationspool Arbeiten von 0,7 FTE vom BMBF (27 % des Budgets) gefördert und 1,1 FTE aus Eigenmitteln des Zentrums (73 % des Budgets) erbracht.

## **Towards next Generation Silicon Detectors (Tangerine)**

Das KIT evaluiert im Projekt Tangerine neue Halbleitertechnologien und Konzepte für zukünftige Teilchendetektoren zur signifikanten Verbesserung der zeitlichen und räumlichen Auflösung. Low-Gain Avalanche Diodes (LGADs) gelten aktuell durch ihre hervorragende Zeitauflösung bei gleichzeitig hoher Strahlenhärte als vielversprechender Kandidat für das 4D-Tracking. Im Rahmen des Tangerine-Projekts wurden mehrere Versionen von LGAD-Sensoren entwickelt. Die Teststrukturen sind optimiert für eine hohe räumliche Auflösung bei einer zeitlichen Auflösung von bis zu 30 ps. Ein Vertrag zwischen dem KIT und der Fondazione Bruno Kessler (FBK) zur Produktion dünner LGAD-Sensoren wurde geschlossen und ein erster Engineering-Run ist für das Jahr 2024 geplant.

Single-Event Effects (SEEs) sind eine der Hauptursachen für das Versagen elektronischer Baugruppen beim Einsatz in Umgebungen mit hoher Strahlungsbelastung, wie sie im Weltraum oder bei Teilchenbeschleunigern auftreten. Die Silicon-On-Insulator (SOI)-Technologie bietet hier eine Lösung. Die dünne aktive Siliziumschicht wird durch eine dicke Oxidschicht vom Trägermaterial isoliert und so wird statistisch die Fehlerwahrscheinlichkeit reduziert. Transistoren, die in dieser Fully Depleted Silicon-On-Insulator (FDSOI)-Technologie produziert werden, weisen daher eine inhärente Resistenz gegen ionisierende Strahlung auf. Am KIT entwickelte Teststrukturen in FDSOI mit 22 nm Strukturgröße wurde in Zusammenarbeit mit der Mikroelektronikgruppe des CERN charakterisiert [1].

Weitere Arbeiten evaluierten den Einsatz von KI-Algorithmen im Frontend von zukünftigen Detektorsystemen. Am KIT wurde eine Methodik konzipiert, die kompatibel mit den etablierten Entwurfswerkzeugen für anwendungsspezifische integrierte Elektronik, den sogenannten ASICs, ist. Der Ansatz umfasst die Synthese, das Routing und die Integration von Algorithmen für Deep Neural Networks in aktuelle CMOS-Technologien. Der komplette Design-Workflow umfasst Catapult (Siemens), Genus (Cadence) und Innovus (Cadence) für den Einsatz dieser neuronalen Netze.

Insgesamt trugen drei Forschende im IPE zu dem Projekt bei. In Summe wurden 2023 Arbeiten im Umfang von 0,25 FTE aus dem Innovationspool gefördert und 0,4 FTE aus Eigenmitteln des Zentrums erbracht.

[1] G. Terzo et al., *Characteristics and Ultra-High Total Ionizing Dose Response of 22 nm Fully Depleted Silicon-on-Insulator*, submitted to JINST

## **Data Reduction for Photon and Neutron Science (Data-X)**

Das übergeordnete Ziel dieses Projekts ist es, signifikante Fortschritte beim Management und der Analyse der Datenflut in der modernen Photonen- und Neutronenforschung an den Großgeräten zu erzielen, indem die Kompetenzen mehrerer Helmholtz-Zentren in den drei synergetischen Schwerpunktbereichen der Auswahl, Vorverarbeitung und Reduktion von Daten gebündelt werden. Das Projekt wird auf diese Weise die Verbindung und Interaktion zwischen Helmholtz-Zentren und Forschungsbereichen in diesem kritischen Bereich der Digitalisierung fördern.

Das KIT arbeitete an der Automatisierung der DAQ-Pipelines. Um Hochdurchsatz- und Hochgeschwindigkeits-Tomographie-Experimente zu ermöglichen, wurde ein Linux-Treiber für die schnelle Kamera Phantom H2640 von VisionResearch implementiert und in das Steuerungssystem integriert. Außerdem wurde das Steuerungssystem neu implementiert, um den hohen Datendurchsatz der Experimente zu ermöglichen. Es verwendet ein dezentrales Schema, bei

dem die Kamera Daten an mehrere Endpunkte streamt, die für verschiedene Aufgaben zuständig sind. Diese Streams erfolgen über dedizierte Netzwerkverbindungen, so dass jeder Endpunkt die Daten mit der gleichen Geschwindigkeit abrufen kann. Die Verbraucher kümmern sich separat um die Bildvorschau, das Schreiben auf die Festplatte einschließlich der Metadaten und die Online-3D-Rekonstruktion. Derzeit können 2016 x 2016 x 200 Schichten ohne Verzögerung online rekonstruiert werden, d.h. nach Eintreffen der letzten Projektion wird diese dem teilweise rekonstruierten 3D-Volumen hinzugefügt, das dann sofort für die Vorschau zur Verfügung steht, was für die Überwachung des Fortschritts des Experiments sehr wertvoll ist.

Für die Realisierung von Triggersystemen wurde eine modulare Reihe von Hochleistungs-FPGA-Boards mit leistungsfähigen programmierbaren Elektronikbausteinen entwickelt. Die Serenity-Familie verwendet den AdvancedTCA-Standard und bietet bis zu 120 digitale optische Verbindungen, während das DTS-100G-Board mit experimentenspezifischen Rückseitenmodulen für analoge Elektronik im kompakten MicroTCA-Kistenformat kombiniert werden kann.

Insgesamt trugen vier Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an den Instituten IPE und IPS zu dem Projekt bei. In Summe wurden 2023 Arbeiten im Umfang von 0,77 FTE aus dem Innovationspool gefördert und 0,76 FTE aus Eigenmitteln des Zentrums erbracht.

## **ADC-MAPP**

Zur strategischen Weiterentwicklung der Verbundaktivitäten im Forschungsprogramm und im Forschungsbereich werden derzeit drei innovative Projekte im Programm MU durch den sogenannten Innovationspool gefördert: „LUXE-QED - LUXE-Quantum-computing and advanced Experimental Detectors“ – (DESY, HZDR, GSI (HI Jena)); „ADC-MAPP - Analysis and Data Centre for Multi-Messenger Astro-particle Physics“ – (KIT, DESY); „VQCS - Variational Quantum Computer Simulations for complex quantum systems and optimization problems“ – (DESY).

Das Ziel von ADC-MAPP ist es, die bestehenden Ansätze wie das KASCADE Cosmic-ray Data Center (KCDC), das Alert Management, Photometry and Evaluation of Lightcurves (AMPEL) oder das Analysewerkzeug Gammapy zu einem kohärenten Konzept einer Nutzereinrichtung zu erweitern. Darüber hinaus wird im Rahmen von ADC-MAPP die Anwendung von künstlicher Intelligenz und Deep Learning zur Optimierung der Datenverarbeitung und Datenanalyse vorangetrieben. Die Aktivitäten dienen der Digitalisierung dieses datenintensiven Forschungsfeldes und konzentrieren sich auf spezifische Aufgaben des Forschungsdatenmanagements, Big-Data- und Multi-Messenger-Analysen, Dienstleistungen für eine breite Nutzergemeinschaft sowie Netzwerke und Training. Im Jahr 2023 gab es weitere Fortschritte bei der Beschleunigung von Luftschauer-Simulationen durch Deep-Learning-Methoden unter Verwendung eines sequenziellen Modells zur Erzeugung von kosmischen Strahlungsschauern. Außerdem wurde die Anwendung von Graph Neural Networks zur Bestimmung der Elementarzusammensetzung der kosmischen Strahlung im PeV- bis EeV-Energiebereich aus den IceCube/IceTop-Daten vorgestellt [1]. ADC-MAPP entwickelt Verfahren und Werkzeuge für das FAIR-Datenmanagement für Astropartikel-Teleskope, um langfristig gesammelte Daten effizient zu nutzen. VERITAS- und H.E.S.S.-Datenarchive, die alle verfügbaren Beobachtungen der beiden Instrumente enthalten, werden in einem offenen und standardisierten Format erstellt, das mit Gammapy kompatibel ist, um einen breiteren Zugang zu ermöglichen. ADC-MAPP legt den Schwerpunkt auf die Aufbereitung von Archiven für die Veröffentlichung, um eine dauerhafte Verfügbarkeit für die wissenschaftliche Gemeinschaft zu gewährleisten. Die

zweite wichtige Aktivität ist die Entwicklung einer einheitlichen Strategie für die Generierung von Meldungen zu Transient-Ereignissen, für Teleskope wie ZTF, Vera Rubin, IceCube und CTA sowie die Entwicklung des offenen AMPEL-Softwareprojekts, das diese Instrumente miteinander verbindet. Dieser Ansatz fördert die Zusammenarbeit und die Datenintegration und bringt die Erforschung von Astroteilchenphänomenen mit mehreren Botenteilchen voran. Die Arbeitsgruppen in ADC-MAPP arbeiten eng mit anderen Initiativen wie NFDI (PUNCH4NFDI), ErUM-Data oder EOSC auf dem Gebiet der Digitalisierung der Astroteilchenphysik, des Forschungsdatenmanagements und der nachhaltigen Veröffentlichung wissenschaftlicher Daten zusammen.

Am Projekt haben im Jahr 2023 acht Forscherinnen und Forscher des KIT gearbeitet, mit insgesamt 3,71 FTE. Davon wurden 1,34 FTE aus Mitteln des Innovationspools direkt finanziert und 2,37 FTE aus Eigenmitteln, aus dem Helmholtz-Programm MU.

[1] Paras Koundal et al.; PoS(ICRC2023)334; doi:10.22323/1.444.0334.

### **A.2.3.7.2 Initiativen aus weiteren Pakt-Mitteln bis 2025**

#### **ROCK-IT**

ROCK-IT soll den Remote-Zugriff und die Steuerung, Automatisierung und das roboterkontrollierte Probenhandling an den Beamlines von Synchrotronstrahlungsquellen insbesondere für komplexe Experimente in situ und in operando ermöglichen. Dabei werden sichere Fernzugriffsprotokolle, Experimentsteuerungssoftware, Echtzeitdatenauswertung unter Einbeziehung künstlicher Intelligenz und geeignete Robotersteuerung entwickelt. Als Anwendungsbeispiel wurden operando-spektroskopische Katalyseexperimente aufgrund ihrer Komplexität und Bedeutung für verschiedenen Sektoren, einschließlich der Energiewende, ausgewählt. Das Projekt ist somit auch unter Aspekten der deutschen Energiepolitik mit Hinblick auf erneuerbare Energieträger relevant, für die die Katalysatorforschung entscheidend ist. Synchrotronstrahlung bietet einzigartige Einblicke in das Verhalten von Katalysatoren, doch ihr Potenzial bleibt aufgrund der experimentellen Komplexität teils ungenutzt. Durch Digitalisierung und Automatisierung dieser Experimente ermöglicht ROCK-IT, Innovationszyklen zu beschleunigen und mehr industrielle Nutzer zu gewinnen. Standardisierung ist essenziell, um eine breite Anwendbarkeit und benutzerfreundliche Schnittstellen sicherzustellen. Die Lösungen, die im Projekt bei DESY, HZB, HZDR und KIT erarbeitet werden, sollen auf andere Anwendungen übertragbar sein. Dazu werden Prototypen an PETRA III (Messlinie P65, DESY), BESSY II (HZB), KARA (CatAct-Beamline, KIT) und HAMSTER (HZDR) installiert. ROCK-IT dient als Demonstrator für den modernen, zukunftssicheren Nutzendenbetrieb in enger Zusammenarbeit mit weiteren Initiativen wie ErUM-Data und DAPHNE4NFDI, und fördert die Zusammenarbeit und Effizienz über mehrere Forschungsbereiche hinweg.

Im ersten Projektjahr wurde das IT-Sicherheitskonzept für den Fernzugriff entwickelt. Dies wird den sicheren Zugang über die bereits bestehende Helmholtz AAI-Infrastruktur erleichtern.

Als Schnittstelle zwischen dem Experiment und der Hardwaresteuerung wurde als Experimentkontrollsystem das Softwarepaket Bluesky mit Ophyd ausgewählt. Bluesky wird an den Demonstrator-Beamlines eingesetzt und bietet ein gemeinsames Software-Framework, um die Interoperabilität der in ROCK-IT entwickelten Software zu ermöglichen.

Als Beispielexperiment wurde die Hydrierung von CO<sub>2</sub> zu Methan (Methanisierung) ausgewählt, mit dem unter Verwendung verschiedener Katalysatoren die Fähigkeiten von ROCK-IT

demonstriert werden soll. Eine geeignete in-situ Zelle des KIT wurde weiterentwickelt und die detaillierten Parameter für diese Untersuchungen wurden festgelegt.

Ein erstes Konzept des „Data Management Architecture and Plan (DMAP)“ wurde erstellt, das im Laufe des Projekts gemäß den Anforderungen und Informationen aus den anderen Arbeitspaketen weiterentwickelt wird. Das zentrale Thema hierbei ist der Workflow für Messdaten und Metadaten gemäß der FAIR-Prinzipien.

## A.2.4 Überblick zum Forschungsbereich Erde und Umwelt

### A.2.4.1 Bericht der Forschungsbereichs Koordinatorin an den Senat

Siehe Anhang.

### A.2.4.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich

Im FB „Erde und Umwelt“ (EuU) beteiligt sich das KIT seit Beginn 2021 mit sechs weiteren Helmholtz-Zentren (AWI, FZJ, GEOMAR, GFZ, Hereon, UFZ) am Programm „Changing Earth – Sustaining our Future“ (CE). Die sieben Zentren und ihre Partner bündeln ihre Kompetenzen, um Strategien, Methoden und Infrastrukturen für die Forschung zur nachhaltigen Nutzung/Schutz der Ressourcen der Erde sowie für die Vorhersage/das Management von Naturgefahren zu entwickeln. Der Ein-Programm-Ansatz im FB EuU ermöglicht neue Einblicke in die Komplexität, die Schwellenwerte und die Widerstandsfähigkeit der Erdprozesse in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft sowie in die interagierenden Teilsysteme der Erde (Atmosphäre, Biosphäre, Geosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre und Anthroposphäre). Insbesondere die Untersuchung der Rückkopplungen und Verflechtungen der Teilsysteme als Triebkräfte des Wandels in einem lokalen, regionalen und globalen Kontext ist eine wichtige wissenschaftliche Herausforderung. Das KIT koordiniert im Programm das Topic 1 („The Atmosphere in Global Change“) und ist mit einem kleinen Anteil in Topic 7 („Bioeconomy“) vertreten. Des Weiteren beteiligt sich das KIT an den Querschnittsaktivitäten REKLIM, Extremes, HICAM, Fernerkundung, MACE, TERENO, MOSES, Digital Earth, ESM sowie „Resilient Urban Spaces“.

Der FB EuU hat die programmatische Planung mit einer strategischen Infrastruktur-Entwicklung untersetzt. Im FB EuU wurden für die PoF IV-Förderperiode drei Vorschläge des KIT (AtmoSat, ATMOSense, UrbENO) für die Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen priorisiert, die alle mit mehreren Helmholtz-Zentren gemeinsam aufgebaut und betrieben werden sollen. Das Satelliten-Projekt AtmoSat erlaubt erstmals detailliert mit globaler Abdeckung zu erforschen, wie die mittlere Atmosphäre zwischen 5 und 100 Kilometern Höhe das regionale Klima und Wetter beeinflusst. Das wissenschaftliche Potenzial von AtmoSat wurde 2017 durch den Wissenschaftsrat für die Nationale Roadmap für Forschungsinfrastrukturen als „einzigartig“ bewertet. Im Zentrum der PoF IV-Strategie des FB EuU steht die deutlich verbesserte Vorhersage von Klima, Wetter, und Luftqualität – basierend auf einer verbesserten Modell-Abbildung der sich im Zuge des globalen Wandels verändernden Prozesse in der Atmosphäre und der angrenzenden Kompartimente.

### **A.2.4.3 Programmanteil Changing Earth – Sustaining Our Future (CE)**

#### **A.2.4.3.1 Das Programm im Überblick**

##### ***Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich***

Das Programm „Changing Earth – Sustaining our Future“ (CE) wird zu einem ganzheitlichen Verständnis der Dynamik des Erdsystems, der Wechselwirkungen und Rückkopplungsmechanismen zwischen den Kompartimenten der Erde über Zeit und Raum hinweg beitragen. Die bisherigen Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass das übermäßig ausgebeutete Erdsystem an der Schwelle zu irreversiblen Schäden steht. Im Programm CE wurden fünf ehemals unterschiedliche Programme zusammengeführt, um Fachwissen und Infrastrukturen zu verknüpfen und systemisches Wissen zu generieren, welches an Entscheidungsträgerinnen und -träger in Politik, Wirtschaft und in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft vermittelt wird. Dieses Programm wird somit umsetzbares Wissen liefern, das für ein nachhaltiges Management des Planeten Erde benötigt wird.

Die Integration in ein Programm ermöglicht

- Kompartimentübergreifende Forschung zur Entwicklung von systemischen Lösungen für die Verwirklichung unserer Mission
- Vernetzung, Harmonisierung und koordinierte Nutzung der einzigartigen Einrichtungen für Labor- und Feldarbeit, Erdbeobachtung, Datenverarbeitung und Datenwissenschaft
- die Einführung verbesserter und gemeinsamer Instrumente für wissenschaftliche Synthese und Kommunikation zur Generierung von systemischen Ergebnissen über die wissenschaftliche Veröffentlichung hinaus
- die Ausbildung einer Generation von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus sieben Forschungszentren in einem gemeinsamen Geist der Offenheit für lösungsorientierte Erdsystemwissenschaft, die die wissenschaftlichen Disziplinen zusammenführt

Neun Forschungsthemen (Topics) bilden das Rückgrat des Programms. Ausgewählte themenübergreifende Aktivitäten („Cross Topic Activities“ – CTAs), Kooperationen über Forschungsbereiche (FB) hinaus („Cross Cutting Activities with other Research Fields“ – CARFs) und Allianzen mit Partnern außerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft sorgen für die notwendigen integrativen Ansätze zur Erforschung der Verflechtung von Erdsystem- und Umweltprozessen. Durch die zunehmende Abstimmung und Integration dieser Aktivitäten während der Förderperiode verfügt das Programm über eine einzigartige Kombination aus wissenschaftlicher Expertise und fortschrittlicher Forschungs- und Dateninfrastruktur.

## Programmstruktur

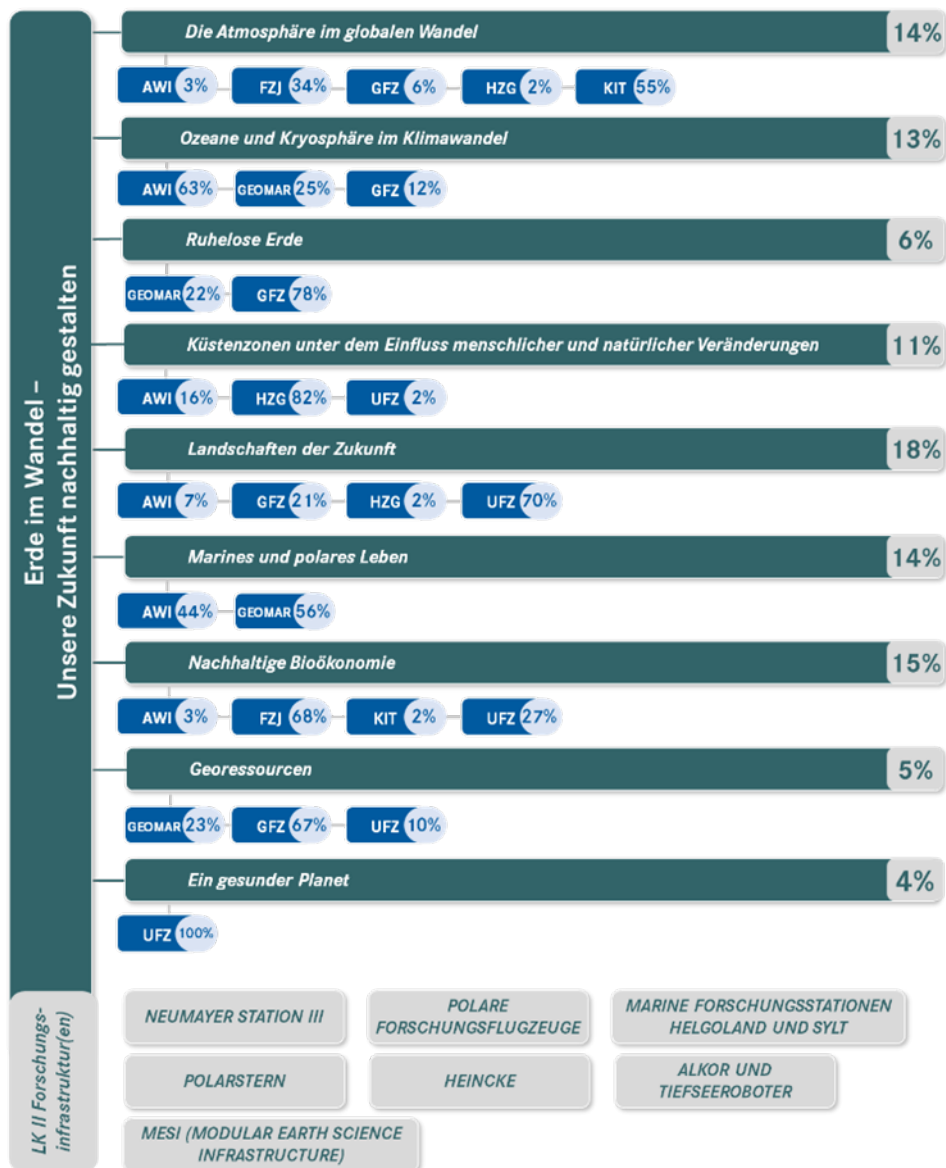


Abbildung 14: Programmstruktur CE

Das Programm CE gliedert sich in neun Topics. Das KIT ist an zwei Topics beteiligt. Die Anteile im Topic 7 sind relativ klein, insofern wird bei den weiteren Ausführungen in diesem Kapitel insbesondere auf das Topic 1 eingegangen.

### Topic 1: Die Atmosphäre im globalen Wandel

(Sprecher: Prof. Dr. Hans Peter Schmid, KIT)

Topic 1 befasst sich mit drei Forschungsfeldern von gesellschaftlicher Bedeutung für die Atmosphäre im globalen Wandel: Luftqualität, Klima-Rückkopplungen sowie zukünftiges Wetter und Extremereignisse. Das Wissen in diesen Bereichen liefert einen wichtigen Beitrag für die Bewertung von Anpassungs- und Vermeidungsmaßnahmen in geplanten Klimaschutz-Strategien. Topic 1 entwickelt dazu Beobachtungs- und Modellierungslösungen für verbesserte atmosphärische Vorhersagen und regionale Klimaprojektionen mit einer noch nie dagewesenen



Auflösung in einem „Whole Atmosphere“-Ansatz, um ganze Prozess- und Ereignisketten von den Triebkräften des globalen Wandels inklusive ihrer Auswirkungen auf Luftqualität, Wasserressourcen, Treibhausgasbudgets, Landnutzungsänderungen, die Lebensfähigkeit von Ökosystemen und das Risiko extremer Wetterlagen in einer wärmeren Welt zu untersuchen.

### **Topic 7: Nachhaltige Bioökonomie**

(Sprecher: Prof. Dr. Michael Bott, FZJ)

Topic 7 trägt zur Entwicklung einer nachhaltigen Bioökonomie bei, die Nahrungsmittel und erneuerbare Ressourcen für die wachsende Bevölkerung, die Industrie und die Landwirtschaft bereitstellt, dabei gleichzeitig den ökologischen Fußabdruck verringert und die Einführung einer Kreislaufwirtschaft unterstützt. Topic 7 zielt darauf ab, die Nutzung biologischer und ökologischer Ressourcen zur Produktion von Biomasse in Agrarsystemen nachhaltiger und effizienter zu machen und trägt zur Entwicklung von erneuerbaren Kohlenstoffquellen und Chemikalien für innovative Produkte bei.

Die Atmosphäre ist das Kompartiment des Erdsystems, durch das Menschen das Klima am direktesten beeinflussen, und die Atmosphäre ist das primäre Medium für wesentliche Rückkopplungen des Klimas mit der Landoberfläche, der Biosphäre, der Kryosphäre und dem Ozean. Daher nimmt Topic 1 in enger Zusammenarbeit mit den Topics 2, 3, 4, 5 und 7 eine führende Rolle in den Forschungsanstrengungen zu atmosphärischen Prozessen und Auswirkungen des Klimawandels innerhalb des Gesamtprogramms ein. Dies schließt die Untersuchung relevanter atmosphärischer Prozesse ein für Klima und Luftqualität sowie die Austauschprozesse und Rückkopplungen mit den angrenzenden Kompartimenten ein. Folglich hat die Forschung zu Topic 1 einen großen Einfluss auf vier (von neun) übergeordneten Programmzielen.

Entsprechend erfolgt die Topic 1- (und Topic 7-)Forschung in enger Zusammenarbeit mit anderen Topics des Programms sowie mit Forschungsgruppen in anderen Helmholtz-Forschungsbereichen. Insbesondere die definierte Zusammenarbeit mit Topic 2 bietet neue Perspektiven. Zu den erwarteten gemeinsamen Aktivitäten gehören u.a.:

- Klimawandel – Wechselwirkung zwischen Ozean und Atmosphäre, Vorhersage (mit Topic 2 und dem Deutschen Wetterdienst, DWD)
- Regionale Erdsystemmodellierung (mit Topics 2 und 4 und DWD)
- Vorhersage und Management von Extremereignissen (mit Topics 2 und 3)
- Weltraumwetter – Rückmeldungen zur Atmosphäre (mit Topic 3)
- Klimaanpassung, Landnutzungsänderung, Wasserverfügbarkeit (mit Topics 5 und 7)
- Luftqualität und menschliche Gesundheit (mit HMGU, RF Health; Topic 9)
- Atmosphärensensorik (mit DLR, RF Aeronautics/Space/Transport)

#### **A.2.4.3.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms**

##### **Topic 1: Die Atmosphäre im globalen Wandel**

Highlight 1: *Stratosphärischer Wasserdampf mit Auswirkungen auf die atmosphärische Zirkulation:*

Wasserdampf spielt bei vielen Aspekten des Klimasystems eine wichtige Rolle, da er die Strahlung, die Wolkenbildung, die Atmosphärenchemie und die Dynamik beeinflusst. Selbst der niedrige Wasserdampfgehalt in der Stratosphäre stellt eine wichtige Klimarückkopplung dar, aber die derzeitigen Klimamodelle zeigen eine erhebliche Feuchtigkeitsverzerrung in der untersten Stratosphäre. Topic-1-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler berichten über die entscheidende Empfindlichkeit der atmosphärischen Zirkulation in der Stratosphäre und Troposphäre gegenüber der Menge an Wasserdampf in der untersten Stratosphäre. Sie zeigen anhand eines mechanistischen Klimamodellexperiments und der Variabilität zwischen den Modellen, dass der Wasserdampf in der untersten Stratosphäre die lokalen Temperaturen senkt und dadurch eine Aufwärts- und Polwärtsverschiebung der subtropischen Jets, eine Verstärkung der stratosphärischen Zirkulation, eine Polwärtsverschiebung des troposphärischen wirbelgetriebenen Jets und regionale Klimaauswirkungen verursacht. Die mechanistischen Modellerfahrungen in Kombination mit atmosphärischen Beobachtungen zeigen außerdem, dass die vorherrschende feuchte Verzerrung in aktuellen Modellen wahrscheinlich durch das Transportschema verursacht wird und durch die Verwendung eines weniger diffusiven Lagrange-Schemas gemildert werden kann. Die damit verbundenen Auswirkungen auf die atmosphärische Zirkulation sind von ähnlichem Ausmaß wie die Auswirkungen des Klimawandels. Der Wasserdampf in der untersten Stratosphäre hat also einen Einfluss erster Ordnung auf die atmosphärische Zirkulation, und die Verbesserung seiner Darstellung in den Modellen bietet vielversprechende Perspektiven für die künftige Forschung.

**Charlesworth, E., Plöger, F., ..., & Riese, M.** *Stratospheric water vapor affecting atmospheric circulation.* *Nat Commun* 14, 3925 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39559-2>

Highlight 2: *Swabian MOSES Kampagne 2023:*

Von Mai bis September 2023 fand im südöstlichen Schwarzwald, im Neckartal und in der Schwäbischen Alb die Topic- und Zentren-übergreifende Feldmesskampagne „Swabian MOSES 2023“ statt. Sie beruht auf dem MOSES-Beobachtungskonzept (Weber et al. 2022) und ist eine Weiterentwicklung einer ersten Kampagne im Jahr 2021 (Kunz et al. 2022). Die Messaktivitäten konzentrierten sich auf lokale Gewitter, die mit Hagel und Starkregen einhergehen und zu lokalen Überflutungen sowie Schadstoffeinträgen in Gewässer führen können. Diese Ereignisse haben in den letzten Jahren aufgrund des Klimawandels zugenommen und verursachen in der Region hohe Schäden. Bei der Kampagne wurde mit einer noch nie dagewesenen Dichte von Wind-Lidaren die Zirkulation rund um den Südschwarzwald charakterisiert. Zudem kamen neuartige Raman-Lidare für hochfrequente Temperatur-, Wasserdampf- und Aerosolmessungen zum Einsatz. Neben den HGF-Zentren KIT, UFZ, GFZ und FZJ waren zahlreiche Universitätspartner (Tübingen, Hohenheim, Stuttgart, Mainz, Freiburg) sowie DLR und DWD beteiligt. Die Feldmessungen werden von hochaufgelösten Simulations- und Datenassimilationsexperimenten begleitet, um u.a. die Vorhersagbarkeit und somit Warnbarkeit solcher Ereignisse zu verbessern. Für weitere Details siehe <https://www.atmo-hub.kit.edu/590.php>.

**Kunz, M.,** Abbas, S. S., Bauckholt, M., **Böhmländer, A.,** Feuerle, T., **Gasch, P., ... & Dietrich, P.,** 2022: The Swabian MOSES 2021 campaign: A holistic approach for the event chain investigation of severe convective storms. *Front. Earth Sci.*, 10:999593, doi:10.3389/feart.2022.999593.  
 Weber, U., and Coauthors, 2022: MOSES: A Novel Observation System to Monitor Dynamic Events across Earth Compartments. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 103, E339–E348, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0158.1>.

#### Highlight 3: *ITMS – ein integriertes Treibhausgas Monitoringsystem für Deutschland:*

Das ITMS (Integriertes Treibhausgas Monitoringsystem für Deutschland) ist ein vom BMBF gefördertes Verbundprojekt, das Deutschland in die Lage versetzen soll, Quellen und Senken der drei wichtigsten langlebigen Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) zu überwachen. Das ITMS-Konzept zielt darauf ab, auf Grundlage von gemessenen Konzentrationen in der Atmosphäre und mittels aktueller Modellierung der Quellen- und Senkenprozesse sowie des meteorologischen Transports Quellen von Treibhausgasemissionen räumlich und zeitlich im Detail besser aufzulösen. Diese Informationen sind gerade zur Eindämmung des Klimawandels, für die Steuerung des Handels mit CO<sub>2</sub>-Zertifikaten und den Weg zu einer klimaneutralen Wirtschaft (NetZero) von besonderer Relevanz. Neben den verantwortlichen Behörden UBA und Thünen Institut wird das Projekt gemeinsam vom DWD, MPI-BGC, Uni Bremen und dem KIT (CE-Topic 1) koordiniert. Die Aufgaben der beteiligten Topic-1 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler liegen dabei maßgeblich in der Berechnung des Treibhausgasaustauschs (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub>) von land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen in zeitlich und räumlich hoher Auflösung mit dem von Topic 1 entwickelten BGC-Modell „LandscapeDNDC“, das zu diesem Zweck in das ICON-ART Modell (KIT/Topic 1) integriert wird. Mittelfristig ist es das Ziel von ITMS, die nationale Treibhausgasberichterstattung operationell in die Wettervorhersagen des DWD mit dem ICON-Art Model zu integrieren. Für weiterführende Informationen siehe: <https://www.itms-germany.de/>.

#### **A.2.4.3.3    *Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen***

*Zusammen mit den Stakeholdern sollen Fallstudien für lösungsorientierte Forschung definiert werden. (Topic 1)*

Die frühzeitige und aktive Einbeziehung von Nutzerinnen und Nutzern bereits zu Beginn der Forschungsprojekte ist eine Voraussetzung für nachhaltige Lösungsansätze. Wie im PoF IV-Antrag dargelegt, bildet das Prinzip der „stakeholder inclusion“ eine Prämisse in den laufenden POF-Aktivitäten mit der Integration von Akteuren aus dem wissenschaftlichen, öffentlichen und wirtschaftlichen Bereich. Aufgrund der Vielzahl von Projekten dieser Art kann im Anschluss nur auf wenige Beispiele eingegangen werden: (i) So hat das Topic 1 (zusammen mit Topic 5) 2021 die Koordinierung des SynCom-Pilotprojekts „Cities and climate change“ im Rahmen der Synthese-Plattform des Forschungsbereichs Erde und Umwelt (SynCom) übernommen. Ein wichtiger Zwischenschritt war ein parlamentarischer Abend im Deutschen Bundestag im Dezember 2022. Neben der Einbindung der Politik spielt aber auch die frühzeitige Integration der Gesellschaft in die Forschung eine entscheidende Rolle – so wird im (ii) Citizen-Science-Projekt SMARAGD (Helmholtz-Pilot-Projekt) die Schadstoffverteilung in Köln untersucht, um die persönliche Schadstoffbelastung zu ermitteln und mit Gesundheitsdaten zu verknüpfen. (iii) Aufgrund der direkten Bedarfsmeldung der Kommunen in Baden-Württemberg wurde in den

letzten vier Jahren ein Entscheidungsunterstützungssystem für die wissenschaftsbasierte Priorisierung und Standardisierung von kommunalen Klimaschutzmaßnahmen entwickelt – dieses wird jetzt in die praktische Umsetzung an ausgewählten Standorten übergeführt werden. Ein weiteres Beispiel für eine lösungsorientierte Forschung in enger Kooperation mit Stakeholdern stellt die (iv) Entwicklung eines klimaangepassten und regionsspezifischem Grünlandmanagement in Kooperation mit Länderbehörden (Bayern und Baden-Württemberg) dar. Darauf aufbauend werden Entscheidungshilfesysteme für Landwirte entwickelt, die auch Aspekte einer verbesserten Kreislaufwirtschaft im Agrarbetrieb berücksichtigen. Die Operationalisierung der T1-Modellentwicklungen (gemeinsam mit den Stakeholdern) unterstreicht weiterhin unsere sehr praxisnahe Forschung. (v) Das am KIT entwickelte Modell LandscapeDNDC wird zurzeit für kommerzielle Nutzung lizenziert. In Zusammenarbeit mit Beratungsunternehmen wird angestrebt, Zertifizierungsprogramme zu entwickeln, die Richtlinien für die Bewertung und Zertifizierung der Kohlenstoffbilanz landwirtschaftlicher Systeme bereitstellen, mit LandscapeDNDC als Entscheidungstool für Entwicklung, Überwachung und Berichterstattung der Kohlenstoffzertifizierung in landwirtschaftlichen Systemen. (vi) Im Oktober 2023 ist die Staubensemblevorhersagen des DWD auf der Basis von ICON-ART operationalisiert worden. (vii) Die 2023 abgeschlossene Modell-basierte immissionsseitige Bewertung der Luftschadstoffemissionen einzelner Quellen und Anpassung der nationalen Emissionsdaten zur Beurteilung der Luftqualität in Kooperation mit dem Umweltbundesamt verdeutlicht exemplarisch die langjährige Zusammenarbeit mit den Bundesbehörden.

*Es wird erwartet, dass die Modellierungsaktivitäten des Topic 1 entsprechend der Strategie zur Erdsystemmodellierung innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft und in Deutschland weiterentwickelt werden.*

Auf Basis einer existierenden (internen) Modellierungsstrategie hat das Topic 1 seine Aktivitäten in diesem Bereich stetig weiterentwickelt. Diese Entwicklung fand im Rahmen des nationalen Erdsystem-Modellierungs-Strategie-Prozesses innerhalb des FB und der Helmholtz-Gemeinschaft statt. Im FB wurde an den als „Cross Topic Activity“ (CTA) etablierten Projekten „Digital Earth“ (DE) und „Advanced Earth System Modelling Capacity“ (ESM) des Programms partizipiert und wesentliche Beiträge geleistet. Verschiedene Projekte in der HMC und HAICU verstärken dabei auch die Zusammenarbeit mit anderen Zentren und Helmholtz Information. Aktuelle Modellierungsaktivitäten im Topic 1 sind gemäß der Modellierungsstrategie mit einer bewusst gewählten thematischen Breite angelegt (z.B. THG/Ökosystemmodellierung mit LandscapeDNDC, integrierte Landsystemmodellierung durch Kopplung von Modulen für Entscheidungsprozesse in der Landnutzung, Makroökonomie, Ökosystemprozesse, Biodiversität und Klimasystem: LandSyMM (Land System Modular Model, <https://landsymm.earth>, Federführung bei Topic 1), LPJ-GUESS und CRAFTY (Competition for Resources between Agent Functional Types, <https://landchange.imk-ifu.kit.edu/CRAFTY>) oder CLaMS für chemische Dynamik). Im Bereich der atmosphärischen Modellierung – auch unter Berücksichtigung der Luftzusammensetzung (Aerosol, Ozon, etc.) – hat eine kontinuierliche Fokussierung auf ICON(ART) stattgefunden (z.B. Beteiligung an der Governance (ICON Board), und einer engen Partnerschaft mit dem DWD, seit 2023 auch formal mit der Beteiligung im Hans-Ertel-Zentrum, HErZ).

Das strategische Ziel ist dabei, eine noch engere Zusammenführung von Messdaten und (im Rahmen eigener Entwicklungen verbesserten) Modellen zu erreichen. Dazu gehört die Konstruktion von flexiblen Vorwärtsoperatoren und Validierungsarbeitsflüssen sowie Formen der „Source-Receptor“ Modellierung, bis hin zur vollständigen Datenassimilation. Gerade bei den Modellentwicklungsaktivitäten gibt es einen engen Austausch mit Helmholtz Information (z.B.

gemeinsames Gatekeeping bei ICON-ART und Aspekte, die im JointLab ExaESM bzw. ITMS bearbeitet werden) und eine kooperative Anbindung an das Nationale Hochleistungsrechnen (NHR, <https://www.nhr.kit.edu/287.php>). Gleichzeitig liefert das Topic 1 wichtige Beiträge zum Aufbau des DataHubs und der Nationalen Forschungsdaten-Infrastruktur für Erdsystemforschung (NFDI4Earth), welche für die fortschreitende Einbindung von Daten und KI-Methoden in die Modellierung essenziell sind.

#### **A.2.4.3.4 Strategische Themen**

##### ***Talentmanagement***

Die Nachwuchsförderung und die Förderung der Chancengleichheit haben an den Instituten des KIT im CE-Programm eine hohe Priorität und Wertschätzung, was zahlreiche Aktivitäten und Entwicklungen 2023 belegen. Nachfolgend sind einige dieser Maßnahmen kurz skizziert: Die Förderung bzw. Weiterbildung von Promovierenden erfolgt koordiniert über die Helmholtz-Graduiertenschulen GRACE („Graduate School for Climate and Environment“) am KIT in Karlsruhe und das IFU Graduate Program am KIT-Campus Alpin in Garmisch-Partenkirchen. Zur Vernetzung der Promovierenden der Atmosphärenwissenschaften aus verschiedenen Instituten innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft über die Zentren hinweg, gibt es die „Atmo-Change PhD Days“. Hierbei handelt es sich um eine zwei- bis dreitägige Konferenz, die jedes Jahr von einem anderen Helmholtz-Institut in Deutschland ausgerichtet wird. Im Jahr 2023 fanden die PhD Days vom 21. bis 22. September am Forschungszentrum Jülich statt, mit Teilnehmenden des Karlsruher Instituts für Technologie, des Geoforschungszentrum Potsdam, des Alfred-Wegener-Institut und des Forschungszentrum Jülich selbst. Somit waren insgesamt vier aus den insgesamt fünf beteiligten Zentren im Topic 1 zur Atmosphärenforschung bei den „AtmoChange PhD Days“ vertreten. Die teilnehmenden 28 Promovierenden stellten sich am ersten Konferenztag ihre Arbeiten in Form von Kurzvorträgen gegenseitig vor. Thematisch umfassten diese eine große Bandbreite zwischen der Erdoberfläche und der Ionosphäre, darunter die ökologischen Auswirkungen des Klimawandels, neue rechnergestützte Methoden in der atmosphärischen Modellierung und Wettervorhersage sowie verschiedene experimentelle Techniken der Atmosphärenphysik und -chemie. Am zweiten Konferenztag gab es Gastvorträge von Postdocs zu den in Jülich entwickelten Atmosphärenmodellen. Zudem wurde durch die Labore der Institute der Stratosphären- und Troposphärenforschung (IEK-7 und IEK-8) des Forschungszentrums Jülich geführt. Abendveranstaltungen zur weiteren Vernetzung und Diskussion rundeten das Programm ab und inspirierten zur interdisziplinären Zusammenarbeit. Seit November 2021 werden zudem monatliche Treffen des PhD-Kollegs des HEPTA-Projekts („Helmholtz European Partnership for Technological Advancement“) organisiert und durchgeführt. Dieses Projekt stellt eine Kooperation des KIT mit der Aristoteles Thessaloniki Universität (Griechenland) dar. Zielsetzung des monatlichen Treffens ist neben der Stärkung des europäischen Austausches auch die Förderung übergreifender Kompetenzen (Zeitmanagement, Modellansätze, etc.).

Des Weiteren ist das KIT (im FB EuU) intensiv an der Umsetzung des gemeinsamen FB EuU-Personalkonzepts beteiligt. In einer ersten Phase ist die Etablierung von vier der sieben zent-

rum-übergreifenden Bausteine geplant. Mit zielgruppenorientierten Angeboten für die Nachwuchswissenschaftler und -wissenschaftlerinnen auf unterschiedlichen Karrierestufen (Promovierende, Postdocs, Führungskräfte) sowie Mitarbeitende im Wissenschaftsmanagement und Personalentwicklungsabteilungen sollen die bestehenden etablierten Programme des KIT ergänzt und erweitert werden. Das KIT beteiligt sich außerdem an der Helmholtz-Aktivität COMPASS. COMPASS ist ein Mentoringprogramm im FB EuU für Postdocs sowie Wissenschaftsmanagerinnen und -manager. Ziel des COMPASS-Programms ist, die Teilnehmenden in ihrer persönlichen Karriereentwicklung und ihrer beruflichen Vernetzung innerhalb und außerhalb der Wissenschaft zu unterstützen.

Im August 2022 startete am Institut für Meteorologie und Klimaforschung (Department Troposphäre, IMK-TRO) ein Pilotprojekt zur Umsetzung von mehr Chancengleichheit und Wertschätzung von Diversität, das im Rahmen des Exzellenz-Universitäts-Vorhabens Gender Equity 1 beantragt wurde und bis Oktober 2023 gefördert wird. Das Projekt ist dem Bereich IV „Natürliche und gebaute Umwelt“ zugeordnet und hat als Zielgruppe die aktuellen und potenziellen Mitarbeitenden der Institute. Der inhaltliche Fokus in Gender Equity 1 liegt hierbei unter anderem auf dem Wandel der Institutskultur durch konkrete und passgenaue Änderungen von institutsinternen Abläufen. Das Projektteam wird von der externen Beratungsfirma EAF Berlin unterstützt. In der ersten Projektphase wird der Ist-Zustand am IMK-TRO analysiert. In die Analyse werden u.a. Statistiken zur zeitlichen Entwicklung des Frauenanteils in verschiedenen Karrierestufen und Tätigkeitsfeldern miteinbezogen.

Zur KIT-internen Abstimmung und Koordination dieses Teilbereichs besteht seit 2018 im FB EuU am KIT die Arbeitsgruppe Talentmanagement, in der diverse Organisationseinheiten (IMKs, IFU Graduate Program, GRACE, PEBA, KHYS, CE-Management) zusammenarbeiten. Die Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit bestehenden Förder- und Weiterbildungsmöglichkeiten, aber darüber hinaus auch mit deren FB-spezifischen Weiterentwicklung sowie ergänzenden Maßnahmen.

Auf Basis der ersten Umfrage zur weiteren Bedarfsermittlung aus den Jahren 2021 und 2022 konnten bereits Maßnahmen angestoßen werden. Hierfür wurde der Online-Kurs „Mental Health First Aid Course“ mit Beginn Mitte Januar 2023 realisiert, der insgesamt sechs Kurseinheiten verteilt bis Anfang März umfasste und sich an Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler richtete.

## **Vernetzung**

Die Institute innerhalb des CE-Programms sind sowohl in der Wissenschaft als auch mit der Industrie sehr gut vernetzt. Dies zeigen die mehr als 50 wissenschaftlichen Kooperationen im Rahmen von nationalen und internationalen Förderprogrammen (z.B. Universität zu Köln, Universität Gießen, Utrecht University, University of Leeds, University of Oslo, Hokkaido University, CERN) und die mehr als 40 Kooperationen mit Partnern aus Industrie und Wirtschaft (z.B. E.ON Energie AG, EDI GmbH, Lufthansa, BASF, SpaceOptix, AXA, Sparkassen-Versicherung, Bilfinger Noell GmbH). Ein Beispiel für eine bestehende Kooperation ist die langjährige Zusammenarbeit mit AON. 2022 starteten die beiden Projekte „Extreme wind events under recent and near future climate conditions (II)“ und „Assessing future flood risks in Europe“, die von AON mit insgesamt 425 TEuro gefördert werden. Ein weiteres Beispiel sind Kooperationen im Rahmen von Messkampagnen. Die AIDA-Wolkenkammer am IMK-AAF wird erfolgreich für Messkampagnen zur Aerosol-Wolken-Forschung mit internationalen Partnern betrieben.

Seit April 2022 stehen hierfür Mittel aus dem neuen EU-Infrastrukturprojekt ATMO-ACCESS zur Verfügung.

## ***Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft***

Eine zentrale Informationsschnittstelle zwischen Wissenschaft und der Öffentlichkeit, Kommunen bzw. Industrie des FB EuU am KIT stellt das Süddeutsche Klimabüro dar. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt dabei in der Kommunikation des Klimawandels und seiner regionalen Folgen mit den o.g. Interessengruppen.

Seit 2022 wird im Süddeutschen Klimabüro das Projekt „Machbarkeitsstudie Kommunalen Klimaschutz am KIT“ durchgeführt. Hierin wird im engen Austausch mit der Kommunalwirtschaft und -verwaltung (vertreten durch die VKU-Landesgruppe Baden-Württemberg) sowie mehrere KIT-Institute (IMK-TRO, ITAS, IfV, IIP, FORscience) und dem Bereich IV (Natürliche und gebaute Umwelt) das Potenzial einer wissenschaftsbasierten Priorisierung und Standardisierung von kommunalen Klimaschutzmaßnahmen erprobt. Ziel ist es, Kommunen auf dem Weg zu einer individuell angepassten Klimaschutzstrategie ein Produkt anzubieten, das für eine erfolgreiche Umsetzung einzelner Klimaschutzmaßnahmen möglichst viele Einflussfaktoren wissenschaftlich bewertet.

Ein weiteres wichtiges und herausragendes Element des Wissenstransfers am KIT ist das „Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM)“ – eine seit 2002 etablierte interdisziplinäre Forschungs- und Transfereinrichtung des KIT im Bereich Katastrophenanalyse und -management. So werden im Rahmen der Forensischen Katastrophenanalysen (FDA) aktuelle Katastrophen unmittelbar nach ihrem Entstehen bewertet, die Folgen abgeschätzt, die zeitliche Entwicklung nachverfolgt und die wichtigsten Faktoren identifiziert, die für die Auswirkungen maßgeblich sind. Die Analysen einzelner Ereignisse (z.B. Ahrtal-Hochwasser 2021) werden zeitnah der breiten Öffentlichkeit, aber auch Kommunen, Versicherungen, Hilfsorganisationen und der Wissenschaft zur Verfügung gestellt.

Ein aktuelles Beispiel für einen erfolgreichen Technologietransfer stellt die von KIT-Forschenden entwickelte Wolkensonde PHIPS („Particle Habit Imaging and Polar Scattering“) dar, die auf verschiedenen Forschungsflugzeugen wie der deutschen HALO eingesetzt wird. Die Sonde ermöglicht die Erfassung detaillierter Informationen über die Gewohnheiten von Eiskristallen und ihre Lichtstreuungsmuster, um die klimatischen Auswirkungen von Cirruswolken und die Entstehung und Entwicklung von Starkniederschlägen zu verstehen. Derzeit wird sie im Rahmen der IMPACTS-Kampagne (Investigation of Microphysics and Precipitation for Atlantic Coast-Threatening Snowstorms) der NASA eingesetzt. Ein weiteres Beispiel für einen erfolgreichen Wissenstransfer und eine sehr frühzeitige Einbindung der Interessensvertretung stellt der „Umzug“ des IAGOS-CARIBIC-Projekts auf einen neuen Airbus 350 dar – mit Einbindung von Airbus und Lufthansa von Beginn an.

Zur weiteren Verknüpfung der Kompetenzen des KIT im Bereich „Wissens- und Technologietransfer“ wurde am KIT Ende 2021 die Arbeitsgruppe „FB-EuU/KIT Transfer“ gegründet. Hier werden die Expertise aus unterschiedlichen Abteilungen des KIT (Verwaltung, Wissenschaft, Management) zusammengebracht, Zielgruppen und Defizite identifiziert sowie koordiniert neue Maßnahmen entwickelt bzw. implementiert.

Unter dem Aspekt des Wissenstransfers in Wirtschaft und Gesellschaft fand im Jahr 2023 die KIT Science Week unter dem Motto „Zukunft gemeinsam nachhaltig gestalten“ statt. Vom 10. bis zum 15. Oktober 2023 hieß es „mitreden, mitmachen, mitforschen“. Durch ein vielfältiges Programm aus Vorträgen, Podiumsdiskussionen, Führungen durch Labore und Mitmachaktionen ermöglichte die KIT Science Week neue spannende Einblicke in die Forschung zu den

Themenfeldern Nachhaltigkeit und Klimaschutz. Als Zielgruppen wurden ganz unterschiedliche Personengruppen berücksichtigt, so gab es spezifisch angebotene Veranstaltungen für Schulklassen oder Studienanfängerinnen und Studienanfänger.

Die Veranstaltungen unter dem Titel „Brain Bites“ sind als Wissenshappen für eine einstündige Mittagspause konzipiert und finden einmal im Monat im Veranstaltungsgebäude Triangel am Kronenplatz in Karlsruhe statt. Hier gibt es die Environmental Brain Bites und die Climate Brain Bites, die einen leicht unterschiedlichen Fokus auf Umweltthemen, unter anderem im Zusammenhang mit dem Klimawandel, haben. Der Ablauf der Brain Bites ist in beiden Fällen gleich: Eingeladene Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler stellen den Interessierten im Triangel-Gebäude (und auch online als Live-Stream) ihre Forschung sowie relevante Umweltthemen/Klimathemen unserer Zeit vor. Nach dem kurzen Fachvortrag ist immer Zeit für eine anschließende Diskussion eingeplant, um den Austausch zwischen Forschung und Gesellschaft zu stärken.

### ***Drittmittelinwerbung***

Die Helmholtz-Programmforschung wird durch Drittmittelprojekte thematisch ergänzt und in seinen Kapazitäten erweitert. Der FB EuU am KIT hat 2023 über 15 Mio. Euro Drittmittel eingeworben. Bei den Drittmittelerträgen konnte eine deutliche Steigerung gegenüber der vergangenen Jahre erzielt werden. Derzeit sind 91 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler über externe Finanzquellen finanziert, was über 45 % der Kapazität ausmacht. Exemplarisch sollen nun einige der Drittmittelprojekte vorgestellt werden (in der folgenden Kurzdarstellung besteht kein Anspruch auf eine vollständige Darstellung).

Im Jahr 2023 begann das Projekt „Mobile aerosol measurement kit at KIT (AERO-KIT)“ von Dr. Martina Klose am IMK-TRO. Des Weiteren startete die Klimainitiative HI-CAM II von Dr. Michael Kunz. Außerdem gab es DFG-Projekte mit ganz unterschiedlichen thematischen Ausrichtungen, die im Jahr 2023 begonnen haben.

Im ebenfalls ab 2023 beginnenden Projekt CREATIVE – Customised RADAR repository for Earth and Environmental data To facilitate Integration in V-FOR-WaTer and NFDI4Earth wird die Forschungsdatenmanagement-Infrastruktur am KIT gestärkt und hat als Ziel das generische Repository RADAR4KIT für die Fachcommunities, die im KIT-Zentrum Klima und Umwelt (ZKU) organisiert sind, leichter zugänglich und attraktiver zu machen.

Besonders hervorzuheben ist bei den Drittmittelinwerbungen der im Jahr 2023 gestartete ERC Starting Grant von Dr. Julian Quinting am Institut für Meteorologie und Klimaforschung - Troposphärenforschung (IMK-TRO). Der Europäische Forschungsrat (European Research Council- ERC) fördert über einen ERC Starting Grant der Höhe 1,5 Mio. Euro für einen Förderzeitraum von fünf Jahren das Forschungsprojekt „ASPIRE (Advancing Subseasonal Predictions at Reduced computational Effort)“ von Dr. Julian Quinting. Dieses hat den inhaltlichen Fokus auf der Verbesserung von Wetterprognosen sowie der Einsparung von Rechenkosten und des Energieverbrauchs. Eines der Ziele besteht darin, Vorhersagen von Wetterextremen präziser zu machen, damit eine entsprechende Vorbereitung durch Behörden und die betroffene Öffentlichkeit durchgeführt werden kann. Im besten Fall können dadurch Schäden ganz verhindert oder zumindest verringert werden ([https://www.kit.edu/kit/pi\\_2022\\_104\\_klimaforschung-prazisere-und-effizientere-wettervorhersagen.php](https://www.kit.edu/kit/pi_2022_104_klimaforschung-prazisere-und-effizientere-wettervorhersagen.php)).



#### **A.2.4.3.5 Senatsempfehlungen**

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts im Jahr 2023 zu eigen und beschließt ihn als seine Bewertung zum Programmfortschritt 2023. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für das Jahr 2023.

#### **A.2.4.4 Strategische Initiativen**

##### **A.2.4.4.1 MOSES**

Mit dem Beginn der Betriebsphase des Forschungsbereich-übergreifenden Beobachtungssystems MOSES steht seit 2022 ein einsatzerprobtes, mobiles und modular anpassbares Messsystem zur Erfassung hochdynamischer Prozesse wie Wetterextreme von ihrer regionalen Entwicklung bis zu deren direkten Folgen mit einem konsequent systemübergreifenden Einsatzkonzept bereit. Solche Datensätze werden dringend benötigt, um die Auswirkungen des Klimawandels besser zu verstehen und Anpassungsstrategien zu entwickeln.

Die SWABIAN MOSES-Kampagne wurde zwischen Mai und September 2023 im südöstlichen Schwarzwald, im Neckartal und in der Schwäbischen Alb im Südwesten Deutschlands durchgeführt. Es standen hydro-meteorologische Extreme, lokalskalig konvektive Zellen (Gewitter) mit einhergehendem Starkregen und Hagel sowie großräumige Hitzewellen im Fokus der Untersuchungen. Insbesondere meteorologische und hydrologische Modellierungen mit Datenassimilation stellen eine neue und wichtige Kampagnenkomponente dar. Im Sommer 2023 gab es zweimal einen ZDF-Beitrag über Swabian MOSES (<https://www.atmo-hub.kit.edu/590.php>).

##### **A.2.4.4.2 TERENO**

TERENO führt in vier Observatorien Langzeitbeobachtungen zur Untersuchung des Einflusses des globalen Wandels auf terrestrische Ökosysteme durch. Die Zahl der Publikationen ist seit Beginn der Messungen hoch, was auch auf einen zunehmenden Anteil an Publikationen von internationalen Einrichtungen außerhalb der beteiligten Helmholtz-Zentren zurückzuführen ist. Dies liegt daran, dass die TERENO-Daten immer attraktiver für die Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels auf terrestrische Systeme werden, was durch die kostenlose Bereitstellung von mittlerweile mehr als 2 Milliarden Datensätzen über das TEODOOR-Datenportal ermöglicht wird. Neben ICOS stellt TERENO zentrale Daten zur Interaktion der Landoberfläche mit der Atmosphäre für das Integrierte Treibhausgas Monitoring System (ITMS) bereit. Das KIT betreibt seit 2008 das TERENO Voralpen-Observatorium und untersucht dabei Wasser, Energie und Stoffflüsse unterschiedlich bewirtschafteter Grünlandssysteme. Die Daten aus dem TERENO Voralpen-Observatorium sind weiterhin stark nachgefragt, insbesondere als Benchmark-Datensätze zur Kalibrierung von Ökosystemmodellen, die den Wasser-, Kohlenstoff- und Stickstoff-Austausch terrestrischer Systeme mit der Atmosphäre und Hydrosphäre

beschreiben. Durch eine zunehmende Zahl an TERENO assoziierten Drittmittelprojekten wurden die Kontakte zu Universitäten, Behörden und Stakeholdern aus dem landwirtschaftlichen Sektor sowie der Lebensmittelindustrie weiter ausgebaut (<https://www.tereno.net/joomla4/index.php/observatories/pre-alpine-observatory>).

#### **A.2.4.4.3    *Resilient Urban Spaces***

Das Thema urbane Räume und ihre nachhaltige Entwicklung ist eines der zentralen Handlungsfelder der Bundesregierung und Teil der Forschungspolitischen Leitlinien des BMBF für die aktuelle PoF-Periode. Der Forschungsbereich Erde und Umwelt (FB EuU) hat vor diesem Hintergrund die systemische Forschung zu Nachhaltigkeit im urbanen Gebiet als eines von zehn Programmzielen verabschiedet. Im Juli 2021 bekam das Thema der Entwicklung nachhaltiger Räume durch niederschlagsbedingte Zerstörungen an Infrastrukturen und Gebäuden in mehreren Bundesländern und insbesondere Verletzten, Vermissten und Toten in bisher unvorstellbarem Ausmaß ungewollt große Aufmerksamkeit.

Die Stakeholder-Interaktion wird als ein zentraler Bereich innerhalb der Querschnittsaufgabe „Resilient Urban Spaces“ angesehen. 2021 fand zunächst im Rahmen von Topic 4 und 5 ein erster Workshop zu Science-Society-Interactions statt, bei dem viele Anknüpfungspunkte zu den Themen Klimaanpassung und -mitigation in Städten offengelegt wurden. Im Juni 2022 wurde im nächsten Schritt unter Federführung des UFZ und des KIT ein Topic-übergreifender Workshop in Fulda durchgeführt – die Veranstaltung unterstrich das Potential des FB EuU, mit Hilfe eines systemischen Ansatzes einen „impact“ in Sachen „nachhaltige Stadtentwicklung“ leisten zu können (<https://earthenvironment.helmholtz.de/changing-earth/cross-cutting-activities/>).

Im November 2023 gab es einen Folge-Workshop zum Thema Stadtentwicklung, der in Fulda stattgefunden hat. Die inhaltlichen Schwerpunkte lagen primär auf dem interdisziplinären Austausch zu einzelnen Zukunftsthemen für die Stadtentwicklung der nahen Zukunft. Neben Vertreterinnen und Vertretern aus der Wissenschaft war auch ein Vertreter des BMBF an der Veranstaltung beteiligt. Besonders der Austausch und die Diskussionen in den Kleingruppen führten zu Ergebnissen, knüpften Beziehungen für gemeinsame Projekte und ermöglichten einen Perspektivwechsel in andere Fachrichtungen mit dem gemeinsamen Blick auf die Stadtentwicklung.

#### **A.2.4.4.4    *Remote Sensing***

Ziel der CARF „Remote Sensing“ ist eine beobachtungsbasierte integrierte Analyse des Erdsystems mit Satelliten, Ballonen, Flugzeugen und Bodenstationen. Die Initiative dient der Vernetzung im FB EuU und der Weiterentwicklung der strategischen Partnerschaft mit dem DLR bei Charakterisierung und Monitoring von Prozessen im Erdsystem (Landnutzung, Photosynthese, Ozean und Eis, Atmosphäre, Weltraumwetter). Die aus Vertretungen aller beteiligten Zentren zusammengesetzte Steuerungsgruppe hat sich 2023 mehrfach getroffen. Das KIT hat seine Aktivitäten im Bereich der Fernerkundung aktiv in die CARF eingebracht. Dazu gehören unsere Fernerkundungs- und Validierungsnetzwerke (CoCCON, NDACC, Landoberflächentemperatur), bodengebundene Fernerkundung von Wolken und Aerosolen, Instrumentenentwicklung (primär GLORIA) sowie Arbeiten mit operationellen meteorologischen Satelliten. Unsere Aktivitäten sind unter anderem durch Beiträge zum stets in Fortentwicklung befindlichen

White Book, eine Darstellung auf der gemeinsamen Projekthomepage (<https://carf-remotesensing.de/>) sowie Präsentationen bei einem zweitägigen Workshop dokumentiert

#### **A.2.4.4.5    *Extremes***

Extremereignisse, die durch atmosphärische, geosphärische, geologische oder ozeanische Störungen verursacht werden, stellen eine potenzielle Bedrohung für die Gesellschaft und die Umwelt dar. Neue Konzepte zur Modellierung der Dynamik von multi-hazard Ereignissen sollen entwickelt werden, die Daten(-archive) aller Topics genutzt und mit hochauflösenden Klimamodellen kombiniert werden. Im Pilotprojekt der SynCom „Early Warning for Natural Hazards“ beschäftigen sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler FB-übergreifend mit dem Thema Frühwarnsysteme. Thematische Schwerpunkte sind Starkniederschläge, Überflutungen, Dürren und Hitzewellen. Bei der General Assembly in 2023 präsentierte Dr. Sergiy Vorogushyn den Stand des laufenden Projektes.

#### **A.2.4.4.6    *REKLIM***

Die Helmholtz-Initiative REKLIM nutzt die in der HGF gebündelte Kompetenz für regionale Beobachtungs- und Prozessstudien in Kombination mit Modellsimulationen zur Verbesserung von regionalen und globalen Klimamodellen, die eine solide Basis für klimabezogene Entscheidungshilfen bieten. Im Bereich der regionalen Modellierung wird das gemeinsame Modellsystem ICON in unterschiedlichen Konfigurationen als verbindendes Element eingesetzt. Die 12. REKLIM-Regionalkonferenz zum Thema „Klimawandel in Regionen“ legte den Fokus auf Herausforderungen bei Meeresspiegeländerungen im deutschen Küstenraum und fand am 28. September 2023 in Bremen statt.

Die REKLIM-Koordinationsstelle ist am AWI beheimatet, jedoch ist der gewählte wissenschaftliche Koordinator am KIT beschäftigt. In der an die PoF IV angepassten Struktur der REKLIM „Research Themes“ (RT) stellt das KIT auch einen der Themensprecher für den Bereich der Luftzusammensetzung (RT4).

#### **A.2.4.4.7    *DataHub im FB EuU***

Die Zentren- und Topic-übergreifende Initiative DataHub im FB EuU verfolgt das Ziel, in konsequenter Umsetzung der FAIR-Prinzipien, den Zugang und das einfache Arbeiten mit Forschungsdaten Kompartimente-übergreifend zu ermöglichen. Entwicklung und Betrieb fokussieren sich auf die drei wichtigen Aufgaben i) Bereitstellung von dezentral gespeicherten Daten in dem integrierenden „Earth Data Portal“ ([www.earth-data.de](http://www.earth-data.de)), ii) Bereitstellung von Werkzeugen zur Einbindung von Forschungsdaten in eigene Arbeitsprozesse und -Abläufe, sowie iii) Stärkung des systematischen Forschungsdatenmanagements durch den Aufbau durchgängiger, digitaler Prozesse von der Datenerhebung bis zur Archivierung.

Der DataHub ist eng eingebettet in den Aufbau der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI), sowie der European Open Science Cloud (EOSC). Darüber hinaus wird die Vernetzung mit anderen datenhaltenden Quellen im Bereich der Erdsystemwissenschaften, wie beispielsweise der nationalen Geodateninfrastruktur GDI-DE oder der nationalen Infrastruktur für marine Daten MDI-DE, vorangebracht.

Die Technologien des DataHub sind inzwischen so weit entwickelt, dass thematische Viewer für spezifische Forschungsfragen leicht umzusetzen sind. Exemplarische Workflows wurden

implementiert, die eine Einbindung eigener Daten in „Szenarien-Rechnungen“ ermöglichen, was die zukünftige Entwicklung digitaler Zwillinge vereinfacht. Ein automatisierter Zugriff auf Forschungsdaten (maschinenlesbar), wie er für Anwendungen unter Verwendung künstlicher Intelligenz benötigt wird, wurde ebenso exemplarisch im Jahr 2023 umgesetzt.

#### **A.2.4.4.8 *Innovationspool***

Auch im Jahr 2023 läuft das Projekt SCENIC („Storyline Scenarios of Extreme Weather, Climate, and Environmental Events along with their Impacts in a Warmer World“), an dem AWI, FZJ, GEOMAR, GFZ, KIT, UFZ und Hereon beteiligt sind. Das Hauptziel des Projekts, welches auf drei Jahre angesetzt ist und im Jahr 2022 begonnen hat, ist die Entwicklung und Anwendung eines neuartigen Storyline-Ansatzes, um zu untersuchen, wie sich einzelne Extremereignisse in einem sich wandelnden Klima entwickeln würden, und damit die klassischen Klimaszenario-Methoden zu ergänzen. SCENIC wird zu den wissenschaftlichen Zielen des Programms „Changing Earth – Sustaining our Future“ sowie zu dessen strategischem Ziel beitragen, indem es die Forschung zu einem Thema von hoher sozioökonomischer Relevanz integriert, koordiniert und harmonisiert. Es wird die Integration der Topics 1, 2, 4, 5 und 7 erleichtern und auf den Cross Cutting Activities des Programms (z.B. ESM, HI-CAM, MOSES, EXTREMES und REKLIM) aufbauen und zu diesen beitragen. Der Beitrag des KIT an SCENIC wird durch drei Promotionsstellen gewährleistet.

#### **A.2.4.4.9 *Initiativen aus weiteren Pakt-Mitteln bis 2025***

##### **Helmholtz KLIMA-Initiative (HKI)**

Aufgabe der Helmholtz KLIMA-Initiative (HKI) ist es, die Erkenntnisse der klimarelevanten Forschung aller 18 Helmholtz-Zentren zusammenzuführen, neue interdisziplinäre Forschungskooperationen zu fördern und das gebündelte Wissen bedarfs- und transferorientiert auszugestalten. Diese Synthese-Arbeit wird von einem Austausch mit Stakeholdern aus Politik, Medien und der Wirtschaft begleitet – die Helmholtz KLIMA-Initiative vermittelt als Dialog-Plattform Wissen über bzw. Lösungen für die Herausforderungen des Klimawandels. Das KIT ist an verschiedenen laufenden zentrums-übergreifenden HKI-Projekten maßgeblich beteiligt, so z.B. am Projekt „Computergestützte Vorhersagesysteme für Extremereignisse“ oder „Netto-Null-2050 Reality-Check“.

### **A.3 Programmungebundene Forschung**

#### **A.3.1 Zusätzliche Themen innerhalb von Programmen**

Entfällt.

#### **A.3.2 Themen außerhalb von Programmen**

Entfällt.

## **A.4 Wissens- und Technologietransfer (LK III)**

### ***Einleitung***

Der Dienst an der Gesellschaft ist ein grundlegender Bestandteil der Mission des KIT. Als die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft sieht sich das KIT in der Verantwortung, über das eigene Handeln und die Verwendung der eingesetzten Mittel zu informieren, Erkenntnisse und Ergebnisse für Gesellschaft, Wirtschaft, Politik und Kultur zugänglich zu machen und ihre Bedeutung für Wohlstand, Lebensqualität und Wettbewerbsfähigkeit sichtbar zu machen. Das KIT berät gesellschaftliche und politische Institutionen und unterstützt die Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse in der Praxis. Als seine Verantwortung versteht das KIT, die eigenen Forschungsaktivitäten in Beziehung zu Bedarfen der Gesellschaft zu setzen und deren Folgen auch kritisch unter ethischen Gesichtspunkten zu hinterfragen.

Das KIT begreift deshalb den Transfer als übergreifendes Handlungsfeld, in dem es seine Aktivitäten in Forschung, Lehre und Innovation mit der Gesellschaft verknüpft. Das KIT greift aktiv aktuelle Entwicklungen und Bedarfe in der Gesellschaft auf und macht diese für Forschung, Lehre und Innovation gleichermaßen fruchtbar. Zu diesem Zweck wurden international sichtbare Instrumente etabliert, u. a. zu Innovation und Technologietransfer, zur wissenschaftlichen Politikberatung, bei der öffentlichen Berichterstattung oder bei der Vermittlung von Grundlagen guter Wissenschaftskommunikation. Insbesondere das Thema Wissenstransfer wurde seit 2018 am KIT umfassend weiterentwickelt, auch im Rahmen der Antragstellung zur Exzellenzuniversität „Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft | Living the Change“ und durch Maßnahmen wie die „KIT Academy for Responsible Research, Teaching and Innovation (ARRTI)“.

Am KIT ist der Transfer – Wissens- und Technologietransfer – fest in der 2015 verabschiedeten Dachstrategie verankert. In der Mission des KIT ist explizit formuliert: „Wir schaffen und vermitteln Wissen für Gesellschaft und Umwelt.“

Das KIT hat das „Handlungsfeld Innovation“ in seiner Dachstrategie KIT 2025 zum „Handlungsfeld Transfer“ erweitert. Das erweiterte Handlungsfeld Transfer wurde 2022, nach der Beschlussfassung durch das Präsidium und der Diskussion im KIT-Senat, vom Aufsichtsrat des KIT im November 2022 zur Aufnahme in die Dachstrategie KIT 2025 verabschiedet. Bereits 2021 wurde der umfassende Transferbegriff (Wissens- und Technologietransfer) im KIT-Weiterentwicklungsgesetz verankert.

Im Rahmen der Erweiterung des Handlungsfelds Transfer und bereits während der Antragstellung für den Exzellenzuniversitätsantrag 2018 hat sich das KIT sehr intensiv mit dem Begriff Transfer beschäftigt. Die folgende Darstellung zeigt das Verständnis von Transfer (Kommunikation, Beratung und Anwendung mit Gesellschaft, Wirtschaft, Politik und Kultur) des KIT.

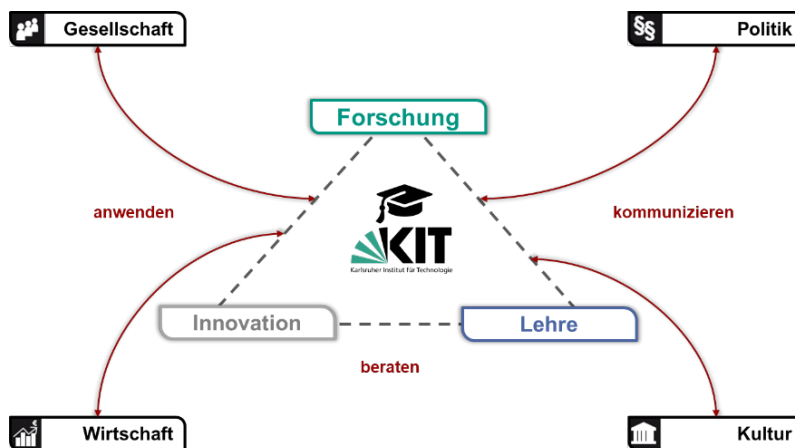


Abbildung 15: Transferverständnis am KIT

Seit Juni 2023 wird das Leitprojekt Transfer am KIT bearbeitet, das die übergeordnete Zielsetzung verfolgt, eine Transferstrategie des KIT zu erarbeiten und die bereits vorhandene Innovationsstrategie um eine Strategie für den Wissenstransfer zu ergänzen. Zu den wesentlichen Pfeilern des Leitprojektes zählen die Schärfung des Transferverständnisses und die Definition des Transferbegriffes, die Ableitung von Zielen und entsprechenden Maßnahmen zur Umsetzung der Strategie sowie das Festlegen des Transfer-Monitorings und der Kennzahlen zur Messung der Transferleistungen unter Berücksichtigung des Indikatoren-Baukastens des Transferbarometers des Stifterverbandes.

| TRANSFER- UND KOOPERATIONSKULTUR |                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |                                                                                                                              |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Transferfelder                   | Institutionelle Voraussetzungen                                                                                                          | Strategie                                                                                                                                                                  | Anreize und Wertschätzung                                                                                                                                           | Operative Strukturen und Prozesse                                                                                                                   | Personal und Ressourcen                                                                                                      |
|                                  |                                                                                                                                          | Ist Transfer Bestandteil in Zielbildungsprozessen und internen/externen Leistungsmessungen?                                                                                | Wird Transfer durch Anreize sichtbar und gezielt gefördert?                                                                                                         | Gibt es operative Strukturen und Prozesse, um Transfer serviceorientiert zu unterstützen?                                                           | Welche personellen und finanziellen Kapazitäten stehen für Transfer zu Verfügung?                                            |
|                                  |                                                                                                                                          | <b>Forschungsbasierte Kooperation und Verwertung</b><br>Anwendung von Forschungsergebnissen für gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzen                             | <b>Relationship-Management</b><br>Aufbau und Entwicklung persönlicher Beziehungen für mögliche spätere Transferaktivitäten                                          | <b>Forschungsinfrastruktur</b><br>Bereitstellung technischer (Großgeräte, Datenbanken) und nicht-technischer Ausstattung (Bibliotheken, Sammlungen) | <b>Entrepreneurship</b><br>Vermittlung von unternehmerischem Denken und Handeln sowie Unterstützung von Gründungsaktivitäten |
|                                  | <b>Transferorientierte Lehre und Weiterbildung</b><br>Einbindung wissenschaftsexterner Partnerinnen und Partner in Lehr- und Lernformate | <b>Wissenschaftliche Beratung für Entscheiderinnen und Entscheider und Betroffene</b><br>Formalisierte Aktivitäten zur Unterstützung wissenschaftsbasierter Entscheidungen | <b>Forschen und Entwickeln mit der Gesellschaft</b><br>Beteiligung gesellschaftlicher Akteurinnen und Akteure am Forschungsprozess und der Entwicklung von Lösungen | <b>Wissenschaftsdialog</b><br>Dialogorientierte Formate der Wissenschaftskommunikation mit der Gesellschaft                                         |                                                                                                                              |

Abbildung 16: Baukasten des Transferbarometers

Im Januar 2023 wurde außerdem die Abteilung Wissenstransfer und politische Beziehungen am KIT in der Dienstleistungseinheit Stab und Strategie eingerichtet. Sie soll die Wissenstransfer-Aktivitäten am KIT erfassen sowie zentrale Ansprechstelle und entry point für die politische Vernetzungsarbeit sein.

2023 kamen auch wieder zahlreiche Abgeordnete, Staatssekretärinnen und -sekretäre sowie Ministerinnen und Minister des Landes Baden-Württemberg und des Bundes sowie internationale Botschafterinnen und Botschafter, Generalkonsulinnen und -konsule an das KIT, um sich über verschiedene Forschungsthemen zu informieren (s. Kap. „Hochrangige Besuche am KIT“). Insgesamt fanden rund 20 Besuche von Abgeordneten, Staatssekretärinnen und -sekretären sowie Ministerinnen und Ministern von Bund und Land sowie rund zehn Besuche von internationalen Gästen aus der Politik statt. Gemeinsam mit dem KIT feierten die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Bettina Stark-Watzinger, und die Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg, Petra Olschowski, am 20. Februar 2023 das Inkrafttreten des 2. KIT-Weiterentwicklungsgesetzes, das seit dem 1. Januar 2023 die forschungsorientierte Lehre, das Potenzial für Spitzenforschung sowie den Transfer stärkt und zahlreiche administrative Grenzziehungen abbaut. Im Rahmen ihrer Sommertour besuchte Bettina Stark-Watzinger am 28. Juli 2023 erneut das KIT, um sich am Institut für Anthropomatik und Robotik und am wbk Institut für Produktionstechnik über die Themen der Künstlichen Intelligenz und nachhaltigen Produktion zu informieren. Am 3. Februar 2023 besuchte der baden-württembergische Ministerpräsident Winfried Kretschmann den Exzellenzcluster Post Lithium Storage (POLiS) am Forschungsstandort Ulm, um sich über die Batterieforschung zu erkundigen. Die baden-württembergische Ministerin für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, Thekla Walker, informierte sich am 16. Februar 2023 über die aktuelle Energie- und Klimaforschung des KIT und besuchte hierzu u. a. das Energy Lab und die AIDA Wolkenkammer. Ferner stellten das Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM) und das GeoLaB ihre Forschung vor. Bundesverkehrsminister Dr. Volker Wissing, das Präsidium der SPD sowie die baden-württembergische Wirtschaftsministerin Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut besuchten bei der Hannover Messe 2023 den – gemeinsam mit dem FZI Forschungszentrum Informatik betriebenen – Stand des KIT im Future Hub, um sich über aktuelle Top-Themen wie das automatisierte Fahren im ÖPNV zu informieren. Außerdem besuchte der baden-württembergische Ministerpräsident Winfried Kretschmann den Stand des KIT bei den Energy Solutions. Um sich über die aktuelle Forschung zu Energie und Klimaschutz zu informieren, besuchte der Bundesvorsitzende der CDU, Friedrich Merz, am 3. April 2023 das KIT. Begleitet wurde er u. a. von Thomas Strobl, Minister für Inneres, Digitalisierung und Migration sowie stellvertretender Ministerpräsident des Landes Baden-Württemberg, und Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut, Ministerin für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus des Landes Baden-Württemberg. Gemeinsam besichtigten sie die Forschungsanlagen NECOC und das Energy Lab. Nachdem das RoofKIT-Demonstrationsgebäude mit dem Solar Decathlon 2021/2022 den größten Bauwettbewerb für Universitäten weltweit gewann, wurde es auf dem Campus Süd des KIT errichtet. Zur feierlichen Eröffnung des RoofKIT-Gebäudes besuchte der baden-württembergische Minister für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Peter Hauk, am 26. April das KIT. In ihrer Rolle als Abgeordnete der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen besuchten Cem Özdemir, Bundesminister für Ernährung und Landwirtschaft, und Christian Kühn, Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, am 25. November 2023, das KIT. Dabei informierten sie sich am Institute for Advanced Membrane Technology (IAMT) über Technologien zur Wasseraufbereitung, insbesondere über die Entfernung von Spurenschadstoffen. Das Vorbeifahrgeräusch von Fahrzeugen zu reduzieren, ist Ziel des Projekts Tyre Road Noise (TyRoN). Dazu entwickeln Forschende des KIT zusammen mit Partnern aus Industrie, Verwaltung und Wissenschaft ein Berechnungsmodell für Lärmemissionen. Zum Auftakt übergab Michael Theurer, Parlamentarischer Staatssekretär beim Bundesminister für Verkehr und Digitales, am 18. Dezember 2023 die Förderurkunde an das Konsortium.



Für den Transfer in seiner ganzen Bandbreite sind am KIT wissenschaftliche Einrichtungen und professionelle Unterstützungsstrukturen vorhanden. Unterschiedliche Organisationseinheiten und Akteurinnen und Akteure sind an vielen Schnittstellen damit befasst, zielgruppen- und themenadäquate Transferformate zu gestalten und zu entwickeln. Die Dienstleistungseinheit Innovations- und Relationsmanagement (IRM) koordiniert die Innovationsaktivitäten am KIT und unterstützt die Bereiche, Institute, Programme und KIT-Zentren beim Technologietransfer in die industrielle Anwendung, der Sicherung von IP und dem Transfer von Schutzrechten sowie der Überführung einer Geschäftsidee in eine Gründung (siehe Kap A.4.2).

Wissenstransfer ist als zentrales Querschnittsthema im Ressort des Präsidenten verankert. Sämtliche Wissenstransfer-Aktivitäten bewegen sich im Rahmen der Dachstrategie KIT 2025. Sie finden auf verschiedenen Ebenen statt und dafür stehen die wissenschaftlichen Einrichtungen und die die Wissenschaft unterstützenden Dienstleistungseinheiten zur Verfügung. Zugleich sind alle Mitglieder und Angehörige Botschafterinnen und Botschafter des KIT und tragen auf diese Weise zu einer offenen Dialogkultur nach innen und außen bei. Das KIT sieht sich in der Verantwortung, die eigenen wissenschaftlichen Aktivitäten in Beziehung zu Bedarfen der Gesellschaft zu setzen und Antworten auf die großen Zukunftsfragen zu geben, wie beispielsweise zur ressourcenschonenden Energie- und Rohstoffversorgung, nachhaltiger Mobilität und Digitalisierung. Dies gilt besonders auch für die Strategien zur Vermeidung und zur Anpassung an den Klimawandel. Das KIT kommuniziert dabei nicht nur Ergebnisse und Erkenntnisse der Wissenschaft, sondern auch über den Wissenschaftsprozess an sich. Dafür hat das KIT international sichtbare Transferinstrumente zur Kommunikation, Beratung und Anwendung entwickelt, wie beispielsweise in der wissenschaftlichen Politikberatung, öffentlichen Wissenschaft sowie der Vermittlung von Grundlagen guter Wissenschaftskommunikation.

### 1. Strategische Verankerung des Wissenstransfers am KIT

Die gesellschaftliche Relevanz aller Aufgaben und Aktivitäten des KIT ist in seiner Mission verankert. Entsprechend ist der Dialog und Austausch mit Wirtschaft und Gesellschaft von großer Bedeutung – sowohl bei der Durchführung seiner Kernaufgaben in Forschung, Lehre und Innovation als auch beim Transfer der Ergebnisse. Insbesondere bei der Beantwortung der großen Zukunftsfragen Digitalisierung, nachhaltige Energieversorgung, Mobilität und Klimawandel ist die Einbindung der Gesellschaft essenziell. Fragen, die die Gesellschaft betreffen und bewegen, greift das KIT auf und trägt damit aktiv dazu bei, die Wissenschaft und ihre Bedeutung für die Bewältigung großer globaler Herausforderungen im öffentlichen Bewusstsein fest zu verankern.

Wissenstransfer ist ein wichtiges Element in der Strategie des KIT und wird ganz entscheidend durch die Institute und die KIT-Zentren sowie die Mitglieder und Angehörigen des KIT geprägt. Das KIT hat in der Dachstrategie KIT 2025, im Exzellenzuniversitätsantrag und im Struktur- und Entwicklungsplan (SEP) 2022-2026 Ziele und Maßnahmen für den Wissenstransfer beschrieben und bereits erste Impulse gesetzt. In der 2015 verabschiedeten Dachstrategie KIT 2025 wurden der Wissens- und Technologietransfer benannt, aber damals bewusst nur der Technologietransfer im Kapitel Innovation ausführlich beschrieben. Im Rahmen der Antragstellung für den Exzellenzuniversitätsantrag hat sich das KIT sehr intensiv mit dem Begriff Transfer beschäftigt. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung des Wissenstransfers und des Dialogs mit der Gesellschaft hat das KIT 2021/2022 das Handlungsfeld Innovation zum Handlungsfeld Transfer erweitert, den im ursprünglichen Kapitel Innovation beschriebenen Technologietransfer um den Wissenstransfer ergänzt und mit der Innovationsstrategie sowie den damit verbundenen Zielen und Maßnahmen verknüpft. Die Erweiterung des Handlungsfeldes Innovation in Transfer wurde in einem entsprechenden Strategieprozess im Laufe des Jahres 2021 und 2022 erarbeitet. Am 9. November 2022 beschloss der Aufsichtsrat des KIT die Aufnahme der Erweiterung des Handlungsfeldes Transfer in die Dachstrategie KIT 2025.

Als Knotenpunkte der vielfältigen und vielgestaltigen Wissenstransfer-Aktivitäten seien im Folgenden die wichtigsten Einrichtungen benannt, an denen die genannten Schwerpunkte verankert sind.

Insbesondere die acht KIT-Zentren, in denen die für das KIT zentralen interdisziplinären Forschungsschwerpunkte gebündelt sind, kommunizieren themenbezogen Ergebnisse aus Forschung, Lehre und Innovation zur weiterführenden Nutzung und Diskussion. 2023 kam außerdem als neuntes Zentrum das KIT-Zentrum Health Technologies hinzu. Hier finden sich Ansprechpartnerinnen und -partner für Politik, Wirtschaft, Kultur und Gesellschaft:

- KIT-Zentrum Energie
- KIT-Zentrum Materialien
- KIT-Zentrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik
- KIT-Zentrum Klima und Umwelt
- KIT-Zentrum Mobilitätssysteme
- KIT-Zentrum Information · Systeme · Technologien
- KIT-Zentrum Mathematik in den Natur-, Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften
- KIT-Zentrum Mensch und Technik
- KIT-Zentrum Health Technologies (seit 2023)

Darüber hinaus befassen sich das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), das Institut für Technikzukünfte (ITZ), das Institut für Informationswirtschaft und Marketing (IISM) und das Karlsruhe Service Research Institute (KSRI) in ihrer Forschung mit dem Transfer und der Wechselwirkung von technologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen. Seit 1990 betreibt das ITAS im Auftrag des Deutschen Bundestages das Büro für Technikfolgen-Abschätzung (TAB). Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages hat einstimmig beschlossen, dass das TAB auch in den kommenden fünf Jahren (vom 1. September 2023 bis zum 31. August 2028) vom ITAS weiter betrieben wird (siehe Highlight-Aktivität).

Mit dem Karlsruher Transformationszentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel (KAT) wird das vom Institut für Technikfolgenabschätzung (ITAS) betriebene „Reallabor 131: KIT findet Stadt“ ausgebaut und verstetigt.

Im Department Wissenschaftskommunikation des Instituts für Technikzukünfte gehören neben der Studierendenausbildung auch Forschungsprojekte zur Kommunikation in und über Wissenschaft zum Profil. Begleitend zu den Forschungsschwerpunkten setzt die Abteilung innovative Projekte aus der Praxis der Wissenschaftskommunikation um. Im Fokus stehen hierbei die Erprobung neuer Formate sowie Berufs- und Forschungsfelder der Wissenschaftskommunikation.

Das ZAK | Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale bietet eine Vielzahl von Veranstaltungsreihen und Formaten zur „Öffentlichen Wissenschaft“ an.

Mit dem Nationalen Institut für Wissenschaftskommunikation (NaWik) ist in Karlsruhe ein bundesweit einzigartiges Institut angesiedelt, das auf dem Gebiet Wissenschaftskommunikation forscht und professionelle Kommunikations- und Medientrainings für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bietet. Gesellschafter sind die Klaus Tschira-Stiftung und das KIT.

Das Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt (FTU) bietet neben internen Fortbildungen auch Kurse, Seminare und Praktika für Teilnehmende mit unterschiedlicher Vorbildung aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung, aber auch für die Öffentlichkeit an. Ursprünglich für den Ausbildungsbedarf der Wissenschaft und Wirtschaft in Reaktorphysik, Kerntechnik und Strahlenschutz gegründet, spielen heute Umweltschutz, neue Technologien, internationales Transfer-Know-how und die breite Informationsvermittlung eine gleichgewichtige Rolle. Mehr als 40 Weiterbildungsangebote pro Semester veranstaltet die AWWK – die Akademie für Wissenschaftliche Weiterbildung Karlsruhe e.V. in den Fachgebieten Naturwissenschaft, Technik und Gesundheit ebenso wie in verschiedenen geisteswissenschaftlichen Disziplinen wie Geschichte, Philosophie, Literatur- oder Musikwissenschaft. Das Angebot richtet sich an alle Bildungsinteressierten, vor allem an Personen, die nach ihrem Berufsleben eine wissenschaftliche Bildung anstreben und an Interessierte, die neben ihrem Beruf weitere Interessensgebiete wissenschaftlich vertiefen möchten.

Das KIT sieht auch den Transfer qualifizierter Absolventinnen und Absolventen sowie Expertinnen und Experten aus Universitäten und weiteren Forschungseinrichtungen in Gesellschaft, Wirtschaft, Politik und Kultur als wichtigen Beitrag für die Zukunftsfähigkeit der Gesellschaft an und bietet neben grundständigen Bachelorstudiengängen und konsekutiven Masterstudiengängen auch weiterbildende Masterstudiengänge an. Mit der HECTOR School bietet das KIT gemeinsam mit der International Department gGmbH sowohl Weiterbildungsmasterstudiengänge als auch Kurse an, die mit einem Zertifikat abschließen.

Die Dienstleistungseinheit Stab und Strategie (STS) ist verantwortlich für die zentrale Kommunikation des KIT nach innen und außen, hier ist auch die Koordination des Wissenstransfers strategisch verortet, ebenso die Mitwirkung im Arbeitskreis Presse und Kommunikation sowie

im 2018 gegründeten Helmholtz-Arbeitskreis „Wissenstransfer“. Außerdem werden eigene Wissenstransfer-Formate entwickelt und koordiniert, wie z. B. das Format der „KIT Science Week“, die 2023 unter dem Motto „Zukunft gemeinsam nachhaltig gestalten“ das Thema Nachhaltigkeit und Klimaschutz in den Vordergrund stellte.

In der Wissenschaftskommunikation berichtet die Abteilung STS-Gesamtkommunikation (STS-GK) zielgruppenbezogen und multimedial über aktuelle Ergebnisse aus der Spitzenforschung des KIT, greift Leistungen in Lehre und Innovation auf und macht die profilschärfenden Themen des KIT einer breiten Öffentlichkeit und weiteren Stakeholdern wie Presse und Politik zugänglich. Jährlich gehen etwa 1.000 Medienanfragen zu Themen aus Forschung, Lehre und Innovation bei der Gesamtkommunikation des KIT ein. Im Jahr 2023 wurde das KIT in deutschsprachigen Printmedien in über 18.100 Artikeln sowie außerdem in über 21.000 Online-Artikeln genannt. Das Forschungsmagazin lookKIT erscheint vierteljährlich mit einer Auflage von 13.000 Exemplaren, nimmt große strategische Themen aus dem KIT in den Blick und fördert den Austausch des KIT mit seinen Stakeholdern in Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Multimediale Themenhighlights auf der Homepage bieten auf vielfältige Weise Einblicke und fungieren als Schaufenster der aktuellen Forschung, der Lehre und der Innovation des KIT. Die Homepage des KIT wurde in den letzten Jahren mehr und mehr zum digitalen Dreh- und Angelpunkt für alle Informationen aus dem KIT ausgebaut. Mit 110 Presseinformationen, einem monatlichen Newsletter für die Medien sowie einem Expertinnen- und Expertenportal zur Vermittlung kompetenter Ansprechpersonen bietet das KIT zudem ein zielgerichtetes Portfolio für die Medien an und unterstützt Journalistinnen und Journalisten bei der Recherche. Zu tagesaktuellen Themen veröffentlicht STS-GK Einschätzungen von Expertinnen und Experten des KIT. Neben Wissenschaftsvideos und regelmäßigen Podcasts konnte das KIT seine Reichweite in den sozialen Medien erneut steigern. Mehr als 137.000 Menschen folgen dem KIT auf LinkedIn, rund 43.300 auf Facebook. Der X-Account des KIT hat rund 37.000 Follower, den Instagram-Account des KIT abonnieren rund 28.600 Personen. Rund 8.600 Abonnentinnen und Abonnenten zählt der YouTube-Kanal des KIT. Der Mastodon-Account des KIT war 2023 mit fast 2.400 Followern der reichweitenstärkste aller deutschen Hochschulen.

## 2. Highlights aus dem Wissenstransfer

Aus der Vielzahl an hochkarätigen Wissenstransfer-Aktivitäten am KIT sollen folgende Leuchtturm-Projekte und -Aktivitäten hervorgehoben werden:

| Highlight-Aktivität                                                                                                     | Ressourcen                                                       | Zielgruppe                                     | Ansprechperson im Zentrum | Zuordnung zum Helmholtz-Forschungsbereich |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------|
| KIT Science Week                                                                                                        | 1,5 VZÄ, plus Mitwirkung der Administration und der Institute    | Öffentlichkeit, Kultur, Wirtschaft und Politik | Natalie Gaab              | Übergreifend über alle Forschungsbereiche |
| Veranstaltungsformat der WISSENSWOCHEN im TRIANGEL Transfer I Kultur I Raum                                             | 5,1 VZÄ (Personal des TRIANGEL), plus Mitwirkung der KIT-Zentren | Öffentlichkeit, Wirtschaft und Wissenschaft    | Dr. Jens Fahrenberg       | Übergreifend über alle Forschungsbereiche |
| Verlängerung der Laufzeit des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) für fünf weitere Jahre | 9,8 VZÄ                                                          | Öffentlichkeit und Politik                     | Prof. Dr. Armin Grunwald  | Übergreifend über alle Forschungsbereiche |
| Nerds retten die Welt – Eine Veranstaltung des Badischen Staatstheaters und des KIT                                     | 0,5 VZÄ                                                          | Öffentlichkeit                                 | Dagmar Vössing            | Übergreifend über alle Forschungsbereiche |

### KIT Science Week 2023

Eine der Maßnahmen, mit der das KIT seine Interaktion mit der Gesellschaft stärkt, ist die seit 2021 alle zwei Jahre stattfindende KIT Science Week. Unter dem Motto „Zukunft gemeinsam nachhaltig gestalten“ kombinierte die zweite KIT Science Week vom 10. bis 15. Oktober 2023 ein hochkarätiges wissenschaftliches Fachprogramm mit vielfältigen Veranstaltungsformaten für die Öffentlichkeit und speziellen Angeboten für verschiedene Zielgruppen. Bei der KIT Science Week arbeitet das KIT mit der Stadt Karlsruhe und weiteren regionalen Akteuren zusammen. Ein Ziel ist es, Impulse aus der Gesellschaft in das Agenda Setting des KIT mitaufzunehmen. Bei der KIT Science Week 2023 waren insgesamt 11.000 Menschen in Präsenz und online dabei. Mehr als 8.000 Personen besuchten die rund 60 Veranstaltungen vor Ort. Das vielfältige Programm setzte sich zusammen aus der offiziellen Eröffnung mit einer hochrangig

besetzten Podiumsdiskussion und der Keynote „Mensch und Mitwelt – was hält uns zusammen?“ von Prof. Dr. Antje Boetius, Bürgerdialogen, Workshops für Kinder, einer wissenschaftlichen Konferenz, Führungen und Besichtigungen von Laboren sowie Konzerte als musikalische Ergänzung der unterschiedlichen Formate.

### **Veranstaltungsformat der WISSENSWOCHEN im TRIANGEL Transfer | Kultur | Raum**

Um dem Wissenstransfer zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und insbesondere Gesellschaft eine Plattform zu geben, hat das KIT in der Innenstadt von Karlsruhe das TRIANGEL als Transfer | Kultur | Raum etabliert. Mit einem breiten Spektrum an partizipativen Formaten, von Vorträgen über Podiumsdiskussionen bis zu Ausstellungen, können Bürgerinnen und Bürger Forschungsergebnisse und ihren Nutzen erleben und daran teilhaben. Die in diesem Kontext umgesetzten Wissenswochen als „Schaufenster“ der Forschung und Lehre am KIT beleuchten jeweils ein Themenfeld intensiver. Im Jahr 2023 waren das u. a. die Themen Architektur und Bautechnologie, Mobilität, Umwelt und Ressourcen sowie die Tage der Demokratie. Mit kreativen Formaten und zielgruppenspezifischen Herangehensweisen werden aktuelle Diskurse für alle erlebbar und nachvollziehbar. Von leichter Kost am Mittag über aktivierende Mitmachformate und Workshops bis hin zu tiefergehenden Diskussionsrunden am Abend – das Konzept der WISSENSWOCHE bietet vielfältige Möglichkeiten, ein Thema zu entdecken und zu durchdringen. Ziel ist es, mit diesen Formaten zu aktivieren, einzubinden und aufzurütteln: Wissenstransfer – vielseitig, interdisziplinär und weltoffen zu gestalten.

### **Verlängerung der Laufzeit des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) für fünf weitere Jahre**

Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) ist eine selbstständige wissenschaftliche Einrichtung, die den Deutschen Bundestag und seine Ausschüsse in Fragen des wissenschaftlich-technischen Wandels berät. Seit 1990 wird das TAB vom Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des KIT betrieben. Mit seinen Analysen neuer wissenschaftlich-technologischer Entwicklungen und deren Auswirkungen auf Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft leistet das TAB einen Beitrag zur informierten Entscheidungsfindung politisch Verantwortlicher und zur öffentlichen Meinungsbildung über das Parlament hinaus. Das KIT ist mit seinem Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) damit beauftragt worden, das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag auch in den kommenden fünf Jahren (vom 1. September 2023 bis zum 31. August 2028) zu betreiben, dies hat der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages einstimmig beschlossen.

### **Nerds retten die Welt – Eine Veranstaltung des Badischen Staatstheaters und des KIT**

Der Transfer zwischen Wissenschaft, Kultur, Wirtschaft und Gesellschaft ist eine wichtige Aufgabe in einer herausfordernden Zeit. Um Forschung und Theater noch enger miteinander zu verbinden, interpretierte das Badische Staatstheater Karlsruhe gemeinsam mit dem KIT vom 15. Juni bis 20. Juli 2023 in der Inszenierung „Nerds retten die Welt“ aktuelle Forschungsthemen des KIT auf künstlerische Weise. Diese Wissenschaftsperformances boten an mehreren Orten auf dem Campus Süd des KIT einen kreativen Ausblick Richtung Zukunft. Aktuelle Forschung des KIT aus den Themengebieten Mobilität, Künstliche Intelligenz, Energie sowie Klima und Umwelt bildete die Grundlage für die gemeinsame Performance. Auf der Basis von Gesprächen mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des KIT entstand zusammen mit dem Badischen Staatstheater ein Mix aus Videoinstallation und Aufführung.

### 3. Weitere Wissenstransfer-Aktivitäten 2023

In Anlehnung an die Paktabfrage und den Programmfortschrittsbericht umfasst die Tabelle Wissenstransfer-Initiativen und Informationsdienste sowie eine Übersicht zu nicht-institutionalisierten Aktivitäten für das Jahr 2023.

#### Wissenstransfer-Initiativen

| Name der Wissenstransfer-Initiative und ggf. URL der Web-Seite                                                                                                                                                                                    | Hauptzielgruppe/n                                                             | Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ)                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Exzellenzvorhaben <b>ARRTI Academy for Responsible Research, Teaching and Innovation</b><br><br><a href="http://www.arrrti.kit.edu/deutsch/infooeffentlichkeit.php">www.arrrti.kit.edu/deutsch/infooeffentlichkeit.php</a>                        | Öffentlichkeit, außerhalb der Scientific Community, Studierende, Wissenschaft | 8,1 VZÄ, drittmittelfinanziert                                                                                                     |
| <b>Energy Ambassadors</b><br><br><a href="https://www.energie.kit.edu/21_894.php">https://www.energie.kit.edu/21_894.php</a><br><a href="https://www.energie.kit.edu/21_1297.php">https://www.energie.kit.edu/21_1297.php</a>                     | Schülerinnen und Schüler, Parteien                                            | 0,1 VZÄ, Einbindung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des KIT<br><br>KIT-Zentrum Energie                               |
| <b>Energy Lab</b><br><br><a href="http://www.elab2.kit.edu/index.php">www.elab2.kit.edu/index.php</a>                                                                                                                                             | Wissenschaft, Öffentlichkeit                                                  | 1,2 VZÄ, drittmittelfinanziert<br><br>Das Energy Lab ist ein Projekt des KIT in Kooperation mit den Helmholtz-Zentren DLR und FZJ. |
| <b>Dein BalkonNetz –</b><br>Energie schafft Gemeinschaft<br><br><a href="http://www.itas.kit.edu/projekte_boeg20_debane.php">www.itas.kit.edu/projekte_boeg20_debane.php</a>                                                                      | Öffentlichkeit                                                                | 0,3 VZÄ<br><br>Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse                                                             |
| <b>Verbundprojekt ZuSkE:</b><br>Die Zukunft der Sektorkopplung auf kommunaler Ebene – gemeinsam gestalten, bewerten und handeln<br><br><a href="http://www.itas.kit.edu/projekte_schm20_zuske.php">www.itas.kit.edu/projekte_schm20_zuske.php</a> | Kommunen                                                                      | drittmittelfinanziert<br><br>Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse                                               |
| <b>KIT im Rathaus</b><br><br>Eine Vortragsreihe, die Einblicke in die Arbeit der KIT-Zentren gibt<br><br><a href="http://www.zak.kit.edu/kit_im_rathaus.php">www.zak.kit.edu/kit_im_rathaus.php</a>                                               | Öffentlichkeit, Schülerinnen und Schüler (der Oberstufe), Studierende         | haushaltsfinanziert<br><br>ZAK   Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale                                    |
| Podiumsdiskussion <b>Karlsruher Umweltimpulse 2023</b><br><br><a href="https://www.klima-umwelt.kit.edu/1447.php">https://www.klima-umwelt.kit.edu/1447.php</a>                                                                                   | Wissenschaft, Öffentlichkeit                                                  | k. A.<br><br>KIT-Zentrum Klima und Umwelt                                                                                          |
| <b>KATRIN 360° virtuelle Führung</b><br><br><a href="https://vr.nawik.de/">https://vr.nawik.de/</a>                                                                                                                                               | Studierende der Physik                                                        | 0,1 VZÄ<br><br>Nationales Institut für Wissenschaftskommunikation (NaWik) gemeinsam mit KIT, u. a. Helmholtz Programm Materie      |

| Name der Wissenstransfer-Initiative und ggf. URL der Web-Seite                                                                                                                                                                                                  | Hauptzielgruppe/n                                                                                                                                                            | Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Auger public data and analyses notebooks</b><br><a href="https://opendata.auger.org/">https://opendata.auger.org/</a>                                                                                                                                        | Wissenschaft außerhalb der Auger-Kollaboration, Studierende der Physik, Schülerinnen und Schüler in MINT-Fächern                                                             | 0,2 VZÄ<br>Helmholtz Programm Materie                                 |
| <b>KASCADE Cosmic Ray Data Centre (KCDC)</b><br><a href="https://www.iap.kit.edu/kcdc/index.php">https://www.iap.kit.edu/kcdc/index.php</a>                                                                                                                     | Öffentlichkeit, Wissenschaft außerhalb der KASCADE-Grande-Kollaboration, Studierende der Physik, Schülerinnen und Schüler in MINT-Fächern                                    | 0,5 VZÄ<br>Helmholtz Programm Materie                                 |
| <b>Hercules European School am KIT</b><br><a href="https://hercules-school.eu/sites/default/files/file/booklets_schedules/Hercules2022_Booklet_web.pdf">https://hercules-school.eu/sites/default/files/file/booklets_schedules/Hercules2022_Booklet_web.pdf</a> | Internationale Studierende, Promovierende, Postdocs und Forschende                                                                                                           | k. A.<br>Institut für Beschleunigerphysik und Technologie             |
| <b>MasterClasses – Netzwerk Teilchenwelt</b> – Astroteilchen-Experiment<br><a href="http://www.teilchenwelt.de/angebote/astroteilchen-experimente/">www.teilchenwelt.de/angebote/astroteilchen-experimente/</a>                                                 | Schülerinnen und Schüler in MINT-Fächern                                                                                                                                     | 0,2 VZÄ<br>Helmholtz Programm Materie                                 |
| <b>International Cosmic Day</b><br><a href="https://icd.desy.de">https://icd.desy.de</a>                                                                                                                                                                        | Studierende der Physik, Schülerinnen und Schüler in MINT-Fächern                                                                                                             | 0,1 VZÄ<br>Helmholtz Programm Materie                                 |
| <b>NanoMat</b><br><a href="http://www.nanomat.de">www.nanomat.de</a>                                                                                                                                                                                            | NanoMat Netzwerk, Hochschulinrichtungen, Forschungsinstitute, kleine, mittelständische und Großunternehmen sowie Verbände, Partnerinnen und Partner der Drittmittelprojekte  | 1 VZÄ<br>KIT-Zentrum Materialien                                      |
| <b>Förderstipendium Simulierte Welten</b><br><a href="http://www.scc.kit.edu/forschung/11727.php">www.scc.kit.edu/forschung/11727.php</a>                                                                                                                       | Schülerinnen und Schüler der 10. und 11. Klasse                                                                                                                              | 3 VZÄ drittmittelfinanziert<br>Scientific Computing Center            |
| <b>Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt</b><br><a href="http://www.fortbildung.kit.edu">www.fortbildung.kit.edu</a>                                                                                                                                       | Berufliche Fortbildung                                                                                                                                                       | k. A.                                                                 |
| <b>Teilnahme am Girls Day</b><br><a href="http://www.chg.kit.edu/girlsday.php">www.chg.kit.edu/girlsday.php</a>                                                                                                                                                 | Schülerinnen ab der 5. Klasse                                                                                                                                                | k. A.                                                                 |
| <b>Graduate School ENZO – Enabling Net Zero</b><br><a href="http://www.enzo.kit.edu">www.enzo.kit.edu</a>                                                                                                                                                       | Angebote im Rahmen der Ringvorlesungen und ENZO Lectures für die Öffentlichkeit, Durchführung von Real-World Projekten mit Outreach mit der Öffentlichkeit (je nach Projekt) | 0,8 VZÄ                                                               |
| <b>Quartier „Gredler Areal“ Karlsdorf Neuthard</b>                                                                                                                                                                                                              | Fachlicher Austausch mit Vertreterinnen und Vertretern der Gemeinde Karlsdorf-Neuthard                                                                                       | 0,1 VZÄ                                                               |
| <b>TrafoKommunE – Transformationsprozess für die kommunale Energiewende</b><br><a href="http://www.itas.kit.edu/projekte_stel20_trafokommune.php">www.itas.kit.edu/projekte_stel20_trafokommune.php</a>                                                         | Stadtwerke, Verteilnetzbetreiber                                                                                                                                             | 3 VZÄ, drittmittelfinanziert                                          |



| <b>Name der Wissenstransfer-Initiative und ggf. URL der Web-Seite</b>                                                                                                                                            | <b>Hauptzielgruppe/n</b>                                            | <b>Personelle Ausstattung</b> (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Karlsruher Reallabor Nachhaltiger Klimaschutz (KARLA)</b><br><br><a href="http://www.its.kit.edu/projekte_paro21_kar-nak.php">www.its.kit.edu/projekte_paro21_kar-nak.php</a>                                 | Öffentlichkeit, Wissenschaft                                        | 3,0 VZÄ, drittmittelfinanziert                                               |
| <b>Netzwerk Reallabore der Nachhaltigkeit</b><br><br><a href="http://www.reallabor-netzwerk.de">www.reallabor-netzwerk.de</a>                                                                                    | Öffentlichkeit, Wirtschaft, Politik                                 | k. A.                                                                        |
| <b>Quartier Zukunft</b><br><b>(als Teil des Karlsruher Transformationszentrums für Nachhaltigkeit und Kulturwandel)</b><br><br><a href="http://www.quartierzukunft.de">www.quartierzukunft.de</a>                | Öffentlichkeit, Kultur, Wirtschaft, Politik                         | k. A.                                                                        |
| <b>Mobiles Partizipationslabor (MobiLab)</b><br><br><a href="http://www.mensch-und-technik.kit.edu/1125.php">www.mensch-und-technik.kit.edu/1125.php</a>                                                         | Öffentlichkeit, Wissenschaft                                        | 0,4 VZÄ                                                                      |
| <b>technik.kontrovers 2023</b><br><br><a href="https://www.its.kit.edu/veranstaltungen_2023_technikkontrovers.php">https://www.its.kit.edu/veranstaltungen_2023_technikkontrovers.php</a>                        | Öffentlichkeit                                                      | 0,2 VZÄ                                                                      |
| <b>Urbane Xtopien: Freiräume der Zukunft</b><br><br><a href="http://xtopien.org">xtopien.org</a>                                                                                                                 | Öffentlichkeit                                                      | 0,1 VZÄ                                                                      |
| <b>Karlsruher Schule der Nachhaltigkeit</b><br><br><a href="https://www.mensch-und-technik.kit.edu/ksn.php">https://www.mensch-und-technik.kit.edu/ksn.php</a>                                                   | Studierende, Nachhaltigkeitsakteurinnen und -akteure                | 0,2 VZÄ                                                                      |
| <b>Ethikkodex für Reallabore</b><br><br><a href="http://www.its.kit.edu/fg_kat_hipo22_erlab.php">www.its.kit.edu/fg_kat_hipo22_erlab.php</a>                                                                     | Reallabor-Forschende, transdisziplinär und transformativ Forschende | 1 VZÄ                                                                        |
| <b>DuPa – Dual Mode Participation: Window of Opportunity for Inclusive Real-World Labs</b><br><br><a href="http://www.its.kit.edu/projekte_boeg21_dupa.php">www.its.kit.edu/projekte_boeg21_dupa.php</a>         | Inter- und transdisziplinär Forschende, Öffentlichkeit              | 0,3 VZÄ                                                                      |
| <b>Selbstexperimente-Format</b><br><br><a href="https://www.transformationszentrum.org/mein-selbstexperiment.php">https://www.transformationszentrum.org/mein-selbstexperiment.php</a>                           | Öffentlichkeit                                                      | 0,1 VZÄ                                                                      |
| <b>Seminar „Mehr Solarenergie = weniger Denkmalschutz?“</b><br><br><a href="https://www.transformationszentrum.org/seminar-solarenergie.php">https://www.transformationszentrum.org/seminar-solarenergie.php</a> | Studierende, Stadt Karlsruhe                                        | k. A.                                                                        |
| <b>Veranstaltungsreihe Future Bowl</b><br><br><a href="http://www.reallabor-karla.de/news-future-bowl.php">www.reallabor-karla.de/news-future-bowl.php</a>                                                       | Regionale Gastronomie, Kantinen                                     | 0,3 VZÄ                                                                      |
| <b>Nachhaltigkeitsspaziergänge</b><br><br><a href="https://nachhaltigkeitsspaziergangka.wordpress.com/ueber/">https://nachhaltigkeitsspaziergangka.wordpress.com/ueber/</a>                                      | Öffentlichkeit                                                      | 0,2 VZÄ                                                                      |

| Name der Wissenstransfer-Initiative und ggf. URL der Web-Seite                                                                                                                                                                                                                                                        | Hauptzielgruppe/n                                                                  | Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Balkonsolar Selbstbau-Workshops</b><br><br><a href="https://www.reallabor-karla.de/News_Selbstbau-Solar-Workshop.php">https://www.reallabor-karla.de/News_Selbstbau-Solar-Workshop.php</a>                                                                                                                         | Öffentlichkeit                                                                     | 0,2 VZÄ                                                               |
| <b>SWR Ökochecker Video auf Youtube</b><br><br><a href="http://www.youtube.com/watch?v=13lNyf7J5i4">www.youtube.com/watch?v=13lNyf7J5i4</a>                                                                                                                                                                           | Öffentlichkeit<br><br>Bis heute mehr als 550.000 Aufrufe                           | k. A.                                                                 |
| <b>Grüne Lunge 2.0</b><br><br><a href="https://www.projekt-gruene-lunge.de/gruenelunge2.php">https://www.projekt-gruene-lunge.de/gruenelunge2.php</a>                                                                                                                                                                 | Kommunale Akteurinnen und Akteure                                                  | 0,5 VZÄ                                                               |
| <b>Bürger*innendialog 2023: Klimaschutz belohnen! Aber wie?</b><br><br><a href="https://www.itas.kit.edu/veranstaltungen_2023_buergerdialog_klimaschutz.php">https://www.itas.kit.edu/veranstaltungen_2023_buergerdialog_klimaschutz.php</a>                                                                          | Öffentlichkeit                                                                     | 0,5 VZÄ                                                               |
| <b>Wissenswochen</b><br><br><a href="https://www.triangel.space/wissenswochen/">https://www.triangel.space/wissenswochen/</a>                                                                                                                                                                                         | Öffentlichkeit, Kultur, Wirtschaft, Politik, Studierende, Schülerinnen und Schüler | 5,1 VZÄ (Personal des TRIANGEL), plus Mitwirkung der KIT-Zentren      |
| Beteiligung an <b>TRANSENS</b> Transdisziplinäre Forschung zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland<br><br><a href="http://www.transens.de">www.transens.de</a>                                                                                                                                         | Wissenschaft, Öffentlichkeit                                                       | 0,5 VZÄ                                                               |
| Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Programms NUSAFE beantworten zahlreicher <b>Medienanfragen, Interviewwünsche, Filmaufnahmen</b> zu Themen wie <b>Energiekrise u. weitere Kernenergienutzung in Deutschland /Streckbetrieb, Sicherheitslage im ukrainischen Kernkraftwerk Saporischschja</b>              | Öffentlichkeit                                                                     | 0,3 VZÄ                                                               |
| <b>Machbarkeitsstudie Kommunalen Klimaschutz</b><br><br><a href="https://www.itas.kit.edu/projekte_stel22_makokli.php">https://www.itas.kit.edu/projekte_stel22_makokli.php</a>                                                                                                                                       | Kommunale Verwaltung, Stadtwerke                                                   | 0,8 VZÄ                                                               |
| <b>Social-Media-Kanäle (u. a. des Süddeutschen Klimabüros, CEDIM) (@Klimabuerokit)</b><br><br><a href="http://www.instagram.com/klimabuerokit">www.instagram.com/klimabuerokit</a><br><a href="https://www.youtube.com/channel/UCox9O6bGwMrO-qF9SH8ALBA">https://www.youtube.com/channel/UCox9O6bGwMrO-qF9SH8ALBA</a> | Öffentlichkeit                                                                     | k. A.                                                                 |
| <b>Brain Bites @TRIANGEL Transfer I Kultur I Raum</b><br><br><a href="https://www.triangel.space/brain-bites/">https://www.triangel.space/brain-bites/</a>                                                                                                                                                            | Wissenschaft, Öffentlichkeit                                                       | k. A.                                                                 |
| <b>SynCom</b><br><br><a href="https://earthenvironment.helmholtz.de/changing-earth/de/syncom">https://earthenvironment.helmholtz.de/changing-earth/de/syncom</a>                                                                                                                                                      | Wissenschaft, Öffentlichkeit                                                       | 1 VZÄ                                                                 |

| Name der Wissenstransfer-Initiative und ggf. URL der Web-Seite                                                                                                                                                                                          | Hauptzielgruppe/n                                                                                                                                                                             | Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Veranstaltungsreihe <b>technik.kontrovers</b><br><br><a href="http://www.itas.kit.edu/technikkontrovers">www.itas.kit.edu/technikkontrovers</a>                                                                                                         | Öffentlichkeit                                                                                                                                                                                | 1,5 VZÄ                                                               |
| <b>Privacy Friendly Apps</b><br><br><a href="https://secuso.aifb.kit.edu/105.php">https://secuso.aifb.kit.edu/105.php</a>                                                                                                                               | Öffentlichkeit                                                                                                                                                                                | 0,5 VZÄ                                                               |
| <b>NoPhish</b><br><br><a href="https://secuso.aifb.kit.edu/betruegerische_nachrichten_erkennen.php">https://secuso.aifb.kit.edu/betruegerische_nachrichten_erkennen.php</a>                                                                             | Öffentlichkeit, (Endnutzerinnen und -nutzer), Wirtschaft (Unternehmen)                                                                                                                        | 0,5 VZÄ                                                               |
| Lernlabor Cybersecurity<br><br><a href="https://www.cybersicherheit.fraunhofer.de/">https://www.cybersicherheit.fraunhofer.de/</a>                                                                                                                      | Wirtschaft                                                                                                                                                                                    | 3 VZÄ                                                                 |
| Studierendenprojekt „Hallo, Sie haben da ein Sicherheitsproblem!“<br><br><a href="https://www.studienstiftung.de/kalender/programmlinien/detail/22023102/">https://www.studienstiftung.de/kalender/programmlinien/detail/22023102/</a>                  | Studierende                                                                                                                                                                                   | 0,1 VZÄ                                                               |
| Untersuchung von frühen Feedbackzyklen in Softwareentwicklungsprozessen für verteilte und plattformübergreifende Systeme                                                                                                                                | Wirtschaft                                                                                                                                                                                    | 0,8 VZÄ                                                               |
| <b>Nacht der Wissenschaft</b><br><br><a href="http://www.ndw-ka.de">www.ndw-ka.de</a>                                                                                                                                                                   | Öffentlichkeit                                                                                                                                                                                | k. A.                                                                 |
| Beiträge aus dem Programm <b>MML</b> und der BMBF-Projekte <b>HIGHLIFE</b> , <b>KI-MORPH</b> , <b>KI4D4E</b> und <b>SMART-Morph</b> zur BIOME-DISA-AI Plattform und zu den NFDIs DAPHNE4NFDI und NFDI4Biodiversity.                                     | Betreiber von Photonen- und Neutronenquellen und deren wissenschaftliche und industrielle Nutzercommunity, sowie Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger zu Fragen der Biodiversität | 2 VZÄ                                                                 |
| <b>KITTEN</b> – Testfeld von KARA und Energy Lab 2.0<br><br><a href="http://www.ibpt.kit.edu/kitten.php">www.ibpt.kit.edu/kitten.php</a><br><br>(Webpräsenz derzeit im Aufbau)                                                                          | Wissenschaft, Wirtschaft, Forschungs-Communities, Öffentlichkeit                                                                                                                              | 0,5 VZÄ                                                               |
| KCETA Vortrag und Ausstellungen im Rahmen des Wissenschaftsfestivals EFFEKTE: "Was wissen wir eigentlich schon von unserem Universum?"<br><br><a href="https://www.kceta.kit.edu/veranstaltungen.php">https://www.kceta.kit.edu/veranstaltungen.php</a> | Öffentlichkeit                                                                                                                                                                                | 0,2 VZÄ                                                               |
| KCETA Vortragsreihe im Naturkundemuseum Karlsruhe im Rahmen des Wissenschaftsjahres "Unser Universum"<br><br><a href="https://www.kceta.kit.edu/veranstaltungen.php">https://www.kceta.kit.edu/veranstaltungen.php</a>                                  | Öffentlichkeit                                                                                                                                                                                | 1 VZÄ                                                                 |
| <b>KCETA – Schüleraktivitäten</b>                                                                                                                                                                                                                       | Schüler und Schülerinnen in Oberstufen                                                                                                                                                        | k. A.                                                                 |

| Name der Wissenstransfer-Initiative und ggf. URL der Web-Seite                                                                                                                                                                                                                     | Hauptzielgruppe/n                                                                     | Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Luftschauer-Simulation CORSIKA 8</b><br><a href="http://www.iap.kit.edu/corsika/88.php">www.iap.kit.edu/corsika/88.php</a>                                                                                                                                                      | Öffentlichkeit, außerhalb der Scientific Community, Studierende, Wissenschaft         | 1 VZÄ                                                                 |
| <b>Simulation KASSIOPEIA und ORCA zu KATRIN</b><br><a href="https://github.com/KATRIN-Experiment/Kassiopeia">https://github.com/KATRIN-Experiment/Kassiopeia</a>                                                                                                                   | Öffentlichkeit, außerhalb der Scientific Community, Studierende; Wissenschaft         | 1 VZÄ                                                                 |
| <b>Daten- und Job-Transfers zwischen Computing-Infrastrukturen TARDIS und COBALD</b><br><a href="https://github.com/MatterMiners/tardis">https://github.com/MatterMiners/tardis</a><br><a href="https://github.com/MatterMiners/cobald">https://github.com/MatterMiners/cobald</a> | Öffentlichkeit, außerhalb der Scientific Community; Studierende; Wissenschaft         | 2 VZÄ                                                                 |
| <b>KIT Science Week 2023</b><br><a href="http://www.scienceweek.kit.edu/index.php">www.scienceweek.kit.edu/index.php</a><br><br>nächste KIT Science Week in 2025, alle zwei Jahre, Thema 2023: „Zukunft gemeinsam nachhaltig gestalten“                                            | Öffentlichkeit, Kultur, Wirtschaft und Politik, Studierende, Schülerinnen und Schüler | 1,5 VZÄ und unter Mitwirkung der Administration und der Institute     |
| Beteiligung <b>Strategiedialog Automobilwirtschaft</b><br><br><a href="https://stm.baden-wuerttemberg.de/de/themen/strategiedialog-automobilwirtschaft/">https://stm.baden-wuerttemberg.de/de/themen/strategiedialog-automobilwirtschaft/</a>                                      | Politik                                                                               | k. A.                                                                 |
| <b>Kulturlabor Freiburg</b><br><a href="http://www.freiburg.de/pb/1789804.html">www.freiburg.de/pb/1789804.html</a><br><br>Beteiligung des ITAS ab 2022                                                                                                                            | Künstlerinnen und Künstler, Kulturschaffende, Kulturengagierte, Kulturverwaltung      | 0,3 VZÄ                                                               |
| <b>Reallabor Robotische KI</b><br><a href="https://www.robotics-ai.kit.edu/">https://www.robotics-ai.kit.edu/</a>                                                                                                                                                                  | Öffentlichkeit, Praxispartnerinnen und -partner                                       | 1,1 VZÄ                                                               |
| <b>Reallabor ERNIE</b><br><br>Echtzeitentscheidungen bei riskantem Nichtwissen in der Impaktvorhersage von Extremereignissen, startet 2024<br><br><a href="http://www.kit.edu/kit/reallabore-vom-wissen-zum-handeln.php">www.kit.edu/kit/reallabore-vom-wissen-zum-handeln.php</a> | Öffentlichkeit                                                                        | k. A.                                                                 |
| <b>ACCESS@KIT</b><br><br><a href="https://www.access.kit.edu/index.php">https://www.access.kit.edu/index.php</a>                                                                                                                                                                   | Öffentlichkeit, Studierende                                                           | k. A.                                                                 |
| <b>Reallabor Barrierefreiheit</b><br><br><a href="https://www.accessibility.kit.edu/index.php">https://www.accessibility.kit.edu/index.php</a>                                                                                                                                     | Öffentlichkeit, Studierende                                                           | 5,2 VZÄ                                                               |
| <b>Tage der Demokratie</b><br><br><a href="http://www.triangel.space/tage-der-demokratie/">www.triangel.space/tage-der-demokratie/</a>                                                                                                                                             | Öffentlichkeit                                                                        | 0,1 VZÄ                                                               |
| <b>Forschungsblog KIT-Zentrum Mensch und Technik</b><br><br><a href="http://www.mensch-und-technik.kit.edu/forschungsblog.php">www.mensch-und-technik.kit.edu/forschungsblog.php</a>                                                                                               | Öffentlichkeit, Wissenschaft, Journalistinnen und Journalisten                        | k. A.                                                                 |

| Name der Wissenstransfer-Initiative und ggf. URL der Web-Seite                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Hauptzielgruppe/n                                                                                                                                                                          | Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Kompetenzzentrum Usability</b> und UIG e.V.<br><a href="http://www.kompetenzzentrum-usability.digital">www.kompetenzzentrum-usability.digital</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Usability und User Experience im deutschen Mittelstand / Initiative Mittelstand Digital; Bereitstellung von Wissen, Veranstaltungen und das UIG Siegel für nutzerzentrierte SW-Entwicklung | 1 VZÄ                                                                 |
| <b>ProKI-Karlsruhe</b><br><a href="https://proki-netz.de/proki-karlsruhe/">https://proki-netz.de/proki-karlsruhe/</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Industrie, Klein- und Mittelständische Unternehmen (KMU)                                                                                                                                   | k. A.                                                                 |
| <p>Das KIT-Zentrum MathSEE führt monatliche <b>Podcasts über Mathematik und angewandte Mathematik mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern</b> aller Karrierestufen, von Doktorandinnen und Doktoranden bis hin zu leitenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, zu Themen von gesellschaftlicher Bedeutung durch und will den Menschen die Mathematik näherbringen.</p> <p>Der Podcast wurde vom Stifterverband für deutsche Wissenschaft mit der Hochschulperle digital im Februar 2015 ausgezeichnet und hat seit 2013 bereits 250 Folgen produziert.</p> <p><a href="https://www.math.kit.edu/ianm4/seite/modellansatz/de">https://www.math.kit.edu/ianm4/seite/modellansatz/de</a></p> | Öffentlichkeit                                                                                                                                                                             | k. A.                                                                 |
| <p>Das KIT-Zentrum MathSEE organisierte <b>Workshops</b>, um den <b>Austausch</b> zwischen Mathematikerinnen und Mathematikern, Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern sowie Ingenieurinnen und Ingenieuren zu fördern und die komplexen interdisziplinären Forschungsthemen einer breiten Öffentlichkeit und Schülerinnen und Schülern näher zu bringen.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Forschende, Öffentlichkeit, Schülerinnen und Schüler                                                                                                                                       | k. A.                                                                 |
| <b>ADC-MAPP</b> – Analyse- und Datenzentrum für die Multimessenger Astroteilchenphysik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Gesamte Forschungs-Community der Astroteilchenphysik sowie die Öffentlichkeit durch die Bereitstellung wissenschaftlicher Daten                                                            | k. A.<br><br>KIT-Zentrum Elementarteilchen und Astroteilchenphysik    |

## Informationsdienste

| Name des Informationsdienstes und ggf. URL der Web-Seite                                                                                                                                                                     | Hauptzielgruppe/n                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Süddeutsches Klimabüro</b><br><br><a href="http://www.sueddeutsches-klimabuero.de/ATMO-Wissenstransfer.php">www.sueddeutsches-klimabuero.de/ATMO-Wissenstransfer.php</a>                                                  | Das Süddeutsche Klimabüro am KIT vermittelt zwischen Klimaforschung und Gesellschaft und stellt für Medien, öffentliche Organisationen sowie Entscheidungsträgerinnen und -träger aus Wirtschaft und Politik wissenschaftliche Informationen zu Klima und den Auswirkungen des regionalen Klimawandels bereit.                                                                                          | k. A.<br><br>KIT-Zentrum Klima und Umwelt sowie Institut für Meteorologie und Klimaforschung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Innovations-Plattform <b>MaterialDigital</b> (PMD), Webseite inkl. Downloads, Workshop, Newsletter, Telefonberatung<br><br><a href="http://www.materialdigital.de">www.materialdigital.de</a>                                | Die Innovations-Plattform MaterialDigital (PMD) hat es sich zum Ziel gemacht, Interessentinnen und Interessenten aus dem industriellen sowie aus dem akademischen Bereich nachhaltig bei der Umsetzung von Digitalisierungsaufgaben für Materialien zusammenzuführen und zu unterstützen.                                                                                                               | 1 VZÄ<br><br>anteilig; PMD ist drittmittelfinanziert; der Wissenstransfer wird von der Geschäftsstelle betreut;<br><br>am KIT: eine VZÄ (Leitung der Geschäftsstelle) und eine Teilzeitstelle (Referentin bzw. Referent der Sprecherin bzw. des Sprechers)<br><br>Institut für Nanotechnologie                                                                                                                                                                           |
| Wissenschafts-Kommunikationsprojekt <b>DaNa4.0</b> – Daten zu neuen, innovativen und anwendungssicheren Materialien,<br><br><a href="https://nanopartikel.info/">https://nanopartikel.info/</a>                              | Öffentlichkeit, Journalistinnen und Journalisten, Politikerinnen und Politiker, NGOs etc.                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1 VZÄ drittmittelfinanziert<br><br>Helmholtz Programm Materials Systems Engineering                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>NFDI</b> , Nationale Forschungsdateninfrastruktur<br><br><a href="https://www.rdm.kit.edu/projekte_nfdi.php">https://www.rdm.kit.edu/projekte_nfdi.php</a>                                                                | In der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) werden wertvolle Datenbestände von Wissenschaft und Forschung für das gesamte deutsche Wissenschaftssystem systematisch erschlossen, vernetzt und nachhaltig sowie qualitativ nutzbar gemacht. NFDI ist auf nationaler Ebene in ein Netz von Akteurinnen und Akteuren sowie Partnerinnen und Partnern aus Wissenschaft sowie Politik eingebettet. | 3 VZÄ drittmittelfinanziert<br><br>Beteiligte Dienstleistungseinheiten und Institute: Bibliothek, Stab des Präsidenten und CIO – Digital Office, DE Forschungsförderung, Archiv, DE Innovations- und Relationsmanagement, Scientific Computing Center                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Projekt reFuels – Kraftstoffe neu denken</b> ; hierfür wurden Messeauftritte organisiert, Erklärvideos gedreht, z.B. dialogische Formate für die Öffentlichkeit<br><br><a href="http://www.refuels.de">www.refuels.de</a> | Öffentlichkeit, Wirtschaft, Politik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,8 VZÄ drittmittelfinanziert über Strategialog Automobilwirtschaft<br><br>Kommunikation: Dienstleistungseinheit Stab und Strategie - Abteilung Gesamtkommunikation;<br>Projektleitung beim Institut für Kolbenmaschinen, Einbezug Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Institut für Katalyseforschung und -technologie, Institut für Mikroverfahrenstechnik, Engler-Bunte-Institut, Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion |

| Name des Informationsdienstes und ggf. URL der Web-Seite                                                                                                                                                          | Hauptzielgruppe/n                                                                                                                                                                                                   | Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ)                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fusion Industrial Liaison Office (FILO)</b><br><br>www.filo.kit.edu                                                                                                                                            | Deutsche Unternehmen, die Interesse an Arbeiten für ITER oder anderen Fusionsprojekte haben, oder die Kompetenzen dafür mitbringen und dafür interessiert werden können.                                            | 0,9 VZÄ drittmittelfinanziert<br><br>Helmholtz Programm Energie                                                                                                            |
| Büro für <b>Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB)</b><br><br>www.tab-beim-bundestag.de                                                                                                         | Das TAB ist eine unabhängige wissenschaftliche Einrichtung, die das Parlament und seine Ausschüsse in Fragen des wissenschaftlich-technischen Wandels berät.                                                        | 9,8 VZÄ<br><br>Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse                                                                                                     |
| Mitwirkung im <b>Beirat Batterieforschung Deutschland</b><br><br>https://batterie-2020.de/beirat-batterieforschung-deutschland/                                                                                   | Vier Vertretungen aus dem KIT aus Helmholtz Programm Materialien und Technologien für die Energiewende beraten das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)                                               | 0,3 VZÄ<br><br>Helmholtz Programm Energie                                                                                                                                  |
| Beratung von Politik und Wirtschaft durch Mitwirkung an <b>Begleitforschungsprojekten des BMWi: BEniVer</b><br><br>https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte/beniver-begleitforschung-energie-wende-im-verkehr | Politik, Wirtschaft                                                                                                                                                                                                 | k. A.<br><br>Helmholtz Programm Energie                                                                                                                                    |
| <b>Wettergefahren-Frühwarnung</b> – ein web-basiertes Informationssystem<br><br>www.wettergefahren-fruehwarnung.de                                                                                                | Öffentlichkeit, Forschung (Fachleute)                                                                                                                                                                               | 0,2 VZÄ<br><br>Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM) und Institut für Meteorologie und Klimafor-schung, Teilinstitut Troposphärenfor-schung |
| <b>Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology CEDIM/ Risklayer Explorer</b><br><br>www.risklayer-explorer.com                                                                                   | Öffentlichkeit, Wissenschaft, Synergien zwischen den beteiligten wissenschaftlichen Institutionen und Einrichtungen des Katastrophenschutzes auf internationaler, Bundes-, Landes- und Kommunalebene werden genutzt | 0,5 VZÄ<br><br>Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM)                                                                                        |
| <b>Operational forecast maps and meteograms</b><br><br>www.kit-weather.de                                                                                                                                         | Öffentlichkeit, Forschung                                                                                                                                                                                           | 0,2 VZÄ<br><br>Institut für Meteorologie und Klimafor-schung, Teilinstitut Troposphärenfor-schung                                                                          |
| Fachportal <b>openTA</b><br><br>https://openta.net/                                                                                                                                                               | Mitglieder des Netzwerks Technikfolgenabschätzung (NTA), Forschende im Bereich TA in Deutschland, Österreich und der Schweiz                                                                                        | 1 VZÄ drittmittelfinanziert (DFG bis 2019)<br><br>Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse                                                                  |
| <b>openTA</b> – Weiterentwicklung und Internationalisierung des Fachportals Technikfolgen-abschätzung;<br><br>www.itas.kit.edu/projekte_scher21_o-penta.php                                                       | Mitglieder des NTA;<br>Mitglieder des Netzwerks Global TA                                                                                                                                                           | 1 VZÄ haushaltsfinanziert<br><br>Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse                                                                                   |

| Name des Informationsdienstes und ggf. URL der Web-Seite                                                                                                                                                                                                                                                  | Hauptzielgruppe/n                                                    | Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ)                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>globalTA</b><br><a href="https://globalta.technology-assessment.info/">https://globalta.technology-assessment.info/</a>                                                                                                                                                                                | internationale Partnerinnen und Partner der Technikfolgenabschätzung | 0,5 VZÄ haushaltsfinanziert<br><br>Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse                                                                                                                                                    |
| <b>Geoportal für Ökosystemdienstleistungen</b> von städtischen Grünflächen                                                                                                                                                                                                                                | Öffentlichkeit, Stadtverwaltungen, Stakeholder                       | 0,5 VZÄ drittmittelfinanziert (2021- 2023)<br><br>Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse in Kooperation mit dem Institut für Meteorologie und Klimaforschung Atmosphärische Umweltforschung sowie weiteren externen Partnern |
| <b>Pollenflugvorhersagen</b><br><br><a href="https://www.dwd.de/DE/leistungen/pollen/pollenforschung.html;jsessionid=5C01DE13B5D77853E932EB0948A9E7F4.live21062?nn=16102">https://www.dwd.de/DE/leistungen/pollen/pollenforschung.html;jsessionid=5C01DE13B5D77853E932EB0948A9E7F4.live21062?nn=16102</a> | Öffentlichkeit, Wissenschaft                                         | k. A.                                                                                                                                                                                                                                         |

*Mitwirkung in Expertengremien, öffentliche Interviews und Vorträge, Politikberatung, sonstiges gesellschaftliches Engagement für den Wissenstransfer*

| Themenübergreifende Aktivitäten                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Hightech Forum</b><br><br><a href="http://www.hightech-forum.de">www.hightech-forum.de</a>                                                                               | Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, bis August 2023 Präsident des KIT, ist Mitglied im Hightech Forum, dem zentralen Beratungsgremium der Bundesregierung zur Umsetzung der Hightech-Strategie 2025. Aufgabe des Gremiums ist es, die Forschungspolitik der Bundesregierung mit konkreten Umsetzungs- und Handlungsempfehlungen zu begleiten.               |
| <b>Kulturausschuss des Gemeinderats der Stadt Karlsruhe</b>                                                                                                                 | Prof. Dr. Michael Decker, Leiter des Bereichs II, ist Sachverständiger im Kulturausschuss.                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>TechnologieRegion Karlsruhe</b><br><br><a href="http://www.technologieregion-karlsruhe.de">www.technologieregion-karlsruhe.de</a>                                        | Das Bündnis aus Unternehmen, Kammern, Wissenschaftseinrichtungen und Kommunen verfolgt das Ziel, die Wirtschafts-, Wissenschafts- und Innovationsregion zu stärken, insbesondere in den Themenfeldern Mobilität, Energie und Digitalisierung. Prof. Dr. Thomas Hirth, Vizepräsident Transfer und Internationales des KIT, ist Mitglied im Aufsichtsrat. |
| <b>Jury FameLab Karlsruhe</b><br><br><a href="http://www.wissenschaftskommunikation.de/format/famelab/">www.wissenschaftskommunikation.de/format/famelab/</a>               | Das KIT ist Jurymitglied beim regionalen FameLab Karlsruhe.                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Veranstaltungsreihe<br><b>„Colloquium Fundamentale“</b><br><br><a href="http://www.zak.kit.edu/colloquium_fundamentale.php">www.zak.kit.edu/colloquium_fundamentale.php</a> | Das Colloquium Fundamentale widmet sich im Wintersemester 2023/24 mit Vorträgen und Publikumsdiskussionen dem Thema „Polarisiert und desinformiert? Politische Information im digitalen Zeitalter“                                                                                                                                                      |



|                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>KIT Innovation Hub „Prävention im Bauwesen“</b><br><br><a href="https://www.hub-bau.kit.edu/index.php">https://www.hub-bau.kit.edu/index.php</a>                                                                                        | Der Erhalt und die Entwicklung einer leistungsfähigen und nachhaltigen Infrastruktur auf allen Gebieten, vom Verkehr über die Industrie bis zur kommunalen Infrastruktur, ist von großer gesellschaftlicher Bedeutung. Mit dem Leitgedanken „Nachhaltigkeit durch Prävention“ arbeitet der KIT Innovation Hub gemeinsam mit Partnern aus Industrie, Wissenschaft, Verwaltung und Politik an Technologien, Dienstleistungen und Produkten für innovative Infrastrukturen und deren Bauwerke. Aus- und Weiterbildungsangebote transportieren das Konzept der Prävention in die Praxis. |
| <b>Plattform „Open Courses KIT“</b><br><br><a href="https://opencourses.kit.edu">https://opencourses.kit.edu</a>                                                                                                                           | „Open Courses KIT“ ermöglicht Angehörigen des KIT, seit dem 1. August 2019 ausgewählte Online-Kurse für ein interessiertes externes Publikum zu öffnen. Mit der Plattform baut das KIT eine Brücke in die Gesellschaft und leistet damit einen aktiven Beitrag zum Wissenstransfer wie beispielsweise mit dem Kurs „NoPhish Kurs für Bürgerinnen und Bürger“. Mittelfristig soll die Anzahl der verfügbaren Kurse gesteigert und die Bekanntheit der Plattform intern und extern erhöht werden.                                                                                      |
| <b>Begleitstudium „Nachhaltige Entwicklung“</b><br><br><a href="http://www.zak.kit.edu/begleitstudium-bene.php">www.zak.kit.edu/begleitstudium-bene.php</a>                                                                                | Das Begleitstudium basiert auf der Überzeugung, dass ein langfristig, sozial und ökologisch, verträgliches Zusammenleben in der globalen Welt nur möglich ist, wenn Wissen über notwendige Veränderungen in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft erworben und angewandt wird. Das fachübergreifende und transdisziplinäre Studienangebot des Begleitstudiums am ZAK ermöglicht vielfältige Zugänge zu Transformationswissen sowie Grundlagen und Anwendungsgebieten Nachhaltiger Entwicklung.                                                                                   |
| <b>Girls' Day – Mädchen-Zukunftstag</b><br><br><a href="https://www.kit.edu/kit/pi_2023_016_girls-day-2023-information-und-erlebnis-am-kit.php">https://www.kit.edu/kit/pi_2023_016_girls-day-2023-information-und-erlebnis-am-kit.php</a> | Erstmals seit 2019 fand der bundesweite „Girls' Day – Mädchen-Zukunftstag“ wieder in Präsenz statt. Am 27. April 2023 waren Schülerinnen ab der fünften Klasse aller Schularten eingeladen, am Campus Nord und am Campus Süd die Ausbildungsberufe und Studiengänge der Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft kennenzulernen. Unter mehr als sechzig Workshops konnte sich jede Schülerin ein individuelles Programm zusammenstellen.                                                                                                                                  |
| <b>KIT Kinder-Uni</b><br><br><a href="http://www.kinder-uni.kit.edu">www.kinder-uni.kit.edu</a>                                                                                                                                            | Ab dem 1. August 2023 fand erneut die KIT Kinder-Uni statt. Schülerinnen und Schülern wurde ein Tag voller Experimente und Themenstände sowie Vorlesungen geboten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Zentrum für Mediales Lernen</b><br><br><a href="https://www.zml.kit.edu/lehrerfortbildung.php">https://www.zml.kit.edu/lehrerfortbildung.php</a>                                                                                        | Internetgestützte Lehrkräftefortbildungen zu verschiedenen Themen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>MOOCs: Mediales Lernen im 21. Jahrhundert</b><br><br><a href="http://www.zml.kit.edu/moocs">www.zml.kit.edu/moocs</a>                                                                                                                   | Entwicklung von Online-Lernangeboten z.B. im Rahmen von CLICS (Continuous Learning in International Collaborative Studies), einem internationalen Projekt rund um die Kommunikationstechnologie zu den Themen Automatische Spracherkennung, Maschinelle Übersetzung, Robotics.                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Science Camps</b><br><br><a href="http://www.zml.kit.edu/science-camps.php">www.zml.kit.edu/science-camps.php</a>                                                                                                                       | Das ZML bietet mit zahlreichen Partnern Science Camps für 14- bis 16-Jährige (20 TN/Camp) zu den Themen Energie, Geothermie, Informatik, Robotik, KI, Elektrotechnik an. Jugendliche können eine Woche forschendes Lernen erleben und selbst Themen setzen. Ihre Erfahrungen und Erkenntnisse aus Treffen mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Experimenten und Exkursionen halten sie als Videoclips, E-Books oder Webseiten fest.                                                                                                                                        |
| <b>Schülerinnen- und Schülerpraktika</b><br><br><a href="https://www.kit-ausbildung.de/de/praktikum/schuelerpraktika">https://www.kit-ausbildung.de/de/praktikum/schuelerpraktika</a>                                                      | Schülerinnen- und Schülerpraktika sind am KIT zu verschiedenen Themen und in verschiedenen Programmen möglich, zum Beispiel im Rahmen des BOGY-Programms (Berufsorientierung am Gymnasium) oder BORS (Berufsorientierung an der Realschule), im Rahmen von Ferienpraktika (z.B. Ingenieurwissenschaftliches Ferienpraktikum) oder auf Eigeninitiative.                                                                                                                                                                                                                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>„Berufsbilder von Wissenschaftlerinnen“</b><br><br><a href="https://www.fortbildung.kit.edu/schuelerinnen.php">https://www.fortbildung.kit.edu/schuelerinnen.php</a>                                                                                            | Die Reihe richtet sich an Schülerinnen der Oberstufe, die sich über das Berufsbild von Ingenieurinnen und Naturwissenschaftlerinnen informieren wollen. Exemplarische Werdegänge sind ebenso Bestandteil der Veranstaltungen wie Vorträge, Besichtigungen und Gesprächsrunden.                                                                                                    |
| <b>Schülerinnen- und Schülerlabore</b><br><br><a href="http://www.kit.edu/karriere/schuelerlabore.php">www.kit.edu/karriere/schuelerlabore.php</a>                                                                                                                 | Das KIT bietet interessierten Schülerinnen und Schülern 16 unterschiedliche Schülerlabore an, damit sie in spannenden Experimenten einen Einblick in die Welt der Wissenschaft erlangen und unter fachlicher Anleitung moderne Forschungsmethoden kennenlernen können.                                                                                                            |
| <b>Fortbildungen für Erzieherinnen und Erzieher in Kita und Hort</b><br><br><a href="https://www.fortbildung.kit.edu/erzieher_innen.php">https://www.fortbildung.kit.edu/erzieher_innen.php</a>                                                                    | Gemeinsam mit der Stiftung Kinder forschen bietet das FTU Fortbildungen an, die pädagogische Fach- und Lehrkräfte fortlaufend dabei unterstützen, Kinder im Kita- und Grundschulalter qualifiziert beim Entdecken, Forschen und Lernen zu begleiten. Das verbessert Bildungschancen, fördert Interesse am MINT-Bereich und an nachhaltiger Entwicklung.                           |
| <b>Aktivitäten zum Themenfeld Energie</b>                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Beirat Nachhaltige Bioökonomie</b><br><br><a href="https://biooekonomie.baden-wuerttemberg.de/Lde/Startseite/Strategie/Beirat+nachhaltige+Biooekonomie">https://biooekonomie.baden-wuerttemberg.de/Lde/Startseite/Strategie/Beirat+nachhaltige+Biooekonomie</a> | Die Leiterin des Bereiches I, Prof. Dr. Andrea Robitzki, wurde 2020 in den Beirat Nachhaltige Bioökonomie der Landesregierung Baden-Württemberg berufen. Der Beirat konstituierte sich 2020 erstmalig, die zweite Berungsperiode begann im Februar 2023.                                                                                                                          |
| <b>EIT InnoEnergy</b><br><br><a href="http://www.innoenergy.com">www.innoenergy.com</a>                                                                                                                                                                            | Netzwerk europäischer Forschungseinrichtungen und Energieunternehmen zur Förderung der erneuerbaren Energien in Wissenschaft, Innovation, Weiterbildung, Gründungsberatung.                                                                                                                                                                                                       |
| <b>RODOS</b><br><br><a href="https://resy5.ites.kit.edu/RODOS/">https://resy5.ites.kit.edu/RODOS/</a>                                                                                                                                                              | Das KIT hat federführend ein Entscheidungshilfesystem für kerntechnische Notfälle entwickelt, das weltweit in mehr als 20 Ländern installiert ist (unter anderem in Deutschland und den meisten europäischen Ländern.) Installationen in den ASEAN Staaten, sechs Golf-Staaten und sechs West-Balkan Staaten werden im Rahmen mehrerer europäischer Projekte gerade durchgeführt. |
| Ausbildungskurse der <b>AREVA Nuclear Professional School</b><br><br><a href="https://www.kit.edu/13757.php">https://www.kit.edu/13757.php</a>                                                                                                                     | Kerntechnische Aus- und Weiterbildung mit speziellen Lehrangeboten in Nuklearwissenschaften und Ingenieurwesen in Verbindung mit der industriellen Perspektive der Firma AREVA.                                                                                                                                                                                                   |
| Ausbildungskurse der <b>Framatome Professional School</b><br><br><a href="http://www.fps.kit.edu">www.fps.kit.edu</a>                                                                                                                                              | Kerntechnische Aus- und Weiterbildung mit speziellen Lehrangeboten in Nuklearwissenschaften und Ingenieurwesen in Verbindung mit der industriellen Perspektive der Firma Framatome.                                                                                                                                                                                               |
| <b>Aktivitäten zum Themenfeld Information · Systeme · Technologien (inkl. Digitalisierung)</b>                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>KCIST Online-Lecture Series on KI@KIT</b><br><br><a href="http://www.kcist.kit.edu/deutsch/775.php">www.kcist.kit.edu/deutsch/775.php</a>                                                                                                                       | Die Veranstaltungsreihe „KCIST Online Lecture Series zum Thema KI“ startete im Juli 2020 mit dem Ziel, den Dialog und den Austausch zwischen Forschenden am KIT über KI-Forschung und deren Anwendung in verschiedenen Feldern zu fördern. Das Format besteht aus Kurzvorträgen plus anschließender Diskussion.                                                                   |
| <b>Science Camp Robotics Online</b><br><br><a href="http://www.kcist.kit.edu/deutsch/896.php">www.kcist.kit.edu/deutsch/896.php</a><br><a href="https://h2t.iar.kit.edu/2366.php">https://h2t.iar.kit.edu/2366.php</a>                                             | Das Science Camp Robotik Online richtet sich an Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 8 bis 10. Diese haben die Möglichkeit, im Rahmen eines Online-Formats, die graphische Programmierung von humanoiden NAO Robotern zu erlernen. Das Programm des Camps wird durch die Einführung in die Programmiersprache Python ergänzt.                                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Bürgerinnen- und Bürgerforen und Digiloglounge im Rahmen von digilog@bw</b><br><br><a href="https://digilog-bw.de/">https://digilog-bw.de/</a>                                                                                                                                                               | Der Projektverbund digilog@bw erarbeitet für Politik und Gesellschaft wissenschaftlich fundierte Entscheidungsgrundlagen, um eine Gestaltung der Digitalisierung zum Wohle des Menschen zu ermöglichen. In diesem Rahmen finden Bürgerinnen- und Bürgerforen und Digiloglounges zum Austausch mit und Information der Gesellschaft statt. Inhaltlich gestaltet werden diese unter Federführung des Partners ZKM (Zentrum für Kunst und Medien Karlsruhe) von den beteiligten universitären und nicht universitären Forschungseinrichtungen.                                                                                                                                |
| <b>Projekt „JuBot – Jung bleiben mit Robotern“</b> – Vielseitige Assistenzrobotik für die Alltagsbewältigung<br><br><a href="http://www.kcist.kit.edu/deutsch/123_1205.php">www.kcist.kit.edu/deutsch/123_1205.php</a><br><a href="https://www.jubot.kit.edu/index.php">https://www.jubot.kit.edu/index.php</a> | Im Alter möglichst lange selbstständig und in der gewohnten Umgebung bleiben – das wünschen sich die meisten Menschen. Dies sollen humanoide Assistenzroboter möglich machen, die bei der Bewältigung des Alltags entlasten, sowie anziehbare Roboter, die Bewegungen des Trägers unterstützen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT forschen und arbeiten daran, derartige Robotik-Lösungen alltagstauglich zu machen. Die Carl-Zeiss-Stiftung fördert das Projekt in ihrem Programm „Durchbrüche“ mit 4,5 Mio. Euro.                                                                                                                                         |
| <b>Projekt „Simulierte Welten“</b><br><br><a href="http://www.simulierte-welten.de/index.php">www.simulierte-welten.de/index.php</a>                                                                                                                                                                            | Ziel des Projektes ist es, Schülerinnen und Schüler mit der Bedeutung, dem Nutzen und den Risiken von Simulationen als Teil der digitalisierten Welt vertraut zu machen (Beteiligung des KIT über SCC).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Plattform „Lernende Systeme“</b><br><br><a href="http://www.plattform-lernende-systeme.de/startseite.html">www.plattform-lernende-systeme.de/startseite.html</a>                                                                                                                                             | Die Plattform Lernende Systeme ist ein Expertinnen- und Experten-Netzwerk zum Thema Künstliche Intelligenz (KI). Ihr Ziel: den interdisziplinären Austausch und gesellschaftlichen Dialog zu KI fördern. Die knapp 200 Mitglieder aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft entwickeln in Arbeitsgruppen Positionen zu Chancen und Herausforderungen und benennen Handlungsoptionen für einen verantwortungsvollen Einsatz von KI.                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Plattform ROBDEKON</b><br><br><a href="https://robdekon.de/">https://robdekon.de/</a>                                                                                                                                                                                                                        | Wenn chemisch verseuchtes Gelände oder alte Deponien saniert, giftiger Müll sortiert oder kerntechnische Anlagen zurückgebaut werden, arbeiten Menschen in gesundheitsgefährdendem Umfeld. Abhilfe schaffen könnten Roboter und autonome Maschinen. Zur Erforschung und Erprobung der nötigen Technologien gibt es seit 2020 mit der Plattform ROBDEKON eine zentrale Anlaufstelle. Das KIT ist Teil des Kompetenzzentrums.                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>TeleTrust Engineer for System Security</b><br><br><a href="http://www.teletrust.de/en/tele-trust/mitglieder/mitglied/fzi-forschungszentrum-informatik-am-kit/">www.teletrust.de/en/tele-trust/mitglieder/mitglied/fzi-forschungszentrum-informatik-am-kit/</a>                                               | Aufgabe des Zentrums KASTEL ist u. a. die Qualifizierung und Förderung des Nachwuchses in der IT-Sicherheit, es bietet insbesondere auch Weiterbildungsangebote für Berufstätige. Zu diesem Zweck hat KASTEL ein Schulungskonzept entworfen, dessen Fokus auf dem Designprozess von Systemarchitekturen liegt. Bestandteile des Konzepts sind interdisziplinäre Aspekte der IT-Sicherheit, der Faktor Mensch in technischen Systemen und die frühzeitige Integration von Sicherheitskonzepten in Systementwürfe. Aufbauend auf diesem Konzept wurde in Zusammenarbeit mit der Secorvo Security Consulting GmbH eine Schulung entwickelt (Zertifikat für Berufstätige).     |
| <b>Aktivitäten zum Themenfeld Mobilität</b>                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Forschungsinformationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS)</b><br><br><a href="http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/1/">www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/1/</a>                                                                                                             | Das Forschungsinformationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS) des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) leistet mit einer sachorientiert aufbereiteten Dokumentation des aktuellen Wissensstandes zu Mobilitätsthemen wertvolle Hilfe für die Beratung von Politik, Verwaltung und Wirtschaft. Hierzu wird der Wissensbestand im Informationssystem stets zeitnah aufbereitet. ECON (Lehrstuhl für Netzwerkökonomie) verantwortet zusammen mit dem Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (IKEM), die inhaltliche Pflege der Auswertungsbereiche „Zukunftsfähiges und nachhaltiges Verkehrssystem“ sowie „Innovative Verkehrstechnologien“. |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Transformationsrat Strategiedialog Automobilwirtschaft BaWü</b></p> <p><a href="http://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-wm/intern/Da-teien_Downloads/Innovation/PM_279_Anhang_Teilnehmerliste_Transformationsrat.pdf">www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-wm/intern/Da-teien_Downloads/Innovation/PM_279_Anhang_Teilnehmerliste_Transformationsrat.pdf</a></p> | <p>Für den Transformationsrat zur Automobilwirtschaft im Rahmen des Strategiedialogs Automobilwirtschaft der Landesregierung Baden-Württemberg vertritt Prof. Dr. Frank Gauterin das KIT im Gremium.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p><b>Beirat e-mobil BW</b></p> <p><a href="http://www.e-mobilbw.de/ueber-uns/">www.e-mobilbw.de/ueber-uns/</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                             | <p>Der Beirat steht der e-mobil BW GmbH in beratender und unterstützender Funktion zur Seite. Das Gremium mit hochrangigen Vertreterinnen und Vertretern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Verbänden bringt zusätzliche Ideen und Impulse in die Arbeit der Landesagentur ein. Seitens KIT sind Prof. Dr. Gisela Lanza und Prof. Dr. Frank Gauterin im Beirat vertreten.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p><b>Wissenschaftliche Leitung des Deutschen Mobilitätspanels</b></p> <p><a href="https://mobilitaetspanel.ifv.kit.edu/index.php">https://mobilitaetspanel.ifv.kit.edu/index.php</a></p>                                                                                                                                                                                                       | <p>Das Institut für Verkehrswesen des KIT wurde vom BMDV mit der wissenschaftlichen Leitung des Deutschen Mobilitätspanels (MOP) beauftragt. Das MOP ist eine der zwei deutschlandweiten Befragungen zum Mobilitätsverhalten, die das Verkehrsministerium finanziert. Dabei werden jedes Jahr ca. 3.000 Personen befragt, welche Wege sie im Verlauf einer Woche wie und warum durchgeführt haben. Das seit 1994 kontinuierlich vom Institut für Verkehrswesen durchgeführte MOP stellt eine der weltweit größten kontinuierlichen Datensammlungen zum Mobilitätsverhalten weltweit dar. Das Projekt Deutsches Mobilitätspanel ist zum 31.01.2024 nach 30 Jahren eingestellt worden. Die letzten Erhebungen fanden 2022 (Alltagsmobilität) bzw. 2023 (Fahrleistung und Kraftstoffverbrauch) statt.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p><b>AG Intelligent MOVE</b></p> <p><a href="https://www.e-mobilbw.de/netzwerke/netzwerk-intelligent-move">https://www.e-mobilbw.de/netzwerke/netzwerk-intelligent-move</a></p>                                                                                                                                                                                                                | <p>Im Rahmen der Arbeitsgruppensitzungen werden technologische, wirtschaftliche, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte diskutiert, Roadmaps erarbeitet und Projektideen entwickelt. Beispielsweise wurde ein von der AG Intelligent Move erarbeitetes Positionspapier „Automatisiert. Vernetzt. Elektrisch – Testregionen in Baden-Württemberg“ vorgestellt, das als Grundlage für die Ausschreibung eines Testfelds „Autonomes Fahren Baden-Württemberg“ diente.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <p><b>Begleitforschung auf dem Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg (TAF BW)</b></p> <p><a href="https://taf-bw.de/das-testfeld/organisation">https://taf-bw.de/das-testfeld/organisation</a></p>                                                                                                                                                                                        | <p>Das Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg ist ein Reallabor für Mobilitätskonzepte und soll die Entwicklung zukunftsorientierter Lösungen für Individualverkehr und Öffentlichen Personennahverkehr fördern. Firmen und Forschungseinrichtungen können ihre Technologien und Dienstleistungen rund um das vernetzte und automatisierte Fahren erproben – und zwar im Alltagsverkehr. Mit automatisierten Autos, Bussen oder Nutzfahrzeugen wie Straßenreinigung oder Zustelldienste.</p> <p>Das im Mai 2018 in Betrieb genommene Testfeld umfasst im Unterschied zu anderen Projekten in Deutschland alle Arten von öffentlichen Straßen: Autobahnabschnitte, Landes- und Bundesstraßen, innerstädtische Routen mit Rad-, Fußgänger- und Straßenbahnverkehr ebenso Tempo-30-Zonen, Wohngebiete und Parkhäuser. Die Testfeldstrecken befinden sich zwischen Karlsruhe, Bruchsal und Heilbronn. Betrieben wird das Testfeld vom Karlsruher Verkehrsverbund. Der KVV nutzt das Testfeld auch selbst, um neue Formen des öffentlichen Personennahverkehrs zu erproben – zum Beispiel autonom fahrende Mini-Busse.</p> <p>Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT erarbeiten Grundlagen für Verkehrsflussmodelle und stellen Prüfeinrichtungen zur Verfügung.</p> |
| <p><b>Projekt „Fahrerkabine 4.0“</b></p> <p><a href="http://www.fast.kit.edu/mobima/forschung_12477.php">www.fast.kit.edu/mobima/forschung_12477.php</a></p>                                                                                                                                                                                                                                    | <p>Vom BMBF gefördertes Verbundprojekt zur Entwicklung einer adaptiven Mensch-Maschine Schnittstelle für Mähdrescher, bei der der Bediener in stressigen Situationen durch Assistenzsysteme oder Fokussierung auf bestimmte Informationen entlastet werden kann und in Phasen der Unterforderung durch Handlungsempfehlungen aktiviert wird. Ziel des Projekts ist es, die Fahrerin bzw. den Fahrer über den ganzen Arbeitstag auf einem für ihn optimalen und komfortablen Beanspruchungsniveau zu halten.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MobileCityGame</b><br><br><a href="http://www.ifv.kit.edu/forschungsprojekte_1504.php">www.ifv.kit.edu/forschungsprojekte_1504.php</a>                                                                                                                                           | Über einen kooperativen und interdisziplinären Ansatz aus Gamification, Citizen Science und Partizipation will das Projekt eine niedrigschwellige und allgemeinverständliche Alternative zu tradierten Planungsverfahren anbieten. Das Projekt ermöglicht sowohl städtischen Entscheiderinnen und Entscheidern das Testen und Bewerten von Strategie- und Handlungsoptionen als auch Nicht-Expertinnen und Nicht-Experten einen spielerischen Einblick in die Möglichkeiten, Grenzen, Abhängigkeiten und Auswirkungen unterschiedlicher Ansätze urbaner Mobilitätspolitik.                                                                                      |
| Mitwirkung an <b>Veranstaltungen der „Karlsruhe Mobility High Performance Center“</b><br><br><a href="https://www.kamo.one/">https://www.kamo.one/</a>                                                                                                                              | Hier werden der breiten Öffentlichkeit zu jedem Seminartermin zwei spannende Vorträge aus dem Themenumfeld der Initialisierungsprojekte geboten. Die Vortragenden stammen von den verschiedenen in der Profilregion zusammen geschlossenen Forschungseinrichtungen sowie von kooperierenden Industrieunternehmen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Mitwirkung im <b>Fachbeirat des Bundesverbands Elektromobilität e.V.</b><br><br><a href="http://www.bem-ev.de/verband/fachbeirat/">www.bem-ev.de/verband/fachbeirat/</a>                                                                                                            | Der BEM-Beirat setzt sich aus über 45 Expertinnen und Experten der elektromobilen Branche zusammen und unterstützt den Bundesverband eMobilität durch spezifische Fachkompetenzen. Der Fachbeirat wurde 2023 aufgelöst.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Mitwirkung im <b>Expertenkreis „Transformation der Automobilwirtschaft“</b><br><br><a href="https://www.bundestag.de/presse/hib/853770-853770">https://www.bundestag.de/presse/hib/853770-853770</a>                                                                                | Im Juli 2022 wurde Prof. Dr. Ina Schaefer zur Co-Vorsitzenden des Expertenkreises „Transformation der Automobilwirtschaft“ im BMWK gewählt.<br>Der Expertenausschuss unter dem Vorsitz von Prof. Dr. Ina Schaefer und Prof. Dr. Jens Südekum besteht aus 12 Mitgliedern, die von den beteiligten Ressorts vorgeschlagen und vom damaligen Bundeswirtschaftsminister Peter Altmaier berufen wurden.                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Mitwirkung in der <b>New Mobility Academy: Qualifizierungsinitiative für KMU: eine Kooperation mit Fraunhofer IAO</b><br><br><a href="http://www.muse.iao.fraunhofer.de/de/projekte/new-mobility-academy.html">www.muse.iao.fraunhofer.de/de/projekte/new-mobility-academy.html</a> | Die Automobilindustrie ist wie kein anderer Industriezweig von dynamischen und unsicheren Entwicklungen geprägt. Zu den Zukunftsfeldern zählen die Elektrifizierung des Antriebsstrangs, die Automatisierung von Fahrfunktionen sowie die Vernetzung der Fahrzeuge mit Infrastrukturen, Internet und weiteren Verkehrsteilnehmenden.<br>Die Qualifizierungsinitiative New Mobility Academy hat das Ziel, insbesondere mittelständische Unternehmen und Zulieferer für den Wandel der Automobilbranche zu wappnen und neue Wertschöpfungspotenziale aufzuzeigen.                                                                                                 |
| <b>Aktivitäten zum Themenfeld Materialien</b>                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Mitgliedschaft im Konsortium <b>Innovations-Plattform Material Digital</b><br><br><a href="http://www.materialdigital.de">www.materialdigital.de</a>                                                                                                                                | Das vom BMBF geförderte Verbundprojekt „Innovations-Plattform Material-Digital“ verfolgt das Ziel, eine nachhaltige Infrastruktur zum standardisierten Umgang mit Daten und digitalen Repräsentationen der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik zu entwickeln. Dazu arbeitet die Plattform mit ihren Partnerinnen und Partnern an wegweisenden Vereinheitlichungen zu Datenstrukturierungen, Software-Architekturen und Auswertungsroutinen.<br>Die Plattform engagiert sich beim Aufbau einer materialwissenschaftlichen Interessensgemeinschaft mit Schwerpunkt Materialdigitalisierung und interagiert aktiv mit ihren mittlerweile über 650 Nutzenden. |
| Sommerferienprogramm <b>„3D-Druck“</b> für Schülerinnen<br><br><a href="http://www.3dmattermadetoorder.kit.edu/summer_program.php">www.3dmattermadetoorder.kit.edu/summer_program.php</a>                                                                                           | Auch 2023 fand das Sommerferienprogramm 3D-Druck für Schülerinnen statt. Das Exzellenzcluster 3D Matter Made to Order (3DMM2O) organisiert ein Sommerferienprogramm für junge Frauen zwischen 13 und 19 Jahren. Es zielt darauf ab, Schülerinnen mit Interesse an MINT einen Einblick in die Funktionsweise des 3D-Drucks zu geben. Die Teilnehmerinnen lernen den gesamten Arbeitsweg des 3D-Druckens kennen: Von der ersten Ideenskizze, über das Erstellen eines CAD-Modells bis hin zum gedruckten Bauteil.                                                                                                                                                 |

| <b>Aktivitäten zum Themenfeld Klima und Umwelt</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Jury Umwelttechnikpreis Baden-Württemberg</b>                                                                                                                                                                                                                                                                     | Das KIT ist Jurymitglied beim Umwelttechnikpreis Baden-Württemberg.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Karlsruher Klimaschutzbeirat</b><br><br><a href="https://www.karlsruhe.de/umwelt-klima/klimaschutz-klimaanpassung/klimaschutzaktivitaeten/klimaschutzziele-der-stadt-karlsruhe">https://www.karlsruhe.de/umwelt-klima/klimaschutz-klimaanpassung/klimaschutzaktivitaeten/klimaschutzziele-der-stadt-karlsruhe</a> | Ziel des beratenden Gremiums ist es, vor Ort vorhandenes Engagement und Wissen für die Weiterentwicklung der kommunalen Klimaschutzstrategie zu nutzen. Im Beirat sind ausgewählte Institutionen aus Wissenschaft, Wirtschaft sowie Umwelt und bürgerschaftlichem Engagement vertreten. Das KIT ist vertreten durch Dr. Wolfgang Breh (KIT-Zentrum Energie).                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Portal Umwelt-BW</b><br><br><a href="http://www.umwelt-bw.de/">www.umwelt-bw.de/</a>                                                                                                                                                                                                                              | Das Web-Portal unterstützt die Umsetzung des gesetzlichen Anspruchs auf freien und einfachen Zugang zu Umweltinformationen und wird vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg betrieben. Die dafür vom IAI entwickelten IT-Komponenten werden in weiteren Umwelt-Portalen der Länder Bayern, Brandenburg, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt und Thüringen eingesetzt. Das Umweltportal wird flankiert durch die mobile App „Meine Umwelt“, welche Daten und Technologie der Umweltportale nutzt, um diese in Form einer mobilen Anwendung z. B. im örtlichen Kontext der Nutzerinnen und Nutzern zu präsentieren. |
| <b>Geschäftsstelle Netzwerk Wasserforschung BaWü</b><br><br><a href="http://www.wassernetzwerk-bw.de">www.wassernetzwerk-bw.de</a>                                                                                                                                                                                   | Ziel des Netzwerks Wasserforschung Baden-Württemberg ist die interdisziplinäre und standortübergreifende Vernetzung der vielfältigen Aktivitäten der Wasserforschung im Land. Das MWK unterstützt die Wasserforschung mit einem innovativen Forschungs- und Strukturprogramm: Neben Verbundprojekten werden inter- und transdisziplinäre Veranstaltungen und Workshops gefördert, um langfristige Perspektiven in der Wasserforschung zu entwickeln.                                                                                                                                                                                                |
| <b>Landesforschungszentrum Geothermie, in diesem Rahmen auch Beratungstätigkeit</b><br><br><a href="http://www.agw.kit.edu/2591.php">www.agw.kit.edu/2591.php</a><br><a href="https://www.lfzg.de/">https://www.lfzg.de/</a>                                                                                         | Einrichtung des Landes BaWü am KIT mit dem Ziel, fachübergreifende Forschung, Lehre, Ausbildung und Technologie zur Geothermie zu fördern, Bürgerinnen und Bürgern, Ministerien und Behörden zu informieren und zu beraten.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Filmreihe Traumfabrik: Transformation Cinema / Ecocinema</b><br><br><a href="http://www.zak.kit.edu/Traumfabrik">www.zak.kit.edu/Traumfabrik</a>                                                                                                                                                                  | Kuratierte Filmreihe in der Schauburg mit Einführung und Kinogespräch, mit Begleitseminaren am ZAK und Weiterbildungskurs der AWWK. Im Wintersemester 2023/24 wurde der Schwerpunkt auf die Kultfilme der 80er und 90er Jahre gelegt. Die Filmreihe wurde von Seminaren und Kursen begleitet.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Aktivitäten zum Themenfeld Mensch und Technik</b>                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Global Consortium for Sustainability Outcomes (GCSO)</b> , und speziell: Mut zur Partnerschaft – Städtische Kooperationsentwicklung für Nachhaltigkeitstransformationen (AudaCITY)<br><br><a href="https://www.itas.kit.edu/2017_015.php">https://www.itas.kit.edu/2017_015.php</a>                               | Als Teil des Global Consortium for Sustainability Outcomes (GCSO) beteiligt sich das ITAS an der Nachhaltigkeits-Schulung städtischer Führungskräfte. Außerdem berät es Partner-Universitäten reallaborartig zum Themenkomplex Energie-Wasser-Abfall auf dem Campus. Als eine von elf internationalen Wissenschaftseinrichtungen beteiligte sich das KIT 2016 an der Gründung des GCSO. Ziel des internationalen Netzwerks ist es, Ideen zur Lösung von Nachhaltigkeitsproblemen lokal zu entwickeln und zu testen und sie dann mit Hilfe der Partnerinnen und Partner auch andernorts zu realisieren.                                              |
| <b>Netzwerk „Reallabore der Nachhaltigkeit“</b><br><br><a href="http://www.reallabor-netzwerk.de">www.reallabor-netzwerk.de</a>                                                                                                                                                                                      | Gemeinsam mit dem Wuppertal Institut, der Leuphana Universität Lüneburg und Ecomet hat das ITAS das „Netzwerk Reallabore der Nachhaltigkeit“ gegründet – eine Plattform über und für Reallabore, die im Sinne nachhaltiger Entwicklung forschen und handeln. Das Netzwerk möchte u.a. zur Verbreitung und Stärkung der Reallabor-Idee- und Praxis beitragen, Kooperationen anregen und gemeinsame Veranstaltungen ausrichten.                                                                                                                                                                                                                       |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Projekt RELATER</b><br><br><a href="http://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/relater-verbesserung-der-kommunikation-bei-der-psychiatrischen-versorgung-von-gefluchteten-8807.php">www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/relater-verbesserung-der-kommunikation-bei-der-psychiatrischen-versorgung-von-gefluchteten-8807.php</a> | Der Erfolg einer psychiatrischen und psychotherapeutischen Behandlung hängt entscheidend von der Qualität der Kommunikation zwischen Therapeutin bzw. Therapeut und Patientin bzw. Patient ab. Bei Geflüchteten scheitert dies jedoch oft an Sprachbarrieren. Das Zentralinstitut für Seelische Gesundheit (ZI) in Mannheim und das KIT entwickeln innerhalb des 2019 gestarteten BMBF-Projektes RELATER ein tragbares, sicheres und erweiterbares Übersetzungssystem für diagnostische Interviews mit Geflüchteten aus dem arabischen Sprachraum. Das Projekt wird 2025 abgeschlossen. |
| <b>Quartier Zukunft – Labor Stadt</b><br><br><a href="http://www.itas.kit.edu/projekte_paro11_quazu.php">www.itas.kit.edu/projekte_paro11_quazu.php</a>                                                                                                                                                                            | Das QZ unterhält einen Experimentierraum, in dem technische und gesellschaftliche Innovationen aus dem KIT und Projektideen aus der Stadtgesellschaft umgesetzt werden sollen. Es bezieht über einen Co-Design-Prozess die Zivilgesellschaft eng und über eine breite Skala von Formaten mit ein. Langfristig sollen ein bestehendes Stadtquartier in ein nachhaltige(re)s transformiert, das KIT mit der Stadtgesellschaft Karlsruhe enger verknüpft und neue Formen regionaler Politik- und Gesellschaftsberatung sowie der Partizipation an Wissensproduktion erforscht werden.      |
| <b>Bioökonomie Baden-Württemberg</b><br><br><a href="http://www.biooekonomie-bw.de">www.biooekonomie-bw.de</a>                                                                                                                                                                                                                     | Netzwerk zum Forschungsprogramm „Bioökonomie“ des Landes BaWü. Das KIT ist über das IKFT, EBMI, IIP und ITAS mit Projekten beteiligt. Aufgrund einer Neuausrichtung der BIOPRO Baden-Württemberg mit einem Fokus auf das Themenfeld Gesundheit wird das Themenfeld Bioökonomie im Land nicht weiter betreut. Daher wird das Portal Bioökonomie BW ab Januar 2024 nicht mehr aktualisiert.                                                                                                                                                                                               |
| <b>Aktivitäten zum Themenfeld Wissenschaftskommunikation</b>                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Science Media Center</b><br><br><a href="http://www.sciencemediacenter.de">www.sciencemediacenter.de</a>                                                                                                                                                                                                                        | Das KIT war eines der ersten Gründungsmitglieder des Fördervereins. Das Science Media Center wird von der Klaus Tschira Stiftung sowie Fördererinnen und Förderern aus Wissenschaft und Wirtschaft unterstützt. Es unterstützt kostenfrei Medienschaffende in ihrer Berichterstattung bei Themen mit Wissenschaftsbezug für einen starken Wissenschaftsjournalismus. Zahlreiche Expertinnen und Experten des KIT stellen Input für das SMC durch wissenschaftliche Expertise bereit.                                                                                                    |
| <b>Bundesverband Hochschulkommunikation</b><br><br><a href="http://www.bundesverband-hochschulkommunikation.de">www.bundesverband-hochschulkommunikation.de</a>                                                                                                                                                                    | Monika Landgraf, Leiterin der Abteilung STS-Gesamtkommunikation und Pressesprecherin des KIT, war bis September 2023 Mitglied des Vorstandes des Bundesverbandes Hochschulkommunikation e. V. setzt sich ein für die strategische Entwicklung des Berufsbildes und für die Qualitätssicherung in allen Feldern der Hochschulkommunikation.                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Nationales Institut für Wissenschaftskommunikation NaWik</b><br><br><a href="http://www.nawik.de">www.nawik.de</a>                                                                                                                                                                                                              | Das NaWik forscht auf dem Gebiet der Wissenschaftskommunikation und entwickelt hierfür neue Konzepte, Methoden und Plattformen. Gleichzeitig vermittelt das NaWik Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Studierenden und in der Öffentlichkeitsarbeit tätigen Personen die Grundlagen guter Wissenschaftskommunikation und bietet vielfältige Aus- und Weiterbildung in allen relevanten Medien. Das NaWiK ist zudem in der Erforschung der Wissenschaftskommunikation aktiv. Gesellschafter des NaWik sind das KIT und die Klaus-Tschira-Stiftung.                                |
| <b>EUSEA</b><br><br><a href="http://www.eusea.info">www.eusea.info</a>                                                                                                                                                                                                                                                             | Das NaWik ist seit Mitte April 2018 Mitglied in der European Science Engagement Association EUSEA.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>WissKon – die NaWik-Konferenz für kommunizierende Forschende</b><br><br><a href="https://www.nawik.de/wisskon/die-konferenz/die-wisskon23/">https://www.nawik.de/wisskon/die-konferenz/die-wisskon23/</a>                                                                                                                       | Die WissKon23 – die NaWik-Konferenz für kommunizierende Forschende – fand im Mai 2023 in Karlsruhe statt. Einen Tag lang tauschten sich Wisskomm-Interessierte zu Themen rund um die Wissenschaftskommunikation aus. Der Vormittag stand unter dem Themenschwerpunkt „Rücken- und Gegenwind für die Wissenschaftskommunikation“                                                                                                                                                                                                                                                         |

|                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Expertinnen- und Expertenvermittlung für Medien und Presse</b><br><br><a href="https://www.sts.kit.edu/expertinnen-und-experten-des-kit.php">https://www.sts.kit.edu/expertinnen-und-experten-des-kit.php</a> | <p>Auch 2023 war das Expertinnen- und Expertenportal des KIT stark nachgefragt. Mit tagesaktuellen Expertinnen- und Expertenmails, in denen Forschende Stellung zu Themen von aktueller Relevanz nehmen, platzierte die Dienstleistungseinheit Stab und Strategie die Forschungsarbeit des KIT auch 2023 wieder erfolgreich in den Medien und beantwortete zahlreiche Medienanfragen.</p>                                                                                    |
| <b>Online-Plattform Wissenschaftskommunikation</b><br><br><a href="http://www.wissenschaftskommunikation.de">www.wissenschaftskommunikation.de</a>                                                               | <p>Die Plattform ist ein gemeinsames Projekt von WiD (Wissenschaft im Dialog) mit der Abteilung Wissenschaftskommunikation am Institut für Technikzukünfte sowie dem NaWik. Sie bildet das zentrale Informations- und Diskussionsportal für alle, die Wissenschaft kommunizieren. Die Plattform greift aktuelle Debatten auf, vermittelt Ergebnisse aus der Wissenschaftskommunikationsforschung und stellt Kommunikationswerkzeuge sowie Fortbildungsmöglichkeiten vor.</p> |



## A.4.2 Technologietransfer

Die Koordination und wesentlichen Services des IP-basierten Technologietransfers (IP – Intellectual Property) sind am KIT in der DE Innovations- und Relationsmanagement (IRM) im Ressort des Vizepräsidenten Transfer und Internationales angesiedelt. Um die Synergien an der Schnittstelle zu Wirtschaft und Gesellschaft systematisch und umfassend zu erschließen, wurden in der DE aber auch ergänzende Themenfelder bzw. die Betreuung weiterer Zielgruppen verankert, die hier unmittelbar einwirken oder Interesse an einer engen Verbindung haben. Beispiele sind die Begleitung von Absolventinnen und Absolventen in die Wirtschaft (Career Service), die Verbindung zu ehemaligen Studierenden und Beschäftigten in Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft und Politik (Alumnae und Alumni) oder die Förderung des KIT durch Unternehmen oder Privatpersonen (Fundraising, Sponsoring). Hinzu kommt noch der Betrieb des TRIANGEL Open Space, der sich der Begegnung, dem Austausch, dem gemeinsamen Lernen und neuen innovativen Projekten an der Schnittstelle von Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft widmet.

Im Folgenden wird zwar primär über die Themenfelder zum Technologietransfer berichtet, die Verknüpfung aller in der Dienstleistungseinheit bearbeiteten Aspekte erhält jedoch u.a. vor dem Hintergrund der Implementierung der Transferstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft sowie der Ergebnisse des Transferbarometers des Stifterverbands eine zunehmende Bedeutung und ist ein Differenzierungsmerkmal in der Wissenschaftslandschaft.

Die **Personalressourcen** innerhalb der DE IRM für den Kern des Technologietransfers, d.h. Patente, Technologiemarketing und -transfer, Lizenzen sowie Gründungen und Beteiligungen liegen über die Jahre auf etwa gleichbleibendem Niveau. Durch verschiedene Ereignisse wie Personalfluktuations, Projektfinanzierungen aber auch Elternzeitphasen etc. gibt es natürliche Schwankungen.

| <i>Arbeitsverträge „Technologietransfer“</i>                               | <i>VZÄ<br/>(gerundet)</i> |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Grundfinanziert                                                            | 24                        |
| Drittmittelfinanziert<br>(BMBF, BMWK, HGF, Land BW und sonstige Einnahmen) | 18                        |

Mit unmittelbarer Relevanz für den Technologietransfer werden zunächst die vier Themenfelder der Innovationsstrategie des KIT aufgeführt.

Im **Themenfeld Industry Relations** der Innovationsstrategie werden bestehende Unternehmenspartnerschaften des KIT insbesondere in Hinblick auf Forschungsk Kooperationen gepflegt sowie neue Partnerschaften aufgebaut. Schwerpunkte sind die Betreuung der Strategischen Partnerfirmen des KIT und die Angebote des KIT-Business-Club sowie ein Entry Point für zunächst ungerichtete Anfragen aus der Wirtschaft. Zu den strategischen Partnerfirmen des KIT wurden 2023 vorliegende Daten aus verschiedenen Handlungsfeldern ausgewertet und drei Lenkungskreise durchgeführt, um die weitere gemeinsame Zusammenarbeit zu besprechen. Weiterhin wurden Gespräche mit IBM und SIEMENS im Hinblick auf eine strategische Partnerschaft fortgeführt. IBM wird mit Wirkung vom Januar strategischer Partner des KIT, mit

SIEMENS ist April 2024 angestrebt. Die regelmäßige Analyse der Zusammenarbeit mit bestehenden und potenziell neuen strategischen Partnerfirmen wird fortgeschrieben.

Zahlreiche Anfragen, Recherchen und Matchings wurden im Rahmen des KIT-Business-Clubs und dem Entry Point Wirtschaft bearbeitet. Sie führten zu einer Reihe von Treffen von Unternehmensvertretern bei Instituten und Einrichtungen des KIT (u.a. von BASF, Bosch, Bruker, Evonik, Huawei, SAP, Zeiss) aber auch zu vielen digitalen Anbahnungs-Gesprächen und Besuchen bei den Firmen (u.a. 3M, BW-Bank/ LBBW, Diehl, Endress+Hauser, EGO, Freudenberg, HYDAC, Karl Storz, Magna, Siemens, Witzenmann). Die Veranstaltungen widmeten sich den Themen Photovoltaik, Lithiumgewinnung, Wasserstoff, Gesundheitswesen, den Entwicklungen in der Automatisierung und der Zusammenarbeit zwischen Universitäten und Unternehmen in Company-on-Campus-Modellen. Mit Physik Instrumente (PI) und Boehringer-Ingelheim traten zwei weitere FuE-starke Unternehmen dem KIT-Business-Club bei.

Im **Themenfeld Technologietransfer**, das sich der Sicherung und kommerziellen Verwertung des am KIT entstehenden geistigen Eigentums (Intellectual Property – IP) widmet, liegen die Innovationskennzahlen leicht unter dem Niveau der Vorjahre. Bei der Anzahl der Erfindungsmeldungen mit 70 Meldungen ist wie 2022 ein Rückgang zu verzeichnen. Dagegen blieb die Anzahl der Patentanmeldungen mit 38 konstant gegenüber den Vorjahren. Durch den auch finanziell bedingten Konsolidierungsprozess wurde der Schutzrechtsbestand Ende 2023 weiter auf 1.577 Schutzrechte verringert. Die Einnahmen aus Lizenzverträgen 2023 liegen mit 1,58 Mio. Euro in Höhe der durchschnittlichen zehnjährigen Ertragslage dieser Einnahmenart. Im zehnjährigen Zeitverlauf, unter Berücksichtigung der sonderbedingten erhöhten Einnahmefekte aus einem Lizenzvertrag in den Berichtsjahren 2020 und 2021, konnte gegenüber der fallenden Ertragslage der Jahre 2019 und früher im vierten Jahr hintereinander sogar eine Steigerung der Ertragslage bezogen auf die Einnahmen aus Lizenzverträgen erzielt werden. Die Unwägbarkeiten, die sich aus den politischen Entwicklungen weltweit ergeben (u.a. Planungssicherheit für F&E-Investitionen sowie zunehmende Regularien), erschweren weiterhin die Akquisition neuer lizenzbasierter Transferprojekte. Mit einer Unterstützung aus dem Innovationsfonds des KIT laufen derzeit fünf Technologietransferprojekte, von denen 2023 eins hinzugekommen ist, bei zwei weiteren ist man in der Endverhandlung.

Im Mai wurde zum ersten Mal die KIT-interne Veranstaltung „Bridge the Gap“ durchgeführt. Das Event hat Mitarbeitende des KIT über Möglichkeiten, Chancen und Rahmenbedingungen des Wissens- und Technologietransfers informiert und mit den richtigen Ansprechpersonen zur Unterstützung der eigenen Projektideen und Projekte in Kontakt gebracht. Unter der Federführung der Universität Straßburg wurde 2023 ein Folgeantrag für das zuvor erfolgreiche Interreg-Projekt Knowledge Transfer Upper Rhine (KTUR) gestellt: „KTUR2 – boosting trinational innovation“. Im Dezember wurde der Antrag bewilligt, im September 2024 startet das Projekt mit den ursprünglichen insgesamt zwölf Hochschulpartnern aus Deutschland, Frankreich und der Schweiz, ergänzt durch weitere Partner aus dem Bereich der Intermediäre. Das KIT setzt seinen Schwerpunkt diesmal im Bereich Entrepreneurship und Start-Ups.

Im **Themenfeld Gründungen & Beteiligungen** wurden im Jahr 2023 verschiedene Weichen für die Verstärkung der Aktivitäten gestellt. So wurden zunächst die beiden zentralen strategischen Projekte GHPro (EXIST V) und StartupSecure KASTEL kostenneutral verlängert, aber auch neue Projekte wie Tech4Transition mit dem GIZ angestoßen. Ergänzend wurde mit den Partnern Universität Stuttgart, Universität Heidelberg, Universität Ulm und der Hochschule der Medien Stuttgart und dem strategischen Partner Gründermotor GmbH mit der Vorbereitung einer Antragstellung für eine Startup Factory begonnen und an der Antragstellung für KTUR2 mitgewirkt, s.o. Beide Förderungen sind für eine Dauer von bis zu fünf Jahren ausgelegt.

Im Jahr 2023 wurden 49 neue Gründungen von Studierenden, wissenschaftlichen Mitarbeitenden und Alumnae oder Alumni gezählt, davon 19 forschungs-/IP-basierte Vorhaben und 30 Vorhaben aus dem studentischen Umfeld bzw. von Ehemaligen des KIT. Das entspricht dem hohen Niveau der letzten Jahre. Bei den Technologiebeteiligungen war das Jahr 2023 von einer Portfoliobereinigung und der Stärkung des Portfolios durch neue Beteiligungen und Finanzierungsrunden geprägt. Neben der noch laufenden Liquidation der Amcure GmbH und dem erfolgreichen Exit an der Acquifer AG wird Anfang 2024 ein Exit an der memetis GmbH erfolgen. Neue Beteiligungen wurden hingegen an der Nanoshape GmbH, der Phytonics GmbH, der FORMIC Transportsysteme GmbH und der Turn Energy GmbH eingegangen. Ein besonderer Erfolg war die neue Finanzierungsrunde (Series B) der INERATEC GmbH, bei der über 118 Mio. Euro frisches Kapital in das Unternehmen fließen. Mit seinen Erfolgen in diesem Themenfeld trägt das KIT maßgeblich zur Positionierung der Stadt auf Platz 3 in der aktuellen Studie der Wirtschaftswoche zu den TOP-10-Städten für Neugründungen in Deutschland bei.

Im **Themenfeld Innovationskultur** stehen weiterhin die Verankerung von Innovation und Transfer im Selbstverständnis der Mitarbeitenden des KIT und die Bereitstellung entsprechender unterstützender Angebote im Fokus. Wie in den Vorjahren wird diese Entwicklung über verschiedene Maßnahmen und Formate rund um die Marke „NEULAND“ gefördert – Kommunikation von Erfolgsbeispielen, Motivation durch einen internen Wettbewerb, Wissens- und Erfahrungswertung sowie die Vernetzung von Akteurinnen und Akteuren am KIT und mit der Wirtschaft. In diesem Rahmen wurde auch das bereits genannte Format „Bridge the Gap“ erprobt. Auch das Intrapreneurship-Programm, das die Stärkung des unternehmerischen Denkens und Handelns hin zu mehr Wissens- und Technologietransfer zum Ziel hat, hat sich erfolgreich weiterentwickelt. Dazu zählt zum einen die Etablierung der „Helmholtz Academy for Intrapreneurship (HAFIS)“, an der auch die Helmholtz-Zentren FZJ, HZDR und GSI beteiligt sind, zum anderen die Entwicklung der Marke „maKeIT“, die den Mut für eine Kultur des Machens fördern soll: maKeIT happen!

Um für die letztgenannten Themen auch eine physische Heimat zu schaffen, wurden die Themen Entrepreneurship, Gründungen und Intrapreneurship im Rahmen einer Anmietung „K26“ am Kronenplatz in Karlsruhe gebündelt. Gemeinsam mit dem TRIANGEL Transfer | Kultur | Raum und dessen Auftrag, Kreativität, Unternehmertum und Wissenstransfer in die Gesellschaft zu fördern, ist hier ein wahrnehmbarer und nachgefragter Standort entstanden, der Impact erzielt. Allein im TRIANGEL haben 2023 insgesamt 275 Veranstaltungen stattgefunden, von Fachvorträgen und Podiumsdiskussionen über Workshops und großen Netzwerkveranstaltungen bis hin zu Ausstellungen u.v.m. Wissenstransfer in die Gesellschaft bedeutet Forschung erlebbar machen und in den Dialog treten. Hier seien beispielhaft die „Wissenswochen“ genannt, ein Schaufensterformat, bei dem ausgewählte Themen des KIT über mehrere Tage präsentiert werden. Im Jahr 2023 waren das die Wissenswochen zu *Architektur & Bautechnologie, Mobilität, Umwelt & Ressourcen* sowie die *Tage der Demokratie*.

Im **Themenfeld Career Service & Alumni** wurden die Formate im Jahr 2023 nach drei Jahren Pandemie konsolidiert und weitergeführt. Ein erneutes Highlight war die KIT-Karrieremesse, die erstmalig nach der Pandemie und mit einem neuen, weiterentwickelten Konzept wieder vor Ort auf dem Campus mit 200 Ausstellenden durchgeführt wurde. Auch das Company Event „JOBTalk“ hat erstmalig in Präsenz auf dem Campus stattgefunden. Ein weiteres Highlight war die Etablierung des Vorhabens „Alumni4students“, eines gemeinsamen Begegnungsraums, um Herausforderungen beim Jobeinstieg zu diskutieren. Darüber hinaus gab es auch 2023 ein umfangreiches Angebot zur Betreuung der Alumnae und Alumni des KIT. Die Leadership Talent Academy (LTA) wurde nach drei erfolgreichen Jahren inhaltlich weiterentwickelt, im

Career Service Portal digitalisiert und ab 2023 zwei Mal im Jahr durchgeführt. Des Weiteren runden die *Förderprogramme Femtec Career Building Programme* und das *Bronnbacher Stipendium* die Angebote für Studierende im Bereich Leadership ab. Mit Karrierecoachings, Bewerbungsmappenchecks, Workshops und Recruiting-Veranstaltungen steht für Studierende weiterhin ein umfangreiches Angebot im Bereich „Employability“ zur Verfügung. Die Spendenbereitschaft für Deutschlandstipendien war 2023 weiterhin sehr hoch, und das KIT konnte 2023 insgesamt 313 Stipendien realisieren.

Im **Themenfeld Fundraising, Stiftungen & Sponsoring** gab es im Jahr 2023 verschiedene Förderungen durch Stiftungen, Unternehmen und Privatpersonen am KIT. Einige Förderungen wurden direkt an das KIT vergeben, andere über die KIT-Stiftung. Als Beispiel für die Unterstützung von Stiftungsprofessuren am KIT können die vor dem Abschluss stehenden Gespräche für die Professur für Didaktik der Physik durch die Helmut Fischer Stiftung, die Professur für Urbanes Wassermanagement durch die KSB-Stiftung sowie die Professur für Visualisierung und Geometrieverarbeitung durch die WiCAM-Stiftung genannt werden. Eine Vereinbarung mit IBM Deutschland für eine Professur mit Forschungsschwerpunkt „Digital Services, Platforms and AI“ wurde Ende 2023 unterzeichnet. Ebenso kann die Unterstützung bei der Konzeption des Veranstaltungssponsorings der KIT Science Week genannt werden. Eine große Aufgabe war die Erarbeitung eines Sponsoringkonzepts für das Jubiläum 200 Jahre KIT im Jahr 2025, welches 2024 umgesetzt wird. Ein besonderes Highlight war die Organisation und Durchführung des 1. Stiftungstags des KIT, bei dem rund 25 Stiftungen einen tiefergehenden Einblick in das KIT, laufende Projekte und Förderoptionen gewinnen konnten. Die Veranstaltung wurde von allen Teilnehmenden sehr gelobt, sodass der nächste Stiftungstag für den Herbst 2024 geplant ist. Die Konsolidierung der Treuhandstiftungen schreitet voran. Es wurde ein erster Grundsatzbeschluss gefasst und das spezifische Vorgehen bei einzelnen Stiftungen besprochen. Der geplante Gala-Abend zur Ehrung gemäß der Ehrenordnung des KIT wurde aufgrund des Weggangs des Präsidenten verschoben.

Vertreterinnen und Vertreter des KIT sind auf verschiedenen Ebenen und in verschiedenen transferrelevanten Gremien und Netzwerken aktiv, wie beispielsweise der TransferAllianz e.V., dem Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA), der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), der Hochschulrektorenkonferenz (HRK), der TU9 German Universities of Technology e. V. und dem Stifterverband.

Abschließend sei auf das neue Leitprojekt Transfer hingewiesen, mit dem 2023 begonnen wurde. Ziele sind insbesondere die Erarbeitung eines gesamtheitlichen, gemeinsamen Verständnisses für Transfer am KIT – in Erweiterung des Begriffs Innovation – sowie Maßnahmen und Monitoring-Tools zur Stärkung dieser Aufgabe. Die Transferstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft und das Transferbarometer des Stifterverbands geben dafür eine wichtige Orientierung.

## Unternehmensgründungen 2006 bis 2022

| Jahr | Name                              | Status             | Förderungen           | KIT-Lizenz                  | KIT-Beteiligung | Link                                                                                   | Anmerkung                               |
|------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 2006 | Sensolute GmbH                    | insolvent          | -                     | Ja                          | Nein            | <a href="http://sensolute.de">sensolute.de</a>                                         | Ehemalige Beteiligung                   |
| 2007 | microworks GmbH                   | Aktiv              | -                     | Ja                          | Nein            | <a href="http://micro-works.de">micro-works.de</a>                                     | Infrastruktur-Nutzung                   |
| 2008 | IONYS AG                          | Aktiv              | -                     | nein                        | Ja              | <a href="http://www.ionys.de">www.ionys.de</a>                                         | Infrastruktur-Nutzun                    |
| 2008 | CYNORA GmbH                       | Aktiv              | -                     | nein                        | Nein            | <a href="http://cynora.com">cynora.com</a>                                             | Kooperationsvertrag                     |
| 2008 | Nanoscribe GmbH                   | Aktiv              | -                     | ja                          | Nein            | <a href="http://nanoscribe.de">nanoscribe.de</a>                                       | Übernahme                               |
| 2008 | Simaps GmbH                       | Gewerbe abgemeldet | -                     | Nein, hatte mal eine Lizenz | Nein            | -                                                                                      | Lizenzvertrag beendet                   |
| 2008 | Videmo GmbH und Co. KG            | Aktiv              | -                     | Ja, hatte mal eine Lizenz   | Nein            | <a href="http://videmo.de">videmo.de</a>                                               | LV beendet                              |
| 2009 | Celitement GmbH                   | verkauft           | -                     | Ja                          | Ja              | <a href="http://celitement.de">celitement.de</a>                                       | Anteilsverkauf an Schwenk               |
| 2009 | movisens GmbH                     | Aktiv              | -                     | Ja                          | Nein            | <a href="http://movisens.com">movisens.com</a>                                         |                                         |
| 2009 | ViGEM GmbH                        | Aktiv              | -                     | Nein                        | Nein            | <a href="http://vigem.de">vigem.de</a>                                                 |                                         |
| 2010 | iuvaris GbR                       | aufgelöst          | -                     | Nein                        | Nein            | -                                                                                      |                                         |
| 2010 | Gemfony scientific UG             | Aktiv              | -                     | Ja                          | Nein            | <a href="http://gemfony.eu">gemfony.eu</a>                                             |                                         |
| 2011 | Amcure GmbH                       | Aktiv              | HE                    | Ja                          | Ja              | <a href="http://amcure.de">amcure.de</a>                                               | Gesellschaft in der Liquidation         |
| 2011 | Acquifer AG                       | Aktiv              | HE                    | Ja, hatte mal eine Lizenz   | Ja              | <a href="http://acquifer.de">acquifer.de</a>                                           | EXIT erfolgt                            |
| 2011 | Inreal Technologies GmbH          | Aktiv              | EXIST-GS, JI          | Nein                        | Nein            | <a href="http://inreal-tech.com">inreal-tech.com</a>                                   |                                         |
| 2011 | Pockettaxi GmbH                   | Gewerbe abgemeldet | -                     | Nein, hatte mal eine Lizenz | Nein            | -                                                                                      | LV beendet                              |
| 2011 | Visolas GmbH                      | Nicht aktiv        | -                     | Nein                        | Ja              | -                                                                                      | Ehemalige Beteiligung                   |
| 2011 | Knowtion UG                       | Aktiv              | EXIST-GS              | Nein                        | Nein            | <a href="http://knowtion.de">knowtion.de</a>                                           |                                         |
| 2012 | CCA – Carola Clean Air GmbH       | Aktiv              | HE                    | Ja                          | Nein            | <a href="http://carola-clean-air.com">carola-clean-air.com</a>                         | EXIT-Prozess gestartet                  |
| 2012 | FlexLog GmbH                      | Aktiv              | -                     | Ja                          | Nein            | <a href="http://flexlog.de">flexlog.de</a>                                             |                                         |
| 2012 | Nanomatch GmbH                    | Aktiv              | HE                    | Ja                          | Nein            | <a href="http://nanomatch.com">nanomatch.com</a>                                       |                                         |
| 2012 | ScreenFect GmbH                   | Aktiv              | -                     | Ja                          | Nein            | <a href="http://screenfect.com">screenfect.com</a>                                     |                                         |
| 2013 | ArtiMinds Robotics GmbH           | Aktiv              | EXIST-GS, JI          | Nein                        | Nein            | <a href="http://artiminds.com">artiminds.com</a>                                       |                                         |
| 2013 | Da-cons GmbH                      | Nicht aktiv        | EXIST-GS, JI          | Ja                          | Nein            | <a href="http://da-cons.de">da-cons.de</a>                                             |                                         |
| 2013 | Gebhart Quality Analysis 82 GmbH  | Nicht aktiv        | EXIST-GS, JI          | Nein                        | Nein            | -                                                                                      |                                         |
| 2013 | Mighty Instruments UG             | Nicht aktiv        | EXIST-GS, JI          | Nein                        | Nein            | -                                                                                      |                                         |
| 2013 | OPVEngineering GmbH               | Aktiv              | EXIST-GS, JI          | Ja                          | Nein            | <a href="http://opvengineering.de">opvengineering.de</a>                               |                                         |
| 2013 | aucentiq solutions GmbH           | Aktiv              | EXIST-GS, JI          | Nein                        | Nein            | <a href="http://geniously.com">geniously.com</a>                                       | 06/2018 Umbenennung, vorher PriceNow UG |
| 2013 | SimQoo GbR                        | Nicht aktiv        | EXIST-GS, JI          | Nein                        | Nein            | -                                                                                      |                                         |
| 2014 | Corvolution GmbH                  | Aktiv              | EXIST-FT              | Ja                          | Nein            | <a href="http://corvolution.com">corvolution.com</a>                                   |                                         |
| 2014 | KIT Campus Transfer GmbH          | Aktiv              | -                     | nein                        | Ja              | <a href="http://kit-campus-transfer.de">kit-campus-transfer.de</a>                     | Strategische Beteiligung                |
| 2014 | Lightrig GmbH                     | verkauft           | HE                    | Ja (Schutzrecht verkauft)   | Nein            | <a href="http://lightrig.de">lightrig.de</a>                                           |                                         |
| 2014 | PARALUTION Labs UG & Co. KG       | verkauft           | EXIST-GS              | Nein                        | Nein            | -                                                                                      |                                         |
| 2014 | R3DT GmbH                         | Aktiv              | EXIST-GS, JI          | Nein                        | Nein            | <a href="http://r3dt.com">r3dt.com</a>                                                 |                                         |
| 2014 | Nanosim GmbH                      | -                  | -                     | -                           | -               |                                                                                        | wurde in Nanomatch integriert           |
| 2015 | 300 MICRONS GmbH                  | Aktiv              | HE-komplett           | Ja                          | Ja              | <a href="http://300microns.com">300microns.com</a>                                     | EXIT erfolgt                            |
| 2015 | cubuslab GmbH                     | verkauft           | EXIST-GS, JI          | Nein                        | Nein            | <a href="http://cubuslab.com">cubuslab.com</a>                                         |                                         |
| 2015 | Emmtrix Technologies GmbH         | Aktiv              | EXIST-GS, JI          | Ja                          | Nein            | <a href="http://emmtrix.com">emmtrix.com</a>                                           |                                         |
| 2015 | Eyegag GbR                        | Nicht aktiv        | EXIST-GS, JI          | Ja                          | Nein            | -                                                                                      |                                         |
| 2015 | Gestalt Systems GmbH              | Aktiv              | EXIST-GS              | Nein                        | Nein            | <a href="http://aquaplot.com">aquaplot.com</a>                                         |                                         |
| 2015 | INERATEC GmbH                     | Aktiv              | EXIST-FT, JI          | Ja                          | Ja              | <a href="http://ineratec.de">ineratec.de</a>                                           | Teilnahme Finanzierungsrunde            |
| 2015 | Keypoint Visual Management GmbH   | verkauft           | -                     | Nein                        | Nein            | <a href="http://keypoint-company.de">keypoint-company.de</a>                           |                                         |
| 2015 | MAPT UG                           | Nicht aktiv        | EXIST-GS              | Nein                        | Nein            | <a href="http://mapt.pro">mapt.pro</a>                                                 |                                         |
| 2016 | EDI GmbH                          | Aktiv              | -                     | Ja                          | Nein            | <a href="http://engineering-data-intelligence.de">engineering-data-intelligence.de</a> |                                         |
| 2016 | Etit Systems GbR                  | Aktiv              | -                     | Nein                        | Nein            | <a href="http://etit.systems">etit.systems</a>                                         |                                         |
| 2016 | GoSilico GmbH                     | verkauft           | EXIST-GS, JI          | Ja                          | Nein            | <a href="http://gosilico.com">gosilico.com</a>                                         | LV (erfolgreich) beendet                |
| 2016 | Kinemic GmbH                      | Aktiv              | EXIST-FT              | Ja                          | Nein            | <a href="http://kinemic.com">kinemic.com</a>                                           |                                         |
| 2016 | Lavrio.solutions                  | Aktiv              | -                     | Nein                        | Nein            | <a href="http://lavrio.solutions">lavrio.solutions</a>                                 |                                         |
| 2016 | NovelSense UG                     | Aktiv              | -                     | Nein                        | Nein            | <a href="http://novelsense.com">novelsense.com</a>                                     |                                         |
| 2016 | otego GmbH                        | insolvent          | EXIST-FT              | Ja                          | Nein            | <a href="http://otego.de">otego.de</a>                                                 |                                         |
| 2016 | Robodev GmbH                      | Nicht aktiv        | EXIST-GS              | Nein                        | Nein            | <a href="http://robodev.eu">robodev.eu</a>                                             |                                         |
| 2016 | Vanguard Photonics GmbH           | Aktiv              | -                     | Ja                          | Nein            | <a href="http://vanguard-photonics.com">vanguard-photonics.com</a>                     |                                         |
| 2017 | Lumobiotics GmbH                  | Aktiv              | -                     | In Verhandlung              | Nein            | <a href="http://lumobiotics.com">lumobiotics.com</a>                                   |                                         |
| 2017 | SciMo GmbH                        | Aktiv              | EXIST-GS, JI          | ja (Schutzrecht verkauft)   | Nein            | <a href="http://sci-mo.de">sci-mo.de</a>                                               | Schutzrecht verkauft                    |
| 2017 | ACT Air Coating Technologies GmbH | Aktiv              | -                     | Nein                        | Nein            | <a href="http://aircoating-technologies.com">aircoating-technologies.com</a>           |                                         |
| 2017 | Risklayer GmbH                    | Aktiv              | -                     | Nein                        | Nein            | <a href="http://risklayer.com">risklayer.com</a>                                       |                                         |
| 2017 | Memetis GmbH                      | Aktiv              | HE-komplett, EXIST-FT | ja (Schutzrecht verkauft)   | Ja              | <a href="http://memetis.com">memetis.com</a>                                           | EXIT zum Stichtag erfolgt               |
| 2017 | HQS Quantum Simulations GmbH      | Aktiv              | -                     | Ja                          | Nein            | <a href="http://quantumsimulations.de">quantumsimulations.de</a>                       |                                         |
| 2017 | Renumics GmbH                     | Aktiv              | EXIST-GS              | Nein                        | Nein            | <a href="http://renumics.com">renumics.com</a>                                         |                                         |
| 2017 | Vanguard Automation GmbH          | Aktiv              | -                     | Nein                        | Nein            | <a href="http://vanguard-automation.com">vanguard-automation.com</a>                   |                                         |

| Jahr | Name                             | Status      | Förderungen    | KIT-Lizenz     | KIT-Beteiligung | Link                                                                                        | Anmerkung                                      |
|------|----------------------------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 2017 | Glassomer GmbH                   | Aktiv       | -              | ja             | Nein            | <a href="http://glassomer.com">glassomer.com</a>                                            |                                                |
| 2017 | Stochastic Combinatorics GbR     | Nicht aktiv |                | Nein           | Nein            | noch kein Internetauftritt                                                                  |                                                |
| 2018 | Aquarray GmbH                    | Aktiv       | HE, EXIST-FT   | Ja             | Ja              | <a href="http://aquarray.com">aquarray.com</a>                                              | EXIST-Prozess gestartet                        |
| 2018 | GFX-Global GmbH                  | Aktiv       | -              | Ja             | Nein            | <a href="http://gasflow-mpi.com">gasflow-mpi.com</a>                                        |                                                |
| 2018 | Kamedi GmbH                      | Aktiv       | -              | Nein           | Nein            | <a href="http://heatit.de">heatit.de</a>                                                    |                                                |
| 2018 | Prenode GmbH                     | Aktiv       | JI             | Nein           | Nein            | <a href="http://prenode.de">prenode.de</a>                                                  |                                                |
| 2018 | thingsThinking GmbH              | Aktiv       | -              | Nein           | Nein            | <a href="http://thingstinking.net">thingstinking.net</a>                                    |                                                |
| 2018 | Usertimes GmbH                   | Nicht aktiv | -              | Nein           | Nein            | <a href="http://usertimes.io">usertimes.io</a>                                              |                                                |
| 2018 | Zana Technologies GmbH           | Aktiv       | EXIST-GS       | Nein           | Nein            | <a href="http://zana.com">zana.com</a>                                                      |                                                |
| 2019 | Simutence GmbH                   | Aktiv       | HE komplett    | Ja             | Ja              | <a href="http://simutence.com">simutence.com</a>                                            | Infrastruktur-Nutzung                          |
| 2019 | Schnaitec GmbH                   | Aktiv       | -              | Nein           | Nein            | <a href="http://Schnaitec.com">Schnaitec.com</a>                                            |                                                |
| 2019 | Smelldect GmbH                   | Aktiv       | -              | Ja             | Nein            | <a href="http://Smelldect.de">Smelldect.de</a>                                              |                                                |
| 2019 | Ventecon Technologies GmbH       | Nicht aktiv | -              | Nein           | Nein            | <a href="http://Ventecon.de">Ventecon.de</a>                                                |                                                |
| 2019 | Thissen Analytics GmbH           | Aktiv       | -              | Ja             | Nein            | <a href="http://Thissen-analytics.de">Thissen-analytics.de</a>                              |                                                |
| 2019 | Appointrix GmbH                  | verkauft    | -              | Nein           | Nein            |                                                                                             |                                                |
| 2019 | AURA GbR                         | Nicht aktiv | BMBF           | Ja             | Nein            |                                                                                             |                                                |
| 2019 | Cepri-Tech GbR                   | Aktiv       | -              | Nein           | Nein            | Siehe CEPRICO                                                                               |                                                |
| 2019 | PromoNode GbR                    | Nicht aktiv | EXIST GS       | Nein           | Nein            |                                                                                             |                                                |
| 2019 | n.able GmbH                      | Aktiv       | HE komplett    | Ja             | Nein            | <a href="http://n-able-innovation.com">n-able-innovation.com</a>                            |                                                |
| 2020 | Heliopas.ai GmbH                 | Aktiv       | EXIST GS, JI   | Nein           | Nein            | <a href="https://heliopas.ai/de/">https://heliopas.ai/de/</a>                               |                                                |
| 2020 | axxelera UG                      | Aktiv       | HEkompleett    | Ja             | Nein            | <a href="https://axxelera.com/">https://axxelera.com/</a>                                   |                                                |
| 2020 | preML GmbH                       | Aktiv       | EXIST GS       | Nein           | Nein            | <a href="https://www.prem.io/de/">https://www.prem.io/de/</a>                               |                                                |
| 2020 | Kimoknow UG                      | Aktiv       | -              | Nein           | Nein            | <a href="https://www.kimoknow.de/">https://www.kimoknow.de/</a>                             | Beteiligung seitens KIT abgelehnt              |
| 2020 | empowering sustainable design UG | Aktiv       | -              | Nein           | Nein            |                                                                                             |                                                |
| 2020 | modugen GmbH                     | Aktiv       | EXIST GS       | Nein           | Nein            | <a href="https://modugen.de/">https://modugen.de/</a>                                       | Beteiligung seitens modugen abgelehnt          |
| 2020 | Kites GmbH                       | verkauft    |                | Nein           | Nein            | <a href="https://www.kites.ai/">https://www.kites.ai/</a>                                   | Von Zoom übernommen                            |
| 2021 | Aimino Tech GmbH                 | Aktiv       | Startup-Secure | Nein           | Nein            | <a href="https://aimino.de/">https://aimino.de/</a>                                         |                                                |
| 2021 | Askui GmbH                       | Aktiv       | EXIST GS       | Nein           | Nein            | <a href="https://www.askui.com/">https://www.askui.com/</a>                                 |                                                |
| 2021 | Chemogy GmbH                     | Aktiv       | -              | Nein           | Nein            | <a href="https://www.chemogy.com/">https://www.chemogy.com/</a>                             |                                                |
| 2021 | Cloudfluid GmbH                  | Aktiv       | EXIST GS       | Nein           | Nein            | <a href="https://www.cloudfluid.de/">https://www.cloudfluid.de/</a>                         |                                                |
| 2021 | enable technologies UG           | Aktiv       | -              | Nein           | Nein            | <a href="https://enabl-tech.de/">https://enabl-tech.de/</a>                                 |                                                |
| 2021 | MARA Solutions GmbH              | Aktiv       | EXIST GS       | Nein           | Ja              | <a href="https://de.mara-solutions.com/">https://de.mara-solutions.com/</a>                 | Teilnahme Finanzierungsrunde                   |
| 2021 | Phytonics GmbH                   | Aktiv       | EXIST FT       | Ja             | Ja              | <a href="https://www.phytonics.tech/">https://www.phytonics.tech/</a>                       | Teilnahme an Finanzierungsrunde                |
| 2021 | Qinu GmbH                        | Aktiv       | -              | Nein           | Nein            | <a href="https://qinu.de/">https://qinu.de/</a>                                             | Beteiligung seitens Qinu abgelehnt             |
| 2021 | revoAI GmbH                      | Aktiv       | EXIST GS       | Nein           | Nein            | <a href="https://www.revoai.de/">https://www.revoai.de/</a>                                 | Beteiligung seitens des KIT abgelehnt          |
| 2021 | SafeAD GmbH                      | Aktiv       | EXIST GS       | Nein           | Nein            | <a href="https://www.safead.de/">https://www.safead.de/</a>                                 |                                                |
| 2021 | SiIOrix GmbH                     | Aktiv       | -              | Ja             | Nein            | <a href="https://silorix.de/">https://silorix.de/</a>                                       |                                                |
| 2022 | NeoCargo AG                      | Aktiv       | -              | Nein           | Nein            | <a href="https://neocargo.de/">https://neocargo.de/</a>                                     | Strategische Beteiligung in der Diskussion     |
| 2022 | Ceprico GmbH                     | Aktiv       | EXIST GS / JI  | Nein           | Nein            | <a href="https://ceprico.com/">https://ceprico.com/</a>                                     |                                                |
| 2022 | CaBIDI Drug Delivery UG          | Aktiv       |                | Ja             | Nein            |                                                                                             |                                                |
| 2022 | Femfeel GmbH                     | Aktiv       | EXIST-GS       | Nein           | Nein            | <a href="https://www.femfeel.de/">https://www.femfeel.de/</a>                               | Übernahme durch Medice Health Family           |
| 2022 | Semor.ai GmbH                    | Aktiv       | EXIST-GS       | Nein           | Nein            | <a href="https://www.semor.ai/">https://www.semor.ai/</a>                                   |                                                |
| 2022 | DishDetective GbR                | Nicht aktiv | EXIST-GS       | Nein           | Nein            | <a href="https://dishdetective.app/">https://dishdetective.app/</a>                         |                                                |
| 2022 | Mosaic Grid Solutions GmbH       | Aktiv       | -              | Nein           | Nein            | <a href="https://www.mosaic-grid-solutions.com/">https://www.mosaic-grid-solutions.com/</a> |                                                |
| 2022 | TeachIt UG                       | Aktiv       | -              | Ja             | Nein            | <a href="https://teachit.study/">https://teachit.study/</a>                                 |                                                |
| 2022 | aiCorn GmbH                      | Aktiv       | -              | Nein           | Nein            | <a href="https://www.aicorn.de/">https://www.aicorn.de/</a>                                 |                                                |
| 2022 | Inventife Engineering GmbH       | Aktiv       | EXIST-GS       | Nein           | Nein            | <a href="https://inventife.com/">https://inventife.com/</a>                                 |                                                |
| 2022 | FastCast Ceramics GbR            | Aktiv       | HE, EXIST-FT   | Ja (in Bearb.) | Nein            | <a href="https://fastcast-ceramics.com/">https://fastcast-ceramics.com/</a>                 | Beteiligung seitens Fast-Cast abgelehnt        |
| 2022 | MonKI Solutions GmbH             | Aktiv       | -              | Nein           | Nein            | <a href="https://monki-solutions.com/">https://monki-solutions.com/</a>                     |                                                |
| 2022 | Bolt Engineering GmbH            | Aktiv       | -              | Nein           | Nein            | <a href="https://www.bolt-eng.com/">https://www.bolt-eng.com/</a>                           |                                                |
| 2022 | SADEN GmbH                       | Aktiv       | -              | Nein           | Nein            | <a href="https://saden.de/">https://saden.de/</a>                                           |                                                |
| 2022 | Icodos GmbH                      | Aktiv       | -              | Ja             | Nein            | <a href="https://icodos.com/">https://icodos.com/</a>                                       | Beteiligung seitens KIT abgelehnt              |
| 2022 | Nanoshape GmbH                   | Aktiv       | EXIST-FT       | Ja             | Ja              | <a href="https://n-biotics.de/">https://n-biotics.de/</a>                                   | Teilnahme an Finanzierungsrunde wahrscheinlich |
| 2022 | Turn.Energy GmbH                 | Aktiv       | -              | Ja             | Ja              | <a href="https://turn2x.com/">https://turn2x.com/</a>                                       | Teilnahme an Finanzierungsrunde                |
| 2022 | I3motion gGmbH                   | Aktiv       | -              | Nein           | Ja              | <a href="https://www.i3-motion.de/">https://www.i3-motion.de/</a>                           |                                                |

## **Ausgründungen im Berichtsjahr 2023**

### **FORMIC Transportsysteme GmbH (KIT-Beteiligung)**

Das Ziel von FORMIC ist es, den Transport von schweren und sperrigen Gütern zu vereinfachen. Dafür entwickelt FORMIC modulare Transportsysteme, die schwere Lasten unterschiedlicher Größe und Gewichte sicher und mit hoher Präzision bewegen können. Das KIT ist an FORMIC beteiligt, ein Lizenzvertrag ist in Verhandlung.

### **LITONA GmbH**

Das Ziel von Litona ist die Entwicklung und Herstellung sowie der Vertrieb von Preußischweißem Pulver als aktives Natrium-Ionen-Material für Natrium-Ionen Batterien. LITONA ist im Batterietechnikum des KIT beheimatet und wird durch die KIT-Gründerschmiede vielfältig unterstützt (Preise, Messe, Kommunikation etc.).

### **Valoon GmbH**

Das Ziel von Valoon ist eine intuitiv bedienbare Komplettlösung für die Kommunikation, Steuerung und Dokumentation von Projekten unterschiedlichster Art. Dabei steigert Valoon die Effizienz der Bauprozesse sowohl vor Ort als auch im Büro. Eine Beteiligung des KIT an Valoon im Rahmen einer folgenden Finanzierungsrunde ist möglich, Valoon wird durch die KIT-Gründerschmiede vielfältig unterstützt (Preise, Messe, Kommunikation etc.).

### **SPOTIUM GmbH**

Das Ziel von Spotium ist eine spezifische Sales Intelligence Plattform für den Maschinenbau und dessen Zulieferer – unterstützt durch Künstliche Intelligenz. Eine Beteiligung des KIT an SPOTIUM im Rahmen einer folgenden Finanzierungsrunde ist möglich, SPOTIUM wird durch die KIT-Gründerschmiede vielfältig unterstützt (Preise, Messe, Kommunikation etc.).

Neben den vier beschriebenen Spin-off-Ausgründungen wurden zwölf weitere kompetenzbasierte Gründungen am KIT gegründet und in der folgenden Tabelle aufgelistet:

| Unternehmen             | Link                                                                          |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Phabioc GmbH            | <a href="https://phabioc.com/">https://phabioc.com/</a>                       |
| FastCast Ceramics GmbH  | <a href="https://fastcast-ceramics.com/">https://fastcast-ceramics.com/</a>   |
| Keystone Photonics GmbH | <a href="https://keystone-photonics.com/">https://keystone-photonics.com/</a> |
| InnoCharge GmbH         | <a href="https://www.innocharge.de/">https://www.innocharge.de/</a>           |
| Platomo GmbH            | <a href="https://platomo.de/">https://platomo.de/</a>                         |
| NOXON GmbH              | <a href="https://noxon.io/">https://noxon.io/</a>                             |
| Validaitor UG           | <a href="https://validaitor.com/">https://validaitor.com/</a>                 |
| Vitru Water GbR         | <a href="https://vitruwater.com/">https://vitruwater.com/</a>                 |
| Revyve GbR              | <a href="https://www.revyve.tech/">https://www.revyve.tech/</a>               |
| NeWood                  | -                                                                             |
| Semorai GmbH            | <a href="https://www.semor.ai/">https://www.semor.ai/</a>                     |
| Inventife GmbH          | <a href="https://inventife.com/">https://inventife.com/</a>                   |

### Laufende Gründungsförderprojekte am KIT im Jahr 2023 (Stand: 4. März 2024)

| Projekt            | Programm       | Start    | Ende     | Beteiligungsoption |
|--------------------|----------------|----------|----------|--------------------|
| Validaitor         | StartUpSecure  | 01.06.23 | 31.05.24 | Nein               |
| REVYVE             | HE Spin-off    | 01.07.23 | 31.08.24 | Nein               |
| Energiewendeplan A | JI             | 01.09.23 | 31.08.24 | Nein               |
| 3D-Physoxie        | Go-Bio Initial | 01.10.23 | 30.09.24 | Nein               |
| Valoon             | EXIST GS       | 01.01.24 | 31.12.24 | Nein               |
| Vitru Water        | EXIST GS       | 01.11.23 | 31.10.25 | Nein               |
| Zebrafant.ai       | EXIST GS       | 01.11.23 | 31.10.24 | Nein               |



## **A.5 Bericht zu den besonderen Finanzierungsaufgaben**

### **Zeitenwende**

- Initiativen zur Zeitenwende Energieversorgungssicherheit:  
Tandem Solarzellen, GEOZeit, RESUR, Rohstoffsicherung: s. Kap. A.2.1.7.5.1
- Initiativen zur Zeitenwende Kerninformatik:  
HeCI (Helmholtz Core Informatics Research at KIT): s. Kap. A.2.2.6.3

### **Innovationspools**

- Forschungsbereich Energie: s. Kap. A.2.1.7.4
- Forschungsbereich Information: s. Kap. A.2.2.6.2
- Forschungsbereich Materie: s. Kap. A.2.3.7.1
- Forschungsbereich Erde und Umwelt: s. Kap. A.2.4.4.8

### **ATMOHub**

s. Kap. A.2.4.4.7

### **Inkubabor-Plattformen**

s. Kap. A.2.2.6.1

### **Innovationsplattformen**

- Solar Tab: s. Kap. A.2.1.7.5.2

### **Pakt-Restmittel**

- Klimagerechte Sanierung – Kaltwassernetz: s. Kap. A.1.2.4 „Bauliche Entwicklung“
- FIS-Demonstrator Rock-it: s. Kap. A.2.3.7.2
- Helmholtz KLIMA-Initiative: s. Kap. A.2.4.4.9

## **A.6     Infrastruktur (IK V-VII)**

### **Übergeordnete Entwicklungen der Administration und Infrastruktur**

Forschung, Lehre und Innovation werden am KIT durch eine moderne Administration unterstützt. Am KIT ist die Verwaltung in Dienstleistungseinheiten (DEs), Stabsstellen, zentralen wissenschaftlichen Einrichtungen und zentralen Betriebseinrichtungen organisiert. Das KIT hat zudem vier nicht akademische Wahlämter (Personalrat, Chancengleichheitsbeauftragte bzw. Chancengleichheitsbeauftragten, Jugend- und Auszubildendenvertretung sowie Schwerbehindertenvertretung). Im Berichtsjahr bestehen Administration und Infrastruktur des KIT aus den folgenden Organisationseinheiten, die gemäß dem Ressortprinzip je einem der sechs Präsidiumsmitglieder zugeordnet sind (s.u.). Seit dem 1. Januar 2024 gibt es Änderungen in der Aufbauorganisation. Diese werden im Kapitel A.1.2.1 des vorliegenden Berichts beschrieben und sind in den Organigrammen bereits abgebildet (s. S. 13 ff.).

### **Organisationseinheiten des KIT im Berichtsjahr 2023**

Ressort Präsident (Prof. Dr. Oliver Kraft in Vertretung des Präsidenten des KIT)

- Stab und Strategie (STS)

Ressort Forschung (Prof. Dr. Oliver Kraft)

- Forschungsförderung (FOR)
- Karlsruhe House of Young Scientists (KHYS)
- Technik Haus

Ressort Lehre und akademische Angelegenheiten (Prof. Dr. Alexander Wanner)

- Hochschulrecht und Akademische Angelegenheiten (HAA)
- House of Competence (HoC)
- Studium und Lehre (SLE)
- Studienkolleg für ausländische Studierende (STK) / Redtenbacher-Kolleg
- Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale (ZAK)

Ressort Transfer und Internationales (Prof. Dr. Thomas Hirth)

- Innovations- und Relationsmanagement (IRM)
- Internationales (INTL)

Ressort Digitalisierung und Nachhaltigkeit (Prof. Dr. Kora Kristof)

- KIT-Bibliothek (BIB)
- Scientific Computing Center (SCC)
- Datenschutz (DSB)
- Sustainability Office (SO)

## Ressort Finanzen, Personal und Infrastruktur (Michael Ganß)

Im Ressort Finanzen, Personal und Infrastruktur wurden drei Serviceeinheiten (SE) auf L2-Ebene (SE Finanzen, SE Personal, SE Infrastruktur) eingesetzt. Daneben bestehen weiterhin administrative Organisationseinheiten auf L3-Ebene (Dienstleistungseinheiten und Stabsstellen), die direkt an den Vizepräsidenten Finanzen, Personal und Infrastruktur berichten.

### Serviceeinheiten

- Serviceeinheit Finanzen
  - Einkauf, Verkauf und Materialwirtschaft (EVM)
  - Finanzmanagement (FIMA)
- Serviceeinheit Personal
  - Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt (FTU)
  - Personalentwicklung und Berufliche Ausbildung (PEBA)
  - Personalservice (PSE)
  - Konfliktmanagement und Psychosoziale Beratung (KMB)
- Serviceeinheit Infrastruktur
  - Allgemeine Services (ASERV)
  - Facility Management (FM)
  - Immobilienmanagement (IM)
  - Planen und Bauen (PB)

### Dienstleistungseinheiten und Stabsstellen

- Medizinische Dienste (MED)
- Organisationsentwicklung und Prozesse (OEP)
- Projekt-, Prozess- und Qualitätsmanagement (PPQ)
- Projektträger Karlsruhe (PTKA)
- Rechtsangelegenheiten (RECHT)
- Sicherheit und Umwelt (SUM)
- Compliance (COMP)
- Fachkräfte für Arbeitssicherheit (FAS)
- Innenrevision (REV)

Im Folgenden wird, dem Berichtszweck entsprechend, eine Gewichtung der Darstellung mit Konzentration auf die Großforschungsaufgabe vorgenommen, immer jedoch auch mit Blick auf das KIT als gesamte Institution. Die Zuordnung der Organisationseinheiten zu den jeweiligen Unterkapiteln A.6.1 bis A.6.3 folgt den Vorgaben des BMBF. Innerhalb dieser Unterkapitel wiederum entspricht die Reihung der Ressortzuordnung des KIT bzw. der Abfolge im Organigramm der Aufbauorganisation (in der Reihenfolge Dienstleistungseinheiten/ zentrale wissenschaftliche Einrichtungen, Stabsstellen, nicht akademische Wahlämter).

## A.6.1 Entwicklung des Zentrummanagements

Die DE **Stab und Strategie (STS)** unterstützt als zentrale DE im Ressort des Präsidenten das Präsidium in allen übergreifenden Stabs-, Strategie- und Kommunikationsaufgaben. Hierbei ist STS aktiv und koordinierend tätig, mit der Mission, die strategische Handlungsfähigkeit und Weiterentwicklung des KIT aktiv zu treiben. STS entstand zum 1. Januar 2023 aus der Fusion der beiden Organisationseinheiten Strategische Entwicklung und Kommunikation (SEK) und Stab des Präsidenten (STAB). Mit den seit 2023 neuen Abteilungen „Zukunftskonzepte“ sowie „Wissenstransfer und politische Beziehungen“ umfasst STS neun Abteilungen. Die Abteilung „Projektmanagementbüro“ wurde in die Gremienbetreuung integriert.

Die Organisation und Begleitung der Findungskommissionen für die Nachfolge des Präsidenten des KIT, Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, sowie die Nachfolge des amtierenden Vizepräsidenten für Finanzen, Personal und Infrastruktur, Michael Ganß, prägten die Arbeit der Abteilung „Gremienbetreuung“. Die Abteilungen „Qualitätsmanagement in Studium und Lehre“, „Strategisches Controlling und Reporting“ und „Berufungsverfahren“ unterstützten die strategische Arbeit des Präsidiums, gewährleisteten den Ablauf einer Vielzahl von Berufungsverfahren und trugen somit u. a. dazu bei, dass das KIT die Marke von 400 Professorinnen und Professoren im Jahr 2023 überschreiten konnte.

In der „Gesamtkommunikation“ wurden der crossmediale Kanalmix geschärft sowie das Format Video deutlich ausgebaut, um verstärkt junge Zielgruppen (GenZ) anzusprechen. Zudem konnte ein neuer Podcast etabliert werden. In der internen Kommunikation konnte der Relaunch des Intranets mit völlig neuen Funktionalitäten erfolgreich abgeschlossen werden. Mit der KIT Science Week an der Schnittstelle zwischen Kommunikation und Wissenstransfer vernetzte sich das KIT im Oktober 2023 in über 60 Veranstaltungen mit 11.000 Besucherinnen und Besuchern intensiv mit der Gesellschaft. Im „Zentralen Marketing“ wurden die Grundlagen geschaffen, um künftig neben dem Studierendenmarketing noch stärker das Thema Employer Branding ins Auge zu fassen. Im „Wissenstransfer“ konnte die politische Vernetzungsarbeit auf solide Beine gestellt werden. Dies spiegelt sich in zahlreichen hochrangigen Besuchen aus der Politik im Jahr 2023 wider.

Mit der Abteilung „Zukunftskonzepte“ wurde im Jahr 2023 eine Abteilung geschaffen, die das Präsidium bei Projekten und durch neue Konzepte zur strategischen Weiterentwicklung des KIT unterstützt. Hierunter fällt auch die Begleitung der Folgeaktivitäten, ausgehend vom 2. KIT-Weiterentwicklungsgesetz (KIT 2.0).

Das „Helmholtz Energy Office“ (bis 2022: Koordinationsstelle Helmholtz-Forschungsbereich Energie) ist weiterhin am KIT angesiedelt. Es unterstützt den Vizepräsidenten Energie der Helmholtz-Gemeinschaft in seiner Rolle als Forschungsbereichskoordinator Energie. 2023 wurden zur Aufstellung für die fünfte Periode der Programmorientierten Förderung (PoF V) mehrere Workshops durchgeführt. Weiterhin wurde die Verwendung von „Helmholtz Energy“ als Marke im Jahr 2023 voll umgesetzt und die Konferenz „Tackling the Global Challenges for the Energy Transition“ organisiert.

Die **Forschungsförderung (FOR)** unterstützt als zentrale Dienstleistungseinheit die erfolgreiche Umsetzung der Dachstrategie KIT 2025 – insbesondere im Handlungsfeld Forschung. Dazu informieren, beraten und begleiten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von FOR die Wissenschaft und die Leitungsebenen des KIT bei der Einwerbung von Forschungsmitteln

(Drittmittel, Programmmittel) sowie der Koordination von Forschungsprojekten. Die Aufgabenschwerpunkte dabei sind: individuelle Förderberatung für die Wissenschaft; Sammlung, Aufbereitung und Bereitstellung von Information; Management von ausgewählten Verbund-Anträgen und -Projekten; enge Begleitung strategischer Drittmittelinitiativen, Vorschläge für Wissenschaftspreise sowie drittmittelfinanzierte Neuberufungen; Planung und Controlling der programmorientierten Forschung (PoF); Koordination der Umsetzung des Exzellenzuniversitätsantrags; strategische Beratung der Leitungsebenen und Konzepterstellung. Besondere Drittmittelerfolge mit Unterstützung durch FOR gab es im Berichtsjahr bei sechs neu eingeworbenen ERC-Grants, elf hochkarätigen Nachwuchsgruppen, einem Carl-Zeiss-Stiftungs-Center und zwei neuen DFG-Sonderforschungsbereichen.

Im Zuge der Implementierung der Dachstrategie KIT 2025 und des zweiten KIT-Weiterentwicklungsgesetzes ist FOR an vielen Leit-, Umsetzungs- und Folgeprojekten beteiligt, von denen einige mit Federführung FOR hier exemplarisch erwähnt werden sollen. Im Rahmen des Leitprojekts 1 „Forschung“ wurden die Vorbereitungen des KIT auf die POF V sowie die Exzellenzstrategie II koordiniert. Meilensteine waren dabei die selbstaufgelegten Zwischenevaluierungen für die Exzellenzuniversität und für die strategische Partnerschaft mit der Universität Heidelberg (HEiKA). Im Zuge des Umsetzungsprojekts „Neue Exzellenzcluster“ wurden zudem die Initiativen aus der Wissenschaft des KIT begleitet und der Gesamtprozess für das Präsidium koordiniert, sodass am Ende acht Absichtserklärungen für neue Exzellenzcluster eingereicht wurden.

In der DE **Innovations- und Relationsmanagement (IRM)** werden Angebote zu fünf Themenfeldern gebündelt, die an der Schnittstelle zwischen den Studierenden und Beschäftigten des KIT und der Wirtschaft bzw. Gesellschaft liegen. Dies sind Strategische Partnerschaften mit der Wirtschaft, der IP-basierte Technologietransfer, Gründungen & Beteiligungen, Career Service & Alumni sowie Fundraising, Stiftungen & Sponsoring. In diesem Rahmen werden verschiedene Instrumente (z.B. Innovationsfonds), Marken (z.B. NEULAND) und maßgeschneiderte Plattformen (z.B. Gründerschmiede) betrieben. Die Ziele, die man sich jeweils für das Jahr gesetzt hatte, wurden erreicht.

Neben den Routineaufgaben zur Unterstützung insbesondere der Forschenden aber auch der Studierenden, lag der Schwerpunkt nach Ablauf der pandemiebedingten Einschränkungen auf der Konsolidierung und weiteren Professionalisierung von Prozessen, aus der sich u.a. auch einige Änderungen in der Organisationsstruktur der DE abgeleitet haben. Beispielhaft seien die engere Verzahnung der Innovationsmanager mit dem KIT Business Club oder die Verwaltung der rund 20 Treuhandstiftungen am KIT genannt. Weitere strategische Optimierungen wie z.B. im Exit-Prozess des Beteiligungsmanagements wurden angestoßen. Darüber hinaus hat sich die DE in vielerlei Strategiprojekten engagiert, die der Weiterentwicklung des KIT dienen (KIT 2.0, Transfer, Digitalisierung, Nachhaltigkeit).

Als besondere und neue Vorgänge sind zum einen die Durchführung des 1. Stiftungstags am KIT zu nennen, bei dem rund 25 Stiftungen einen tiefergehenden Einblick in das KIT, laufende Projekte und Förderoptionen gewinnen konnten. Zum anderen wurde eine räumliche Bündelung der Themen Entrepreneurship, Gründungen und Intrapreneurship am Kronenplatz in Karlsruhe umgesetzt. Gemeinsam mit dem TRIANGEL Transfer | Kultur | Raum und dessen Auftrag, Kreativität, Unternehmertum und Wissenstransfer in die Gesellschaft zu fördern, ist hier ein wahrnehmbarer und nachgefragter Standort entstanden, der Impact erzielt. Allein im TRIANGEL haben 2023 insgesamt 275 Veranstaltungen stattgefunden.

Das Gewinnen und Halten engagierter Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und damit auch die überjährige drittmittelbasierte Projektarbeit bleibt auch für 2024 eine große Herausforderung.

Die DE **Internationales (INTL)** ist Anlaufstelle für internationale Studierende sowie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die ans KIT kommen. Sie koordiniert die internationalen Kooperationen. Zudem fördert und begleitet sie die Mobilität von Studierenden und Mitarbeitenden des KIT ins Ausland.

So ist die DE INTL intensiv daran beteiligt, dass das KIT bei der Entwicklung der Europäischen Universität „EPICUR – European Partnership for an Innovative Campus Unifying Regions“ eine tragende Rolle innehat. Dafür erhält das KIT bis 2026 von der EU 1,6 Mio. Euro. Zum Januar 2023 startete zusätzlich das von der EU mit 3,5 Mio. Euro über fünf Jahre geförderte Forschungsprojekt „aUPaEU“, in dem zwei Partner aus EPICUR (KIT, AMU) gemeinsam mit drei Partnern der Europäischen Universitätsallianz UNITE! neue digitale Services und Methoden zur nachhaltigen Transformation von Forschung und Innovation entwickeln.

Bei Eucor – The European Campus hat die DE INTL eine zentrale Funktion. Mit Unterstützung des MWK hat das KIT eine weitere Brückenprofessur, die Professur für Digital Process Engineering for Sustainable Materials and Energy, besetzen können. Um darüber hinaus Maßnahmen im Strategieplan Eucor 2024-2030 umzusetzen, fördert das MWK das KIT und die Universität Freiburg mit rund 1 Mio. Euro. Einen Meilenstein im Kontext des trinationalen Hochschulverbunds stellte die Eröffnung des Europäischen Quantenzentrums CESQ in Straßburg dar, an dem das KIT maßgeblich beteiligt ist.

Eine koordinierende Rolle nimmt die DE INTL auch bei der Aufnahme von gefährdeten Forschenden und Gastforschenden am KIT ein. So sind derzeit am KIT insgesamt vier mit Mitteln aus der Philipp Schwartz-Initiative geförderte Forschende aktiv, die ihre durch Flucht unterbrochene Forschung wieder aufgenommen haben.

Das KIT hat im November dem renommierten indischen Chemiker Prof. Dr. Thalappil Pradeep vom Indian Institute of Technology Madras den ersten „International Excellence Award“ und das „Fellowship of SCHROFF Foundation“ für seine exzellente und global relevante Forschung verliehen. 21 Gastforschende wurden in dem aus Mitteln der Exzellenzinitiative finanzierten Programm mit einem International Excellence Fellowship ausgezeichnet.

2023 sind fünf Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT für das Mitacs-Programm ausgewählt worden (Outgoer und Incomer), um ein Forschungsvorhaben von drei bis sechs Monaten an einer Einrichtung ihrer Wahl in Kanada beziehungsweise am Institut ihrer Wahl am KIT zu realisieren.

Die DE **Personalentwicklung und Berufliche Ausbildung (PEBA)** trägt als strategisch ausgerichtete Personalentwicklung zu einer lernenden Organisation und innovativen Kultur am KIT bei. Die Aufgaben von PEBA umfassen u.a. die Gestaltung von Personalprozessen sowie von Instrumenten des Personalmanagements (Mitarbeitendenjahresgespräche etc.), planbare Karrierewege und die Begleitung der individuellen Karriereplanung, Kompetenzentwicklung (Fort- und Weiterbildung), Begleitung von Veränderungsprozessen sowie Diversity Management (Entwicklung von Diversity-Kompetenzen etc.).

Das Leitprojekt zur Fachstrategie Personal (Personalstrategie) wurde im Jahr 2023 weiter umgesetzt. Mit der Personalstrategie wurden Instrumente und Prozesse systematisiert und zeitgemäß ausgerichtet sowie die Transparenz in der Organisation darüber gestärkt. Das Format „Personalklausur“ für Leitungs- und Führungskräfte sollte dazu dienen, organisationsweit Personalplanungs- und -entwicklungsaktivitäten gemeinsam zu besprechen und strategisch auszurichten. Im Jahr 2023 wurde das Format pilothaft erprobt. Zum Ende der Pilotphase hat sich gezeigt, dass das Format der Personalklausur, wie es ursprünglich konzipiert war, vorerst nicht umgesetzt werden kann, da es keine organisationseinheiten-übergreifende Themen sowie Matching-Optionen gab. Aus diesem Grund werden nun Alternativen zur Personalklausur an-

geboten. Die Einführung eines Karrieresystems für unbefristete wissenschaftliche Mitarbeitende wurde dahingehend vorangetrieben, dass die Unterlagen und Prozesse dafür erarbeitet und definiert wurden. Die Umsetzung erfolgt zukünftig durch die Bereiche.

Im Oktober 2023 startete das Folgeprojekt New Work, welches dem Leitprojekt New Work, das im Herbst 2023 abgeschlossen wurde, auf Umsetzungsebene folgt. Im Rahmen des Folgeprojekts sollen insbesondere eine neue Dienstvereinbarung zum Mobilien Arbeiten entstehen, die Arbeitszeiterfassung nach den gesetzlichen Vorgaben geregelt, ein neues Konzept zur Flexibilisierung der Flächenbewirtschaftung umgesetzt sowie Führungskräfte und Mitarbeitende durch entsprechende begleitende Maßnahmen in die Lage versetzt werden, sich gut mit den verändernden Arbeitsbedingungen zurecht zu finden.

Im Jahr 2023 warb das KIT das Projekt „Exzellenz durch Vielfalt – Steigerung der Arbeitgeberattraktivität durch diversitätssensibles Employer Branding und Personalmarketing“ aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds der HGF ein. Das Projekt startet im Jahr 2024 und zielt darauf ab, die Arbeitgebermarke zu schärfen, insbesondere für die Gewinnung von Frauen und internationalen Spitzenkräften, sowie diversitätssensible Prozesse der Personalgewinnung auszubauen.

Das neue Führungskräfteentwicklungsprogramm wurde noch weiter angepasst und trägt nun den Titel „New Work Leadership: Mich und andere gesund und motivierend führen“. Die Neukonzeption und Digitalisierung des Instruments „Führungskräftefeedback“ schritt weiter voran. Ein neuer Fragebogen auf Basis des aktualisierten KIT-Kompetenzmodells ist erarbeitet. Die Ausschreibung für ein IT-Tool wird Anfang des Jahres 2024 veröffentlicht.

Dem KIT war es wie in den vergangenen Jahren weiterhin ein wichtiges Anliegen, gute Arbeitsbedingungen für seine Beschäftigten anzubieten. Ein Instrument hierfür ist nach wie vor die von Präsidium, KIT-Senat und Personalrat verabschiedete Selbstverpflichtung „Gute Arbeit am KIT“, in welcher die Randbedingungen für den verantwortungsvollen Umgang mit den Ermächtigungen zum Abschluss von befristeten Arbeitsverträgen im Wissenschaftszeitvertragsgesetz und im Teilzeit- und Befristungsgesetz geregelt werden.

Im Jahr 2023 hat die Dienstleistungseinheit **Personalservice (PSE)** gemeinsam mit dem Präsidium, den Bereichen und Instituten weiter das Papier "Gute Arbeit am KIT" gelebt und Erfolge erzielt. So betrug die Anzahl der Personen, die aus einem befristeten in ein unbefristetes Arbeitsverhältnis übernommen wurden, im Jahr 2023 191 (114 GFA / 77 UA). Die Zahl der zugleich unbefristeten Neueinstellungen auf der Basis der Selbstverpflichtung „Gute Arbeit am KIT“ betrug 139 (64 GFA / 75 UA).

Darüber hinaus wurden die folgenden Dienstvereinbarungen geschlossen:

Die Dienstvereinbarung über den Einsatz des Systems „Zerberus Compliance Tool zur Sanktionslistenprüfung im Personalverwaltungssystem (SAP)“ - unterzeichnet am 17. Oktober 2023 - wurde mit dem Ziel geschlossen, eine Rechtsgrundlage für den automatisierten Abgleich von Beschäftigtendaten mit Sanktionslisten zu schaffen. Die EU hat auf die Anschläge des 11. September 2001 mit einer Reform des deutschen Außenwirtschaftsgesetzes reagiert und den Handel mit so genannten terroristischen Vereinigungen und solchen, die in Bezug zu denselben stehen, durch EU-Verordnungen unter Strafe gestellt. Hierunter fallen insbesondere auch Arbeitsentgelte. Diesem Verbot möchte das KIT durch einen Abgleich der Daten der Beschäftigten aus dem Personalverwaltungssystem mit den Daten in den Sanktionslisten nachkommen. Hierfür wird das System „Zerberus“ eingesetzt.

Im Zuge der Digitalisierung wurde darüber hinaus die Dienstvereinbarung über die Erweiterung des bestehenden Reisekostensystems „SMS-Reise“ um den elektronischen Workflow "Antrag-Auf..." am KIT – unterzeichnet am 18. August 2022 – geschlossen. Anhand des elektronischen

Workflows ist es möglich, Dienstreisen elektronisch zu erfassen, zu genehmigen und abzurechnen. Das System wurde – begleitet von Schulungen – Anfang 2024 vollständig in der GFA ausgerollt; die weitere Ausrollung in der UA erfolgt im Laufe des Jahres 2024.

Zentraler Ansprechpartner für alle rechtlichen und steuerlichen Angelegenheiten des KIT ist die DE **Rechtsangelegenheiten (RECHT)**. Rechtliche Beratung der Organe, Gremien und Organisationseinheiten in Wissenschaft, Administration und Infrastruktur gehören ebenso zu ihren Aufgaben wie die Erstellung und Prüfung von Verträgen, Gutachten und Stellungnahmen des KIT in rechtlichen Fragen sowie die prozessuale Vertretung des KIT im Rahmen der Zuständigkeit der DE.

Im Berichtsjahr war RECHT insbesondere mit der vertraglichen Gestaltung und Ausarbeitung mehrerer Satzungen im Zusammenhang mit der Novellierung des KIT-Gesetzes beschäftigt, hier insbesondere zu Änderungssatzungen zur Gemeinsamen Satzung. Ferner wurde die Evaluierung der Wahlordnung des KIT angestoßen.

Weitere Tätigkeitsgebiete, die besonders hervorzuheben sind, sind weiterhin Prüfungen im Hinblick auf das Außenwirtschaftsrecht im Zusammenhang mit dem Russlandkonflikt und mit chinesischen Einrichtungen. Hierzu mussten Verträge angepasst und außenwirtschaftsrechtliche Fragen geklärt werden. Das System des KIT zur außenwirtschaftlichen Prüfung von Vorgängen und Personen wurde weiter ausgebaut.

Darüber hinaus war ein wesentliches Tätigkeitsgebiet der DE RECHT in diesem Jahr nach wie vor die Begleitung von rechtlichen und steuerrechtlichen Fragen.

Schließlich wurden weitere Komponenten des Konzeptes zur Tax Compliance gestaltet

Die DE **Hochschulrecht und Akademische Angelegenheiten (HAA)** berät die Bereiche, KIT-Fakultäten, zentralen Einrichtungen und Dienstleistungseinheiten sowie die Lehrenden des KIT in rechtlichen Fragen in dem Bereich Studium und Lehre sowie im Hochschulrecht. Ziel der Beratung ist es, gemeinsam mit den genannten Stellen und Personen interessengerechte und praktikable Lösungen zu finden, die den rechtlichen Anforderungen gerecht werden. Darüber hinaus vertritt die DE HAA das KIT vor dem Verwaltungsgericht, insbesondere in prüfungs- und zulassungsrechtlichen Streitigkeiten. Ein weiterer Schwerpunkt der Tätigkeit liegt bei der Unterstützung des Präsidiums in hochschulpolitischen Vorhaben und Selbstverwaltungsangelegenheiten, wie zum Beispiel bei der Einrichtung neuer Studiengänge oder bei der Beurteilung von Gesetzgebungsverfahren auf Landes- oder Bundesebene.

Die DE **Organisationsentwicklung und Prozesse (OEP)** ist im Rahmen ihrer drei Säulen für das Organisations- und Prozessmanagement sowie für die Organisationsberatung zentral zuständig.

Für die Abteilung Organisationsmanagement (OM) war im Kontext der Implementierung des 2. KIT-Weiterentwicklungsgesetzes auch 2023 ein herausforderndes Jahr.

Im Themenfeld „Wahlen“ mussten neben den regulär stattfindenden Wahlverfahren weitere Wiederholungs- und Ergänzungswahlen bezüglich der neuen KIT-2.0-Gremien durchgeführt werden. Ferner wurde gemeinsam mit der DE RECHT eine Arbeitsgruppe zur Evaluierung der Wahlordnung gegründet. Diese arbeitet seit 2023 im Besonderen an Standardisierungen, Entbürokratisierungen sowie (u. a. rechtlichen) Konkretisierungen. Nachdem das Projekt „Einführung von Online-Wahlen“ aus Ressourcengründen wegen der KIT-2.0-Wahlen pausieren musste, sind die Aktivitäten Ende 2023 wieder aufgenommen worden. Projektziel ist das Digitalisieren von Verfahrensschritten, wie beispielsweise das elektronische Auflegen der Wählendenverzeichnisse oder die elektronische Abgabe der Stimme.

Im Rahmen der Pflege der Aufbauorganisation des KIT wurden zahlreiche Organisationsänderungen, wie Neugründungen, Auflösungen oder Änderungen begleitet und umgesetzt.



Ebenso lag der Schwerpunkt auf dem Aktualisieren der Organisationseinheiten des KIT nach den Governance-Regeln im SAP-Organisationsmanagement (SAP-OM), sodass die Datenqualität nicht nur im SAP-OM, sondern auch in den abnehmenden Systemen weiter verbessert werden konnte. Eine entsprechende Stammdatenqualität ist mithin die Voraussetzung für wirkungsvolle Digitalisierungsmaßnahmen. In diesem Kontext wurde in enger Abstimmung mit SCC-AMA das Ausrollen des OE-Self-Service-Portals für diejenigen Organisationseinheiten begleitet, die an der Bestandsdatenerhebung und -aktualisierung teilgenommen haben. Darüber hinaus war OM auch an Optimierungsmaßnahmen hinsichtlich des elektronischen Deprovisionierungsvorgangs der DE RECHT beteiligt.

Im Bereich der Organisationsberatung hat das Projektteam – ab Juli unter der Projekteigenschaft von Prof. Dr. Kora Kristof – in dem Projekt „Neufassung der Chancengleichheitssatzung und Novellierung der Wahlordnung der Chancengleichheitsbeauftragten und ihren Stellvertreterinnen“ weitergearbeitet.

In der Abteilung Prozessmanagement (PZM) wurden im Berichtszeitraum bereits laufende Prozessaufnahmen bei INTL sowie SLE weitergeführt und vorbereitende Arbeiten mit PSE begonnen. Ebenfalls wurden im Rahmen des Umsetzungsprojekts zu KIT 2.0 die übernommenen Aufgaben zur Prozessdokumentation ausgewählter Prozesse fortgesetzt. Daneben waren die Mitarbeiterinnen in laufende Projekte der Ressortleitung eingebunden.

Methodisch wurde am Aufbau der Arbeitsumgebung für ein robustes qualitätsgesichertes Prozessmanagement weitergearbeitet. Der bereits in den Vorjahren begonnene Werkzeugkasten zur Unterstützung der Prozessmodellierung und -qualitätssicherung wurde kontinuierlich weiter ausgebaut und über das Prozessmanagement-Portal sowie regelmäßige Prozesswerkstätten auch den dezentralen Prozessmanagerinnen und -managern zur Verfügung gestellt bzw. kommuniziert.

Datenseitig lag der Schwerpunkt der Arbeiten auf der Migration der bislang durch die Universität Konstanz für die meisten Landesuniversitäten zentral gehosteten Prozesse an das KIT. Auslöser hierfür war die Auflösung des Servicevertrags aufgrund der Übernahme der Software durch SAP. Dazu wurde die Prozessdatenbank zu einer am KIT installierten Zwischenlösung portiert. Ende 2023 konnte in enger Abstimmung mit den Datenschutz- und IT Sicherheitsbeauftragten die von SAP nur noch als SaaS Lösung (Software as a Service) angebotene Lizenz beschafft werden. Mit dieser Lösung sollen nach erfolgter erneuter Migration ab den 2. Halbjahr 2024 das Prozessmanagementsystem und die Datenbank durchgängig und zukunftssicher allen Prozessmodellierenden am KIT angeboten werden können und damit die technische Basis für den weiteren Ausbau des zentralen und dezentralen Prozessmanagements am KIT bilden.

Aufgabe der DE **Planen und Bauen (PB)** ist die Durchführung von Baumaßnahmen an allen Standorten des KIT als Bauherrenvertretung in Abstimmung mit Finanzmittelgebern, Behörden und Prüfinstanzen. In der Universitätsaufgabe liegt die Bauherrenverantwortung bei Vermögen und Bau Baden-Württemberg, PB erbringt hier die Bedarfsanalyse und Nutzervertretung. Im Jahr 2024 ist der Übergang der Bauherrenverantwortung an das KIT vorgesehen.

Auf Basis der Ermächtigung des KIT im WissFG werden seit 2021 Baumaßnahmen >1 Mio. Euro - 6 Mio. Euro im Vereinfachten Bauverfahren mit Prüfung durch das interne Baucontrolling abgewickelt. Mit vier Pilotmaßnahmen wurden die Verfahrensschritte in Abstimmung mit dem BMBF geschärft. Im September 2023 wurden die Maßnahmen Neubau Werkfeuerwehr, Neubau des HighPowerGridLab (HPGL) sowie die Erneuerung der zentralen Kälteversorgung > 6 Mio Euro im Koordinierungsgespräch den Ministerien und der Oberfinanzdirektion (OFD)

vorgestellt. Bei diesen Projekten teilen sich das KIT-interne Baucontrolling und die OFD die Prüfaufgaben.

Alle Neubauprojekte und Gesamtsanierungsvorhaben werden nach den Bundes-Nachhaltigkeits-Bewertungen (BNB) mindestens mit „Silber“ zertifiziert.

Die Verabschiedung des Bebauungsplans für den Campus Ost hat sich erneut verzögert und wird nach aktuellem Stand für das zweite Quartal 2024 erwartet.

#### Aktuelle Baumaßnahmen:

##### Campus Nord:

- Neubau Karlsruher Center für Optics und Photonics (KCOP), Start der Baudurchführung im Januar 2023
- Ersatzneubau Institut für Katalysatorforschung und -technologie (IKFT), Bauunterlage und Bauantrag im Oktober 2023 genehmigt
- Neubau Forschungsinfrastruktur DIPAK und Neubau Werkfeuerwehr: Einzelkoordination im September 2023
- zahlreiche Maßnahmen zur Trinkwasserhygiene

##### Campus Alpin:

- Sanierung des Südwestflügels des IMK, Bauunterlage und Bauantrag genehmigt, vorbereitende Maßnahmen zur Freimachung des Gebäudes inkl. Anmietung einer Interimunterbringung

##### Campus Ost:

- Geb. 70.16, Planung für das Projekt HOVER

##### Campus Süd:

- Fertigstellung zweier Gebäude des InformatiKOM der Klaus-Tschira-Stiftung, feierliche Eröffnung unter Beteiligung des MWK am 9. November 2023
- Neubau Lern- und Anwendungszentrum Mechatronik (LAZ), Abschluss Rohbau
- Neubau der Botanik in der Kornblumenstraße, Ausführungsplanung
- Sanierung der Alten Botanik an der Kaiserstraße, Abschluss für Q2 2025 vorgesehen

Die Aufgabe der DE **Immobilienmanagement (IM)** ist die Steuerung der Entwicklung des Immobilienbestandes aller Standorte des KIT im Zusammenwirken mit der DE Planen und Bauen und der DE Facility Management sowie der Flächennutzung. Des Weiteren koordiniert die DE IM die Bauliche Entwicklungsplanung (BEP) und die Projektentwicklung.

Für die Bearbeitung der operativen Flächen- und Liegenschaftsaufgaben ist die Abteilung Flächen- und Liegenschaftsmanagement (FLM) innerhalb der DE IM zuständig. Diese Abteilung ist für die Bearbeitung der operativen Flächen- und Liegenschaftsaufgaben zuständig und nimmt damit eine Schlüsselrolle innerhalb der technischen Infrastruktur wahr. Zudem ist die Projektentwicklung/Bauliche Entwicklungsplanung Teil der DE IM.

Inhaltlich wurden in den einzelnen Aufgaben wichtige weitere (Teil-) Ergebnisse erreicht. Die Module im Rahmen des Projekts BEP wurden abgeschlossen. Die Ergebnisse werden bis 2024 in einem Projektabschlussbericht zusammengefasst. Die städtebauliche Strukturplanung, in der wichtige konzeptionelle städtebauliche Grundlagen für die Bauliche Entwicklungsplanung ausgearbeitet wurden (unter anderem zu Klimaschutz- und Klimaanpassungspotenzialen auf den Standorten des KIT), wurde ebenfalls 2023 weitestgehend abgeschlossen. Auch diese Ergebnisse werden bis 2024 in einem Projektabschlussbericht dargestellt.

Die Projektentwicklung „Physik“ im Bereich V für die campusübergreifende Entwicklung der Physik ist gestartet. Die dafür erforderliche Flächenbedarfsbemessung, die sich an die Bemessungsrichtlinien des Landes BW anlehnt aber in Eigenregie durch das KIT durchgeführt wird, wurde weiter konkretisiert.

Die Projektentwicklung war auch 2023 in zahlreiche kleinere und größere Projektentwicklungsaufgaben involviert. Die für den Funktionserhalt des Campusbetriebs am Campus Nord wichtige Projektentwicklung „Werkfeuerwehr“ wurde zum Umsetzungsbeschluss gebracht und ist zur weiteren Bearbeitung an die Bauplanung übergegangen.

Im Flächen- und Liegenschaftsmanagement stand weiterhin die interne Organisationsentwicklung im Fokus der Aktivitäten. Der in den zuvor liegenden Jahren aufgebaute Personalstamm der Abteilung hat sich verfestigt; die internen Arbeitsabläufe konnten weiter ausgestaltet werden. Die Projektbearbeitung für ein einheitliches CAFM-System für das gesamte KIT wurde im Jahr 2023 weiter vorangetrieben. Der Übergang ins Produktivsystem ist für 2024 vorgesehen. Es wurde das Projekt für ein effizientes Flächenmanagement in Zusammenarbeit mit den Bereichen I-V gestartet. Ziel ist unter anderem die Steigerung der effizienten Nutzung von Flächen vor dem Hintergrund Nachhaltigkeit und Sanierungsstau.

Vielfältige operative Aufgaben (Flächenvergaben im Rahmen des Berufungsprozesses, Aktualisierung Raumdatenbank, Abschlüsse Mietverträge u.v.m.) wurden erledigt.

Mit der Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH (KTE) werden in einem regelmäßigem Dialog Gespräche geführt, um die mittel- und langfristigen Flächenbedarfe der KTE auf dem Areal des Campus Nord abzustimmen und umzusetzen. Die schon 2022 vorbereitete Betriebsübergabe der Wäscherei an die KTE konnte 2023 umgesetzt werden.

Mit den zuständigen Landesministerien und den beteiligten Stellen wurden die Rahmenbedingungen zur Übernahme der Bauherreneigenschaft für die Landesliegenschaften Campus Ost, Campus West und Campus Süd in einem Eckpunktepapier vereinbart. Die tatsächliche und formelle Übertragung der Bauherrenaufgaben erfolgt erst durch einen Ministerratsbeschluss, der für das Frühjahr 2024 angekündigt wurde.

Zum ursprünglichen Zieltermin 1. Januar 2024 soll diese Verantwortung rückwirkend auf das KIT übergehen. Bei der DE Immobilienmanagement ist hierzu die Projektleitung angesiedelt.

Die DE **Einkauf, Verkauf und Materialwirtschaft (EVM)** ist zentral zuständig für die Beschaffung von Lieferungen und Leistungen des KIT. Dabei werden die Beschaffungen nach den Grundsätzen der Wirtschaftlichkeit, Sparsamkeit und Nachhaltigkeit im Wettbewerb unter Beachtung des öffentlichen Vergabe- und Haushaltsrechtes durchgeführt. Unter denselben Voraussetzungen sind auch die einzelnen Organisationseinheiten berechtigt, Beschaffungen < 5.000 Euro netto durchzuführen; hiervon ausgeschlossen sind unter anderem Bau-, Personaldienst- und Beratungsleistungen sowie Werk- oder Dienstleistungen von Mitarbeitenden des KIT. EVM ist darüber hinaus zentraler Ansprechpartner und Prozessverantwortlicher für die Erstellung und die Abgabe von Verkaufsangeboten sowie die Annahme von Aufträgen für Lieferungen und Leistungen sowie für Auftragsforschung des KIT bzw. für den Abschluss der zugehörigen Verträge. Inhaltlich sind die jeweils durchführenden Institute Sachverantwortliche. Im Einzelfall kann das Präsidium Organisationseinheiten auch berechtigen, Verkaufsvorgänge dezentral bis zu einem Auftragswert von 100.000 Euro netto eigenständig abzuwickeln, sofern nachweisbar eine ordnungsgemäße rechtliche und kaufmännische Bearbeitung sichergestellt wird. Im Rahmen der Materialwirtschaft übernimmt EVM zudem für die Großforschungsaufgabe (GFA) die Bewirtschaftung von Haupt- und Nebenlagern, den Wareneingang und Versand, die interne Transportlogistik und sorgt für die Beratung in sowie die Abwicklung von Zoll-

, Import- und Exportangelegenheiten. Das eingeführte Pilotprojekt der elektronischen Vergabeakte in einer Einkaufsgruppe wurde im Jahr 2023 auf alle Einkaufsgruppen ausgeweitet. Unterschriften erfolgen im Einkauf grundsätzlich nur noch mit digitalen (qualifizierten) Signaturen. Das Ziel einer vollständigen Digitalisierung der Prozesse bis hin zur durchgängig papierlosen Bearbeitung aller Geschäftsvorfälle im Einkauf soll Anfang des 3. Quartals 2024 mit Einführung der ERP-integrierten Self-Service-Lösung für Beschaffungen (easyBANF) erreicht werden. Im Verkauf wird dieses Ziel mittelfristig ebenfalls angestrebt. Die Materialwirtschaft ist mit der Sachgruppe Roh-, Hilfsstoffe und Verbrauchsmaterial zusammengewachsen in die Gruppe Materialwirtschaft und Logistik und wird in den kommenden Jahren das Zentrallager in der GFA weiter sinnvoll reduzieren und im Gegenzug Webshopangebote über Rahmenverträge erhöhen.

Die Dienstleistungseinheit **Finanzmanagement (FIMA)** koordiniert und verfolgt die allgemeine Finanzlage, das externe und interne Rechnungswesen, das betriebswirtschaftliche Controlling, die zugehörigen Budgetierungsverfahren sowie das Liquiditätsmanagement. Zum Aufgabenbereich gehört insbesondere auch die Aufstellung der jährlichen Wirtschaftspläne nach kameralistischen und, im Rahmen der programmorientierten Förderung, kostenrechnerischen Grundsätzen, die interne Umsetzung der finanziellen Rahmenbedingungen in Form von Budgets der Organisationseinheiten, die Verfolgung dieser Budgets sowie die Abrechnung des Haushalts gegenüber den Zuschuss- und Zuwendungsgebern. Gemäß der Verwaltungsvereinbarung zwischen der Bundesrepublik Deutschland und dem Land Baden-Württemberg ist das KIT verpflichtet, die Bücher in sinngemäßer Anwendung der Vorschriften des Handelsgesetzbuches zu führen und durch eine transparente Trennung der Finanzströme sowie eine Kosten- und Leistungsrechnung den Nachweis der funktionsgerechten Finanzierung der beiden Aufgaben sicher zu stellen.

Im Rahmen einer internen mittelfristigen Finanzschau werden die zukünftigen Belastungen und finanziellen Risiken detailliert erfasst und dem Präsidium Instrumente zur strategischen Steuerung zur Verfügung gestellt. Dadurch werden Entwicklungen, die wesentlichen Einfluss auf die Vermögens-, Finanz- und Ertragslage haben könnten, rechtzeitig erkannt und entsprechende Maßnahmen zur Gegensteuerung ergriffen. Die Planung wird regelmäßig fortgeschrieben und den Gremien des KIT vorgelegt. Die Umsetzung der eingeleiteten Schritte wird permanent verfolgt. Die Verteilung der Mittel im wissenschaftlichen Bereich erfolgt gemäß der geltenden Governance über die Bereiche, ein nachhaltiger Strategiefonds des Präsidenten wurde aufgebaut.

Die durch KIT 2.0 veränderten Randbedingungen werden systemtechnisch ab 2023 abgebildet und das Berichtswesen, die Kosten- und Leistungsrechnung sowie die Budgetsteuerung im KIT weiterentwickelt und möglichst weitgehend vereinheitlicht.

Für das Jahr 2023 wird erstmals im Frühjahr 2024 ein gemeinsamer Jahresabschluss für die Großforschungs- und die Universitätsaufgabe nach neuen, mit den Finanzmittelgebern vereinbarten Regelungen aufgestellt.

Die Vereinheitlichung, Vereinfachung und Digitalisierung der Prozesse bis hin zur durchgängig papierlosen Bearbeitung aller Geschäftsvorfälle im Finanzbereich ist das mittelfristige Ziel, das konsequent verfolgt wird.

Die DE **Projekt- Prozess- und Qualitätsmanagement (PPQ)** übernimmt in der Initiierungs- und Umsetzungsphase von wissenschaftsinduzierten Ausbauinvestitionsprojekten des KIT Aufgaben des Projektmanagements, der Realisierungsunterstützung und der Qualitätssicherung an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft, Administration wie auch den an den Projek-

ten beteiligten externen Partnern. Daneben nimmt sie interne Controlling-Aufgaben zu Ausbauinvestitionen im Auftrag des Präsidiums und der Bereichsleitungen wahr. Für das Präsidium des KIT werden im Rahmen der Einführung des vereinfachten Bauverfahrens Aufgaben des Baucontrollings übernommen.

Im Jahr 2023 wurden 24 laufende Investitions- und zusatzfinanzierte Projekte mit einem Investitionsanteil > 2,5 Mio. Euro begleitet. Die Umsetzung der laufenden Investitionsprojekte IceCube Upgrade, Forschungsplattform zur Speicherung von Strom in synthetischen Kohlenwasserstoffen (e-Xplore), Inside Clouds, Full scientific Exploitation of the LHC, Karlsruhe Center of Optics and Photonics (KCOP), der Karlsruhe NanoMicroFacility (KNMF) und Helmholtz Forschungs- und Versuchsplattform zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und zum Rückbau kerntechnischer Anlagen“ (HOVER) wie auch des Projektes „Hochtemperatur-Wärmespeicherung im tiefen Untergrund“ (DeepStor) wurde weiter vorangetrieben. Das Investitionsprojekt High Througput –NMR Screener (Hit-NMR) sowie die strategische Ausbauinvestition Living Lab Energy Campus wurden erfolgreich beendet. Das Projekt Rotationsteststand HTS-Geno wurde aufgrund von Lieferkettenbedingter Mehrkosten zugunsten anderer Maßnahmen eingestellt. Die strategische Ausbauinvestitionen Athena und HEMF stehen kurz vor dem Abschluss. Für das 2023 neu hinzugekommene strategische Ausbauinvestitionsprojekt Geothermal Laboratory in the Crystalline (GeoLab), wurde die Mittelentsperrung für die Erkundungs- und regulatorischen Arbeiten bis zur Festlegung des Standortes und der Sicherstellung der eigentums- und betriebsrechtlichen Verhältnisse vorbereitet. Für dieses Projekt wurde im Rahmen eines begleitenden Strategiefonds-Projekts an der Entwicklung eines innovativen Projektmanagement-Ansatzes mitgearbeitet, der ab 2024 auf das Investitionsvorhaben übertragen werden soll. Die Projektentwicklung der beantragten strategischen Ausbauinvestition High-PowerGridLab (HPGL) wurde weiter vorangetrieben.

Bei den von PPQ begleiteten, zusatzfinanzierten Vorhaben lagen Schwerpunkte auf den Projekten ACTRIS-D NF und ACTRIS-D CF (Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure), Dipak (EuroFusion), ApplHy (Wasserstoff), und Sektorkopplung im Kontext der Energieforschung.

Organisatorisch wurden im Rahmen der kontinuierlichen Verbesserung des Projektmanagements, der Qualitätssicherung und des Controllings der vorgenannten Großinvestitionsprojekte die Schnittstellen zwischen allen an der Planung und Realisierung von wissenschaftsinduzierten Maßnahmen beteiligten Organisationseinheiten weiter ausdifferenziert.

Im Bereich des Baucontrollings wurden im Jahr 2023 die zuvor erarbeiteten Konzepte anhand von Pilotanwendungen zum vereinfachten Bauverfahren auf ihre Praktikabilität hin evaluiert. Hervorzuheben ist die Unterstützung der konsequenten Anwendung der Vorgaben des Bauprojekt-Prozesses bzw. deren Weiterentwicklung im Rahmen neuer Baumaßnahmen. Im Berichtszeitraum lagen die Schwerpunkte dabei insbesondere auf der Etablierung der organisationsübergreifenden Regelkommunikation, der verfahrenskonformen Dokumentation wie auch dem Berichtswesen und der Entwicklung von Formaten für Stellungnahmen, sowohl KIT-intern als auch gegenüber den fördermittelgebenden Behörden. Die gewonnenen Ergebnisse aus der Evaluation der organisationsübergreifenden Abläufe sollen im Rahmen der laufenden Prozessaufnahmen und -modelle weiter vertieft werden. Die so erarbeiteten Verbesserungen fließen damit auch in die laufenden Abstimmungen zur Übertragung der Bauherreneigenschaft im Rahmen von KIT 2.0 ein, an deren Dokumentation im Rahmen einer Verwaltungsvorschrift mitgearbeitet wurde.

Die Stabsstelle **Compliance (COMP)** nimmt im Rahmen des Compliance-Systems am KIT ihre Aufgaben zur Umsetzung der Compliance-Ziele sowie der Durchführung von präventiven

Maßnahmen am KIT gemäß der "Ausgestaltung von Compliance und Korruptionsprävention" wahr.

In zahlreichen Beratungen konnte COMP im Jahr 2023 viele Fragen der Beschäftigten allgemein zu Compliance und zum richtigen Verhalten bei korruptionssensiblen Sachverhalten klären und einer praxisnahen regelkonformen Lösung zuführen. Insbesondere war die Vermeidung von Interessenkollisionen im Rahmen von Geschäftsbeziehungen häufiger Inhalt von Beratungen. Darüber hinaus wirkte die Compliance-Beauftragte in zahlreichen Compliance- und Compliance-Management-tangierten Projekten sowie bei Prozessüberarbeitungen zur Umsetzung neuer gesetzlicher Regelungen mit.

Im April 2023 tagte der jährliche interne Arbeitskreis Compliance zum kommunikativen Austausch der Compliance sowie zur Weiterentwicklung des Compliance-Management-Systems am KIT. Des Weiteren erfolgte ein externer Erfahrungsaustausch der Compliance-Beauftragten mit Compliance-Verantwortlichen anderer Hochschulen im Rahmen des im Jahr 2022 gegründeten Hochschul-Compliance-Netzwerkes (HCoN) deutschsprachiger Hochschulen zum Thema Compliance und Antikorruption, welches in diesem Jahr im März und im Oktober tagte. Der jährliche Compliance-Bericht enthielt Empfehlungen zu organisationsseitigem Handlungsbedarf. Gesamtbetrachtend ist auch für 2023 festzustellen, dass das Compliance-Management am KIT kontinuierlich für Rechtssicherheit sorgt.

Das KIT arbeitet stetig an der Umsetzung der Anforderungen der EU-Datenschutz-Grundverordnung (DS-GVO). Die **Datenschutzbeauftragte**, die in Personalunion die Leitung der Stabsstelle Datenschutz innehat, unterstützt das Präsidium bei der Umsetzung der Anforderungen der DS-GVO.

Insbesondere das Thema des Einsatzes von künstlicher Intelligenz (KI) am KIT wurde im Berichtszeitraum besonders präsent. Es häuften sich die Anfragen bezüglich der Zulässigkeit des Einsatzes von KI in der Forschung und Administration. Auch der Bedarf an Cloudlösungen hat 2023 enorm zugenommen. Anfragen zu datenschutzrechtlichen Prüfungen von Kollaborationstools, Transkriptionsdiensten und Umfragetools mehrten sich in diesem Berichtszeitraum ebenfalls besonders.

In diesem Zusammenhang wurden von der Stabstelle Datenschutz diverse Auftragsdatenverarbeitungsverträge mit externen Dienstleistern sowie Verträge gem. Art. 26 DS-GVO geprüft. Wie auch im vorhergehenden Jahr beriet die Datenschutzbeauftragte mit ihrem Team Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei Forschungsprojekten, bei denen personenbezogene Daten von Probandinnen und Probanden oder Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmern verarbeitet werden mussten sowie die Ethikkommission des KIT zu datenschutzrechtlichen Konformität von Forschungsprojekten, bei denen ein Ethikvotum benötigt wurde.

Außerdem werden durch die Datenschutzbeauftragte und ihr Team am KIT eingehenden Ansprüche hinsichtlich der Rechte der Betroffenen (insbesondere Recht auf Löschung sowie das Recht auf Auskunft und Kopie) koordiniert, beraten und in Einzelfällen selbst beantwortet. Des Weiteren koordiniert die Datenschutzbeauftragte die interne Meldestelle des KIT, die für die Bearbeitung von Datenpannen gem. Art. 33, 34 DS-GVO zuständig ist. Diese hatte im Berichtszeitraum ca. 30 Meldungen erhalten.

Auch wurden im Jahr 2023 für die Ansprechpersonen für Datenschutz Schulungen und Workshops angeboten, insbesondere um eine dezentrale Erfassung von Verzeichnissen von Verarbeitungstätigkeiten gem. Art. 30 DS-GVO voranzutreiben. Die Stabstelle Datenschutz hat diverse Handreichungen und Vorlagen für die Ansprechpersonen hierfür erstellt.

Die Datenschutzbeauftragte arbeitet eng mit dem Informationssicherheitsbeauftragten des KIT zusammen. Im Arbeitsstab Datenschutz, IT-Sicherheit und Recht (ASDuR) unter der Leitung

des Informationssicherheitsbeauftragten werden grundlegende Fragestellungen erörtert, die sowohl Datenschutz, IT-Sicherheit, Recht als auch die Informationsversorgung des KIT betreffen.

Es ist zu erwarten, dass der Schwerpunkt der Tätigkeit sowohl der Datenschutzbeauftragten als auch der Stabsstelle Datenschutz in den nächsten Jahren im Lichte der zunehmenden Digitalisierung stehen wird. Die Herausforderung wird es sein, dieser Entwicklung gerecht zu werden und gleichzeitig die Rechte der betroffenen Personen zu wahren.

Die **Stabsstelle Konfliktmanagement und Psychosoziale Beratung (KMB)** berät und begleitet Mitarbeitende bei interpersonellen Konflikten und persönlichen, psychischen wie auch sozialen Herausforderungen. Die Zahlen der ratsuchenden Personen sowie der Konfliktfälle blieben verglichen mit den Vorjahren auf gleichem Niveau. Auch die inhaltlichen Schwerpunkte der Beratungen sind mit denen der Vorjahre vergleichbar. Rund um die Flexibilisierung der Arbeit nach Corona und vor New Work war eine Zunahme der Interessenskonflikte zu verzeichnen. Beratungen in englischer Sprache sowie von Mitarbeitenden in akademischen Qualifizierungsstufen stiegen auch im Jahr 2023 weiter an.

Die Aufgaben der Stabsstelle **Innenrevision (REV)** bestehen darin, unabhängige und objektive Prüfungs- und Beratungsleistungen zu erbringen, die darauf ausgerichtet sind, Mehrwerte zu schaffen sowie die Qualität und Effizienz der Geschäftsprozesse zu verbessern.

REV prüft mit einem risikoorientierten Ansatz die Einhaltung der externen Vorgaben und der internen Anweisungen, die Funktion der Informations- und Kontrollsysteme sowie die formelle und materielle Ordnungsmäßigkeit der Geschäftsabläufe. Daraus resultierende Feststellungen werden unter Berücksichtigung des Haushaltsgrundsatzes der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit bewertet und in Form von Optimierungsempfehlungen dem Präsidium berichtet.

Die Prüfungstätigkeiten betreffen sowohl Ordnungsmäßigkeits- als auch Systemprüfungen und leiten sich aus einem jährlich vom Präsidium genehmigten Prüfungsplan ab. Im Jahr 2023 wurden im Rahmen der Prüfungstätigkeit neben der Erstellung des Prüfungsplans 2023, des Tätigkeitsberichts für das Jahr 2022, zweier Realisierungsberichte von Abschlussvermerk-Anweisungen und eines Revisionsvermerks insgesamt elf Revisionsberichte gefertigt.

Im Rahmen des Audits von EU-Projekten wurde auch ein Projekt im EU Forschungsrahmenprogramm Horizon 2020 geprüft und zertifiziert. In seiner Funktion als Kontaktstelle zu den Rechnungshöfen hat REV vielfältige Prüfungen des Landesrechnungshofes (LRH) koordiniert und begleitet.

Im Berichtsjahr konnte auch die organisatorische Neuordnung des Themas Nachhaltigkeit am KIT erfolgreich abgeschlossen werden. Das neue Präsidiumsressort „Digitalisierung und Nachhaltigkeit“ ging zu Beginn des Jahres an den Start und wird seit 1. März 2023 von der neuen Vizepräsidentin Prof. Dr. Kora Kristof geleitet. Damit wurde bereits nach der Ergänzung der Dachstrategie 2025 der organisatorische Rahmen für das neue Handlungsfeld Nachhaltigkeit geschaffen. In diesem Zusammenhang wurde auch die Stabsstelle **Sustainability Office (SO)** als Nachfolge der Stabsstelle ZUKUNFTSCAMPUS, die seit 2014 die nachhaltige Entwicklung des KIT zur Aufgabe hatte, innerhalb des neuen Ressorts verankert. Das SO ist die zentrale STEle für das Querschnittsthema Nachhaltigkeit am KIT und unterstützt die Vizepräsidentin Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Zu seinen Aufgaben gehört es, Maßnahmen zur Umsetzung der Nachhaltigkeitsstrategie des KIT zu entwickeln und Prozesse zur Erfassung von Daten für das Berichtswesen zur Nachhaltigkeit zu etablieren, Gremien des KIT zur Nachhaltigkeit organisatorisch und inhaltlich zu betreuen sowie zu Prozessen und Projekten zur Nachhaltigkeit am KIT zu beraten. Das SO unterstützt im KIT auch den Austausch zur Nachhaltigkeit zwischen Studierenden, Mitarbeitenden und der Verwaltung des KIT. Bedeutender

Schwerpunkt des SO im Jahr 2023 war die Mitwirkung bei der Etablierung des Basisprojekts Nachhaltigkeit, das bis Ende 2025 in einem breiten Beteiligungsprozess mit Mitarbeitenden und Studierenden zu den Kernaufgaben des KIT Nachhaltigkeitsansätze identifizieren, priorisieren sowie Umsetzungskonzepte und Maßnahmen ableiten soll. Des Weiteren wurden Pilotprojekte, wie z.B. öffentliche Wasserspender oder der Lern- und Kommunikationspavillon, weiterentwickelt. Darüber hinaus war die Stabsstelle wieder bei zahlreichen Veranstaltungen präsent, um verschiedene Themen und Aktivitäten zu Nachhaltigkeit am KIT darzustellen. So wurden erneut eigene Stände und Beiträge u.a. am Tag der offenen Tür des KIT, während der Energiewendetage Baden-Württemberg und innerhalb der Science Week am KIT im Rahmen des Sustainability Summits der Helmholtz-Gemeinschaft organisiert und betrieben. Das spürbar weiter zunehmende Interesse an einer nachhaltigen Entwicklung des KIT hatte somit einen festen Ansprechpartner.

Die digitale Transformation ist ein umfassender, gesellschaftlich relevanter Veränderungsprozess, der sowohl die Erfüllung der Kernaufgaben des KIT als auch das Arbeiten selbst kontinuierlich verändert. Im Mittelpunkt der digitalen Transformation stehen die zugehörigen Strukturen und Standards für die Informationsverarbeitung sowie die zentralen und dezentralen digitalen Dienste und deren Support am KIT. Weiterhin rücken auf Basis der strategischen Ausrichtung des 2023 etablierten neuen Ressorts „Digitalisierung und Nachhaltigkeit“ die nachhaltige Gestaltung der digitalen Transformation sowie die Nutzung digitaler Optionen für die Nachhaltigkeitstransformation in den Fokus. Gleichmaßen ist das KIT gefordert, seine Angehörigen zu befähigen, an den Entwicklungen der digitalen Transformation (bspw. Cloud und KI) kompetent teilhaben bzw. diese aktiv gestalten zu können. Die Stabsstelle **Digital Office inkl. Informationssicherheit (DO)** unterstützt das KIT bei der Umsetzung dieser umfassenden strategischen Anforderungen. Das DO ist der Vizepräsidentin Digitalisierung und Nachhaltigkeit bzw. CIO zugeordnet und ist die zentrale Einheit, die das gesamte KIT bei der digitalen Transformation, der Gewährleistung von Informationssicherheit und der nachhaltigen Digitalisierung begleitet. Hierzu verfügt das KIT über verschiedene Instrumente, die in der Verantwortung des DO liegen: eine dezidierte Governance zu Fragen der Digitalisierung sowie zugehöriger IT-Infrastruktur, partizipative Formate für die Berücksichtigung der Bedarfe der Nutzerinnen und Nutzer, Umsetzung der Dachstrategie KIT 2025 über Projektarbeit im Handlungsfeld „Digitalisierung“, Einrichtung spezifischer Task Forces, Arbeitskreise, Gremienarbeit, Mitwirkung in externen Projekten, Vernetzungsaktivitäten etc.

Im Berichtsjahr 2023 lag der Schwerpunkt auf dem Einstieg in die Umsetzung der geplanten Projektierung zum Handlungsfeld Digitalisierung aus 2022. Hierzu wurde unter Führung der Vizepräsidenten für Digitalisierung und Nachhaltigkeit ein stärkerer Fokus auf die unmittelbare Umsetzbarkeit der geplanten Projekte gelegt und die Planungen angepasst. Schließlich konnten 2023 die große Mehrheit aller im Leitprojekt „Leitprojekt P 9 – Digitalisierung“ geplanten Aktivitäten und Teilprojekte gestartet werden. Weitere Projekte im Handlungsfeld „Digitalisierung“, die zur Kategorie „Umsetzungsprojekt“ gehören, also im Wesentlichen in Linie innerhalb eines Ressorts zu bearbeiten sind, wurden ebenfalls gestartet. Inhaltlich als neuer Schwerpunkt in der Arbeit des Digital Office wurde eine intensivere Befassung mit der Thematik „Nutzung von Künstlicher Intelligenz am KIT“ gestartet.

Chancengleichheit ist im Sinne des Gender Mainstreaming in der Struktur des KIT verankert. Die **Chancengleichheitsbeauftragten** sind in die relevanten Gremien und Kommissionen eingebunden. Sie sind sowohl KIT-intern als auch extern sehr gut vernetzt und in vielen Arbeitskreisen und Netzwerken aktiv. Der Chancengleichheitsplan des KIT beinhaltet Maßnahmen



und Ziele zur Erhöhung der Frauenanteile auf verschiedenen Qualifizierungsstufen, die jährlich evaluiert werden. Maßnahmen zur Förderung der Chancengleichheit von Frauen und Männern werden in verschiedenen Organisationseinheiten, insbesondere der Abteilung Chancengleichheits- und Diversitätsmanagement (CDM) in der Personalentwicklung und Beruflichen Ausbildung (PEBA) und im Büro für Chancengleichheit, die fachlich den wissenschaftlichen Chancengleichheitsbeauftragten zugeordnet ist, sowie durchgeführt.

Am 7. März 2023 luden die Chancengleichheitsbeauftragten die Frauen am KIT zur achten Frauenvollversammlung ein. Das Thema „Gender Pay Gap und Equal Pay“ war thematisch auf den Equal Pay Day abgestimmt. Durch einen Input von Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka und durch Vorträge zweier externer Referentinnen (GEW und „Netzwerk Frauen- und Geschlechterforschung NRW“) konnte ein vielseitiger Blick auf das Thema geworfen werden. Die Chancengleichheitsbeauftragten sowie das Büro für Chancengleichheit zeigten sich mit den rund 240 Anmeldungen sehr zufrieden.

Die KIT-Senatskommission „Chancengleichheit und Diversität“ tagte 2023 vier Mal (temporärer Vorsitz nach dem Weggang des Präsidenten: Prof. Dr. Kora Kristof bis zur Nachbesetzung; Schwerpunkte: Professorinnenprogramm, Kinderbetreuungssituation u.a.). Zur Sichtbarmachung des Themenbereichs „Gegen sexualisierte Gewalt und Belästigung“ fanden erneut zahlreiche Aktionen statt, wie u.a. Infostände auf dem Campus, „Tag gegen Gewalt an Frauen“ mit Beratungsangebot, Kreideaktionen und Fahnenhängung, Teilnahme „Straße der Frauen“ in Karlsruhe etc.

KINT – Kinder in Naturwissenschaft und Technik am KIT: Als Querschnittsaufgabe im Büro für Chancengleichheit verankert wurde auch im Berichtsjahr 2023 die Schulkindbetreuung während aller Ferien in Baden-Württemberg mit hohem Zulauf weitergeführt. Die KIT-Kinder-Uni stieß mit Auftaktmesse und insgesamt zehn Vorlesungen erneut auf reges Interesse bei der Zielgruppe der 7- bis 14-Jährigen.

2023 konnte der „Girls’Day – Mädchen-Zukunftstag“ erstmals seit der Pandemie wieder in Präsenz und mit außergewöhnlich hoher Resonanz stattfinden: Mehr als 650 Teilnehmerinnen konnten aus 96 Workshops mit mehr als 900 Plätzen wählen. Das Büro für Chancengleichheit beteiligte sich auch im Jahr 2023 weiterhin an der Landesinitiative bzw. am Landesbündnis „Frauen in MINT“. Die Zertifizierung im Rahmen des „audit familiengerechte hochschule“ ist im Sommer 2023 ausgelaufen. Das Thema Vereinbarkeit soll intern und unter Einbeziehung der Chancengleichheitsbeauftragten sowie das Büro für Chancengleichheit weiter vorangetrieben werden. Seit 2014 ist das KIT zudem Mitglied im Verein „Familie in der Hochschule e.V.“.

„Studieren mit Familie“: Es konnten diverse Maßnahmen umgesetzt werden (z.B. Neugestaltung Familienportal; Treffen der Projektgruppe; Infostand in der Mensa, Kind&Campus-Treff am 12. Dezember 2023).

Der **Personalrat** vertritt die Interessen der Beschäftigten des KIT nach den Vorgaben des Landespersonalvertretungsgesetzes sowohl auf individueller als auch auf kollektiver Ebene.

Im Jahr 2023 wurde die Dienstvereinbarungen über den Einsatz des Systems Zerberus Compliance Tool zur Sanktionslistenprüfung im Personalverwaltungssystem (SAP) am KIT abgeschlossen. Ein Dienstvereinbarungs-Entwurf zum Thema „Fort- und Weiterbildung“ und gegen sexuelle Belästigung wurden ebenfalls erarbeitet; doch stehen die Verhandlungen mit dem Arbeitgeber noch aus. Darüber hinaus erfolgen seit Sommer die Bewerbungen von Auszubildenden und DHBW-Studierenden ebenfalls im Bewerber-Online-System.

Das Pilotprojekt „New Work“ wurde vom Personalrat eng begleitet; die Ergebnisse fließen in das Fortsetzungsprojekt „New Work“ ein, für das eine Dienstvereinbarung zur Neuregelung

der Mobilen Arbeit aktuell in Arbeit ist. Auch beim Betriebsübergang der Wäscherei vom KIT zur KTE war der Personalrat während des gesamten Prozesses beteiligt.

Die Änderungen in der Mitbestimmung beim wissenschaftlichen Personal am KIT ab dem 1. Januar 2023, die sich durch KIT 2.0 ergeben haben, wurden gemeinsam mit der Dienststelle umgesetzt.

Mit dem Thema „Machtmissbrauch“ hat sich der Personalrat im Jahr 2023 tiefergehend befasst, um insbesondere die Situation von Promovierenden zu verbessern.

Zu den Promotionsbedingungen im Allgemeinen veranstaltete der Personalrat bereits im Jahr 2022 eine Podiumsdiskussion. Im Jahr 2023 wurden Informationsveranstaltungen in Instituten durchgeführt. Die vom Personalrat angestrebten Verbesserungen der Arbeitsbedingungen Promovierender sollten in die Promotionsleitlinien des KIT einfließen.

Im Rahmen der Personalstrategie konzentrierte sich der Personalrat auf die Personalplanung und verlangte vom Präsidium eine bessere Einhaltung der Selbstverpflichtung „Gute Arbeit“. Neu für den Personalrat des KIT war im Jahr 2023 die Zusammenarbeit mit Betriebsräten anderer Forschungseinrichtungen, im Besonderen mit der Fraunhofer-Gesellschaft im Zusammenhang mit der Karlsruher Forschungsfabrik. Eine gemeinsame Arbeitsgruppe zur Abstimmung von Mitbestimmungsaufgaben wurde gegründet.

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit des Personalrats waren Beratungen einzelner Beschäftigter sowie die Teilnahme an Routine-Begehungen, Begehungen aus besonderem Anlass sowie Unfallanalysen im Rahmen der Mitbestimmung beim Arbeits- und Gesundheitsschutz für die Beschäftigten.

Des Weiteren ist der Personalrat im Senat vertreten, und einzelne Personalratsmitglieder arbeiteten aktiv in verschiedenen Kommissionen mit. Die Tarifrunden TVöD und TV-L (beide Tarifverträge gelten am KIT) spielten bei der Arbeit des Personalrats ebenso eine Rolle wie z. B. die Auseinandersetzung mit gesetzlichen Änderungen im Arbeits- und Tarifrecht. Eine gute Zusammenarbeit mit den Gewerkschaften ver.di und GEW wurde weiterhin gepflegt, um bestmögliche Ergebnisse für Beschäftigte zu erzielen.

Die **Schwerbehindertenvertretung** fördert die Eingliederung schwerbehinderter und gleichgestellter Menschen in das KIT, vertritt ihre Interessen und steht ihnen beratend und helfend zur Seite. Sie unterstützt alle Beschäftigten bei Anträgen auf Feststellung einer Behinderung, sowie bei Anträgen auf Gleichstellung an die Agentur für Arbeit. Sie begleitet alle Einstellungsverfahren, auf die sich schwerbehinderte Menschen bewerben. Ferner prüft sie bei Neu- und Umbaumaßnahmen, ob die Barrierefreiheit umfassend berücksichtigt wird.

## A.6.2 Entwicklung der wissenschaftlichen Infrastruktur

Neben seiner Beteiligung am Helmholtz-Programm EDF und dem Betrieb des Helmholtz-Großgeräts GridKa, das dem Programm MU zugeordnet ist, übernimmt das **Steinbuch Centre for Computing (SCC)** (ab 1. Januar 2024: **Scientific Computing Center (SCC)**) am KIT und insbesondere auch in der wissenschaftlichen Infrastruktur die Rolle einer zentralen IT-Einrichtung, die die Organisationseinheiten des KIT unter anderem mit umfangreichen IT-Dienstleistungen versorgt. Das SCC ist auch verantwortlich für die ERP-Systeme und die IT-Systeme für Studium und Lehre.

Im Berichtszeitraum wurden im Bereich des KIT-Netzes weitere Maßnahmen zur Härtung des Netzes vorangetrieben. So wurde einerseits der Remote-Zugriff über OpenVPN aktualisiert und die Kompatibilität zu den Betriebssystemen verbessert. Im Bereich der dezentralen Netzverwaltung wurde den Organisationseinheiten des KIT mit Hilfe eines Selfservices (NETVS) die Möglichkeit geschaffen, die Segmentierung der eigenen Netzanteile weiter voranzutreiben und so aktiv die IT-Sicherheit zu erhöhen. Im Jahr 2023 wurde mit einer neuen GitLab-Plattform ein Softwareentwicklungs-Repositorium für alle Nutzenden des KIT entlang der GitLab-Referenzarchitektur auf Basis der Ultimate Lizenz aufgebaut. Durch die Anbindung an die Helmholtz AAI können auch Partner aus Helmholtz sowie externe Nutzende in Software-Entwicklungsprojekte am KIT miteingebunden werden. Ziel ist es, diese Plattform, u.a. durch automatisierte Steuerungsprozesse, zu einem zentralen KIT-weiten GitLab-Dienst weiterzuentwickeln. Zur Erhöhung der Verfügbarkeit wurden seit 2023 am Forschungszentrum Jülich (FZJ) Teile der KIT AAI /Single-Sign-On Komponenten als sogenannte Cold Standby bereitgehalten. Die notwendigen Datenbankdaten liegen gesichert, täglich aktualisiert in einem verschlüsselten Container vor. Durch dieses Konzept kann im Fall eines längeren Ausfalls des KIT die Sicherstellung der Dienstnutzung von dritten Standorten und speziell Cloudstandorten (z.B. Microsoft 365, BW-Landesdienste oder Helmholtz-Dienste) gewährleistet werden.

Im August 2023 wurde durch ein DFG-Gutachtergremium ein Antrag zum Tier-3-HPC-System bwUniCluster3 befürwortet, den das SCC federführend gestellt hat. Mit dem Antrag konnten Fördermittel von ca. 2,4 Mio. Euro eingeworben werden. Das System wird durch das SCC in zwei Stufen in 2024 und 2027 installiert und wird die HPC-Grundversorgung am KIT insgesamt und für die Universitäten in Baden-Württemberg gewährleisten.

Im Jahr 2023 endete das KIT-weite Projekt „New Work“. Das SCC beteiligte sich als einer von fünf Pilotprojekten, unter anderem mit einem Schwerpunkt auf der Erprobung unterschiedlicher Flächennutzungs- und Raumbeliegsverfahren. Dazu wurde das Buchungssystem Anny beschafft und konnte erfolgreich am SCC und weiteren Pilotprojekten in Betrieb genommen werden. Die Integration mit dem Schließsystem SiPort und den im Berichtszeitraum eingebauten elektronischen Schlössern erlaubte eine flexible und bedarfsgerechte Buchung von Räumen verbunden mit einem einfachen und zugleich sicheren Zutrittsverfahren mit Hilfe der Chipkarte für Mitarbeitende.

Das bereits 2022 eingeführte User Portal (UP), in dem den Mitarbeitenden des KIT SAP-Anwendungen zur Verfügung gestellt werden, wurde bis Ende 2023 schrittweise ausgebaut und hat zum Jahresende das abgekündigte SAP-Webportal abgelöst. UP basiert auf aktuellen Technologien und Konzepten der SAP, wird nun zweisprachig auf Deutsch und Englisch angeboten und kann mit gängigen Webbrowsern auch auf Mobilgeräten genutzt werden. Bereits jetzt stehen in UP über 15 Apps zur Verfügung. Die Ablösung des SAP-Webportals durch das neue Portal ist ein wichtiger Zwischenschritt bei der Aktualisierung der SAP-Systemlandschaft des KIT.

Die **KIT-Bibliothek (BIB)** ist der zentrale Betreiber sämtlicher Dienste auf dem Gebiet der (wissenschaftlichen) Informationsversorgung für das KIT. Unter dem Dach der KIT-Bibliothek werden auch die Bibliotheken der Hochschule Karlsruhe (HKA) und der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Karlsruhe (DHBW) betreut. Zu den Dienstleistungen der Bibliothek gehören u. a. auch der zentrumseigene Verlag „Karlsruhe Scientific Publishing (KSP)“, das Publikationsrepository KITopen und das Repository für Forschungsdaten RADAR4KIT sowie das KIT-Archiv, die KIT-Poststellen und das Büro für Gute wissenschaftliche Praxis und Ethische Grundsätze. Die Bibliothek berät Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler umfassend zu allen Fragen rund ums Publizieren und verwaltet den Publikationsfonds zur Förderung von Open Access Publikationen.

Anfang des Jahres 2023 wurde die Dienstleistungseinheit Bibliothek um das KIT-Archiv, die Zentralregistratur und die Poststellen erweitert. Im März wurde das neu geschaffene „Büro für Gute wissenschaftliche Praxis und Ethische Grundsätze“ eröffnet, das insbesondere die Ethikkommission und die Ombudsleute für gute wissenschaftliche Praxis unterstützt.

Die Bibliothek war im Laufe des Berichtsjahres an 19 Drittmittelprojekten entweder beteiligt oder hatte dort die alleinige Projektführung. Von wachsender Bedeutung sind dabei Projekte zum Thema Forschungsdatenmanagement und zu „Open Science“ im Sinne eines offenen Zugangs zu wissenschaftlichen Informationen.

Das Schulungsangebot der Bibliothek wurde weiter ausgebaut. Aus den Erfahrungen der Pandemie werden zunehmend Schulungen sowohl digital als auch analog durchgeführt. Hier wurde insbesondere das seit Jahren gut etablierte Format der „Coffee Lectures“ ausgeweitet. Eine bibliotheksinterne AG Nachhaltigkeit wurde gegründet; erste Projektvorschläge der AG konnten bereits umgesetzt werden.

Die am KIT entwickelte Bibliothekssystem i3v entsprach nicht mehr vollumfänglich aktuellem Standard. Es musste aus verschiedenen Gründen abgelöst werden. Der pünktliche Umstieg auf die Software „Koha“ im Dezember ist von großer praktischer Bedeutung für den weiteren Betrieb der Bibliothek.

Das **Karlsruhe House of Young Scientists (KHYS)** ist die zentrale Einrichtung für Nachwuchsförderung am KIT und Anlaufstelle für alle Promotionsinteressierten, Promovierenden, Postdocs und Betreuende. Es begleitet das Young Investigator Network (YIN) und ist verbindendes Element für die Promotionsprogramme des KIT. Zu den Kernaufgaben des KHYS zählen individuelle Beratung, Qualifizierung und Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, Unterstützung und Begleitung koordinierter Forschungsprogramme und deren Initiativen bei der Erstellung von Antragsskizzen und Vollerträgen sowie Begutachtungen, die Weiterentwicklung der Nachwuchsförderung am KIT sowie die Qualitätssicherung der Promotionsbedingungen. Das Jahr 2023 war u. a. dadurch geprägt, dass die Programme für internationale Forschungsreisen des KHYS von den Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern sehr ausgiebig genutzt wurden. Außerdem konnten verschiedene Projekte erfolgreich vorangetrieben bzw. abgeschlossen werden. So wurden die beiden Befragungen der Promovierenden und Betreuenden basierend auf den Leitlinien für das Promotionswesen am KIT in einem partizipativen Prozess überarbeitet, teilweise neu konzipiert und anschließend durchgeführt. Docata, das Webportal für Promovierende des KIT, wurde 2023 um wesentliche Funktionen und neue Dienste erweitert: Betreuende haben nun Zugriff und können Docata nutzen und alle Promovierende – inklusive derjenigen, die am KIT fachlich betreut werden, aber an einer anderen Hochschule ihre Prüfung ablegen – sind nun zentral erfasst und werden bei formalen Schritten unterstützt. Das Vorhaben „Young Scientist Support – KHYS“ des Exzellenzstrategieantrags beinhaltet die Weiterentwicklung des KHYS u.a. hinsichtlich der Zusammenarbeit

mit den Promotionsprogrammen des KIT. Die Zusammenarbeit mit den neuen KIT Graduate Schools an den KIT-Zentren wurde weiter ausgebaut und die Zwischenberichterstattung zweier KIT Graduate Schools fand vor dem KHYS-Lenkungskreis statt. Das KHYS Postdoc Office, das eingeworbene Helmholtz Career Development Center, ist sichtbare Anlaufstelle für Postdocs und hat im Rahmen der „KHYS Postdoc Days“ erstmalig an der „Postdoc Appreciation Week Germany“ teilgenommen.

Das **House of Competence (HoC)** ist die zentrale wissenschaftliche Einrichtung am KIT zur fachübergreifenden Kompetenzentwicklung von Studierenden. Im HoC sind zwei organisatorische Einheiten zusammengeschlossen, die für das KIT die Themen Schlüsselqualifikationen und Lehrerbildung entwickeln. Das HoC leistet Forschungsarbeit und erbringt darauf basierend Lehr- und Beratungsangebote sowie zusätzliche Services.

Zentrum für Schlüsselqualifikationen: Die Angebote des HoC werden von den Studierenden stark nachgefragt. Das HoC konnte die Zahl der ausgestellten Leistungsnachweise (mehr als 3.200) um noch einmal gut 20 % steigern. Für seine Lehrforschung wirbt das HoC kontinuierlich zusätzliche Mittel im Umfang von einem Drittel des Gesamtbudgets ein.

Jüngstes Beispiel für die Lehrforschung: Das HoC hat gemeinsam mit der KIT-Bibliothek die Förderzusage vom MWK für ein praxeologisches Forschungsprojekt zum Schreiben und Prüfen vor dem Hintergrund von textgenerierender KI erhalten: „KI@helpBW – Innovative Schreibaufgaben und kompetenzorientiertes Prüfen“. Projektpartner sind DHBW, HS Mannheim, HdM Stuttgart, PH Freiburg, PH Heidelberg, PH Karlsruhe.

Neben zahlreichen Aktivitäten in Lehre, Forschung und Transfer sind folgende im Jahr 2023 hervorzuheben:

Seit Mai 2023 ergänzt die Webseite [studium.hoc.kit.edu](https://studium.hoc.kit.edu) die bereits bestehende [hoc.kit.edu](https://hoc.kit.edu)-Website und vereint Informationen und Lernmöglichkeiten zum Erwerb von Schlüsselqualifikationen mit einem attraktiven Design und datenschutzkonformen Aktionsräumen für die Studierenden des KIT. Im vergangenen Jahr konnten 50.000 individuelle Nutzende erreicht werden.

Das neue Booklet „einfach anders machen“ mit Texten und Übungen aus dem Angebot des HoC ist erschienen. Darin finden sich zahlreiche Reflexionsangebote, die aus der Fixierung auf Probleme und Konflikte herausführen, um trotz vielfacher Krisenerfahrungen nicht zu resignieren, sondern zu wachsen oder sogar über sich selbst hinauszuwachsen. Kostenloser Download unter: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000153070>.

Im Rahmen der 6. Woche der Stille in Karlsruhe lud das Leadership Talent Lab am HoC am 8. November 2023 den Benediktinerpater Anselm Grün zum Thema Selbstführung in das KIT ein. In langjähriger Kooperation mit der Benediktinerabtei Münsterschwarzach, in der Pater Anselm lebt, bietet das HoC in der Abtei Kurse an, um außerhalb des universitären Kontextes Lehrangebote anzubieten und Impulse für eine menschengerechte Führung zu setzen. Der Vortrag ist abrufbar unter: <https://www.youtube.com/watch?v=zH3HiPvulmo>.

Zentrum für Lehrerbildung (ZLB): Das ZLB am KIT ist die zentrale Anlaufstelle für alle KIT-Studierenden des höheren Lehramts an Gymnasien. Die primären Aufgaben und Tätigkeiten sind zum einen die kontinuierliche Optimierung und Weiterentwicklung der Lehramtsstudiengänge am KIT und die Verbesserung der Studienbedingungen, sowie darüber hinaus die Koordination der Schulpraxisphasen und die Beratung und Begleitung von Lehramtsstudierenden. Im Zuge dessen bietet das ZLB verschiedene Beratungsangebote sowie Informationsveranstaltungen an und verantwortet die curriculare Ausrichtung der hochschulseitigen Vor- und Nachbereitung des Orientierungspraktikums (OSP). Das ZLB fungiert als zentrale Schnittstelle zu den internen und externen Institutionen im Bereich der Lehramtsausbildung.

Ende 2023 liefen die beiden Digitalisierungsprojekte „digitalisiertes Lernen in der MINT-Lehrer:innenbildung (digiMINT)“, gefördert in der Förderlinie Qualitätsoffensive Lehrerbildung des BMBF sowie „digiLAB – digitalisiertes Lernen in der Lehramtsausbildung“, gefördert vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, aus. Von digiMINT und digiLAB profitierten ca. 170 Lehramtsstudierende in den letzten vier Jahren und entwickelten, erprobten und evaluierten rund 70 digitale Lernkontexte. Darüber hinaus entwickelte das ZLB in Zusammenarbeit mit dem ZML ein Medien- und Digitalkonzept für die Lehramtsausbildung.

Am ZLB wurde im Jahr 2023 eine auf zwei Jahre angelegte Projektstelle für den Bereich Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) im Lehramtsstudium geschaffen. Wie bereits in den Semestern zuvor wurde auch 2023 in Kooperation mit der KLIMA ARENA Sinsheim die freiwillig belegbare „Zusatzqualifikation: BNE für Lehramtsstudierende“ angeboten.

Im Jahr 2023 konzentrierte sich das **Zentrum für Mediales Lernen (ZML)** als Dienstleister, Projektpartner und koordinierende Einrichtung im Bereich Digitalisierung/E-Learning auf die Weiterentwicklung der Dienstleistungen im Bereich der Digitalen Lehre sowie des medienunterstützten Wissenstransfers. Die Aktivitäten waren schwerpunktmäßig auf die Themen Künstliche Intelligenz (KI), Hybride Lehre, E-Prüfungen, Blended Learning und Inverted Classroom sowie die automatisierte Vorlesungsaufzeichnung ausgerichtet.

Das Strategiefondsprojekt Onlineprüfungen kam 2023 erfolgreich zum Anschluss. In diesem Projekt wurde mit verschiedenen Partnern am KIT ein integrierter, prüfungs- und datenschutzrechtlich abgesicherter Onlineprüfungsprozess entwickelt. Dazu gehörte z. B. der Aufbau und die Einführung einer von der regulären Lernplattform ILIAS getrennten Prüfungsinstanz und ein zentraler, in die reguläre Lehrraumvergabe integrierter Prüfungsplanungsprozess. Ebenfalls wurde das Projekt digiMINT (digitalisiertes Lernen in der MINT-Lehrkräftebildung) abgeschlossen. Hier wurde das Digital Learning Lab (DLL) entwickelt, das sich aus einer realen und einer virtuellen Lernumgebung zusammensetzt, in denen Studierende des Lehramts die Anwendungsbereiche verschiedener Technologien kennenlernen und eigenständig erproben können und wesentliche Kompetenzen ihrer Digital Literacy erweitern können.

Mit dem Fokus auf künstliche Intelligenz hat die am ZML verortete Geschäftsstelle des Hochschulnetzwerks Digitalisierung der Lehre Baden-Württemberg (HND-BW) eine Weiterbildungsreihe erfolgreich durchgeführt. Im vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg initiierten Dialogprozess „Zukunftslabor: Hochschulen in der digitalen Welt“ wurde die Moderation eines landesweiten Beteiligungsprozesses mit hochschulübergreifenden Arbeitsgruppen übernommen, aus dem mehrere Umsetzungskonzepte zur Weiterentwicklung des digitalen Lehrens, Lernens und Prüfens resultierten.

Das **Studienkolleg** hat im Auftrag des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst (MWK) die Aufgabe, internationale Studienbewerberinnen und -bewerber auf die Feststellungsprüfung (FSP) oder auf den erforderlichen Sprachnachweis (TestDaF-Test Deutsch als Fremdsprache) vorzubereiten, sowie die fachsprachliche Studierfähigkeit der Studierenden zu verbessern. Der Bildungsnachweis dieser Studierendengruppe wird nur in Verbindung mit einer erfolgreich abgelegten Prüfung als Qualifikation für ein Studium anerkannt.

Zur Vorbereitung auf die FSP fanden im Berichtsjahr 2023 14 Vollzeitkurse mit Ausrichtung auf Studienfächer im natur- und ingenieurwissenschaftlichen Bereich statt. Davon wurde pro Semester ein zusätzlicher Schwerpunktkurs (T-Kurs) mit Mitteln des MWK eingerichtet. Zur Vorbereitung auf den TestDaF fanden fünf Kurse statt mit insgesamt 350 Studierenden. Hinzu kamen je dreiwöchige Deutschsprachkurse vor Beginn des Semesters. Im März/April 2023 fanden fünf dieser Intensiv-Kurse mit 57 und im September/Oktober 2023 acht Kurse mit 66 Teilnehmenden statt. Zudem wurden 49 studienbegleitenden, allgemeinsprachlichen

Deutschkursen (Sprachniveaus nach dem Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmen GER A1-C1) durchgeführt mit einer Rekordteilnehmerzahl von 1040. Das Angebot wurde mit gesonderten Deutschkursen auf Anfrage für KIT-interne Einrichtungen sowie durch Kompakt-kurse zur TestDaF-Prüfungsvorbereitung erweitert. Es gab 125 Teilnehmende an der digitalen Sprachprüfung TestDaF. Des Weiteren unterstützte das Studienkolleg 2023 30 Geflüchtete im Rahmen des DAAD-Programms INTEGRA in Propädeutika und in Deutschkursen.

Auch im Berichtsjahr 2023 konnte das **Sprachenzentrum** wieder ca. 370 Sprachkurse in 14 Sprachen anbieten, an denen knapp 5.800 Studierende und etwa 200 Mitarbeitende des KIT teilnahmen. Die große Mehrheit der Teilnehmenden erwarb Leistungspunkte für die Anrechnung als Schlüsselqualifikation.

Erstmals konnte ein Kurs in Deutscher Gebärdensprache angeboten werden.

Bis auf wenige Ausnahmen wurden sämtliche Kurse in Präsenz durchgeführt und damit dem mehrheitlichen Wunsch der Studierenden und den einschlägigen Erfahrungen von Sprachdozentinnen und Sprachdozenten entsprochen.

Das Sprachenzentrum ist als Mitglied des AKS-Arbeitskreis der Sprachenzentren an Hochschulen und von CercleS-European Confederation of Language Centres in Higher Education an den internationalen Fachtagungen vertreten und auch aktives Mitglied von EUCOR. Im Berichtsjahr fand wieder ein regelmäßiger fruchtbarer Austausch im von unserem Sprachenzentrum initiierten Netzwerk der baden-württembergischen Hochschulsprachlehrinstitutionen statt.

Das **MINT-Kolleg Baden-Württemberg** unterstützt als zentrale Einrichtung am KIT Studieninteressierte und Studierende mit zahlreichen studienvorbereitenden und studienbegleitenden Lehrmaßnahmen in den MINT-Grundlagenfächern. Zentrale Aufgabe des MINT-Kollegs ist es, den Studienerfolg in der Studieneingangsphase der grundständigen MINT-Studiengänge zu verbessern.

Im Akademischen Jahr 2022/23 hat das MINT-Kolleg rund 4.000 Kursteilnahmen verzeichnet. Somit blieb die Nachfrage auf einem hohen Niveau. Zudem konnten im Rahmen des Offenen Lernraums im Wintersemester 2022/23 rund 3900 Studierende punktuell im Fach Höhere Mathematik betreut werden. Diese Maßnahme wurde im Rahmen des Landessonderprogramms „Abmilderung pandemiebedingter Lernrückstände“ durch das MWK gefördert.

Das **Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale (ZAK)** ist die zentrale wissenschaftliche Einrichtung am KIT, die durch fachübergreifende Lehre (Studium Generale und Zusatzqualifikationen) kompetentes und reflektiertes Handeln an den Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft fördert; sozial-, kultur- und erkenntnistheoretische Forschung zum Verhältnis zwischen Wissenschaft und Gesellschaft durchführt sowie öffentliche Veranstaltungen zu Fragen des Verhältnisses zwischen Wissenschaft und Gesellschaft anbietet, die dem Austausch zwischen Studierenden, Forschenden und Öffentlichkeit dienen. Damit werden das Verständnis gesellschaftlicher Auseinandersetzungen mit Wissenschaft, Technologie und Nachhaltigkeit erweitert und Beiträge zu Forschung, Lehre und Transfer des KIT geleistet.

Die Forschungsaktivitäten am ZAK wurden weiter ausgebaut. Sie identifizieren Problemstellungen, die sich in öffentlichen Auseinandersetzungen mit Wissenschaft und Technologie ergeben, und prüfen Möglichkeiten, polarisierte und politisierte öffentliche Auseinandersetzungen zu versachlichen. Die fachübergreifende Lehre des ZAK bietet für alle Studierenden des KIT pro Semester rund 80 Lehrveranstaltungen an, in denen 1.400 Leistungsnachweise erworben wurden. Diese können als Schlüsselqualifikation in den Fachstudiengängen anerkannt oder für eine Zusatzqualifikation am ZAK verwendet werden. Die Lehre am ZAK wurde 2023

weiter programmatisch neu ausgerichtet und das Begleitstudium Wissenschaft, Technologie und Gesellschaft neu konzipiert. Mit regelmäßigen Vorträgen und Veranstaltungen fördert das ZAK den Austausch zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit. Dabei werden Akteurinnen und Akteure aus Wissenschaft, Politik, Wirtschaft, Medien, Kultur und Gesellschaft einbezogen und ihre unterschiedlichen Perspektiven zur Geltung gebracht und mit der Stadtgesellschaft diskutiert.

Hervorzuhebende Veranstaltungen 2023 waren mit insgesamt 2.800 Teilnehmenden: „ZAK Talks“ im Rahmen der „KIT Science Week 2023“ u.a. mit öffentlichem Symposium „Gesellschaft im Krisenmodus? Die Rolle von Wissenschaft, Politik und Journalismus in Nachhaltigkeitsdebatten“; Podiumsdiskussion „Notstand Klimakrise? Implikationen für Demokratie und Rechtsstaat“; das „Colloquium Fundamentale“ zum Thema „Globale Klimapolitik in einer brüchigen Weltordnung“ und zu „Was ist Wahrheit? Annäherung an ein umstrittenes Konzept“ sowie „Polarisiert und desinformiert? Politische Information im digitalen Zeitalter“; KIT im Rathaus mit dem KIT-Zentrum Information · Systeme · Technologien (KCIST) sowie mit dem KIT-Zentrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik (KCETA); die Projektwoche „Frühlingsakademie Nachhaltigkeit – Was ist nachhaltige Landwirtschaft?“; die öffentliche Antrittsvorlesung der zweiten Gastprofessur am ZAK, Dr. Helen Fischer, zu „Wissen, was man nicht weiß oder: Was Klimawandel mit Psychologie zu tun hat“.

Das **Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt (FTU)** bietet Kurse, Seminare und Praktika für Teilnehmende unterschiedlicher Vorbildung aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung, aber auch für die breite Öffentlichkeit an. Daneben gibt es ein Angebot an internen Fortbildungen, das auf die Bedürfnisse der Mitarbeitenden des KIT abgestimmt ist. Insgesamt wurden über 800 Fortbildungen angeboten.

Im Berichtsjahr 2023 haben 1.790 interne Teilnehmende (2.852 Teilnehmertage) eine Fortbildung besucht. Stark nachgefragt wurden intern die Ausbildung von Brandschutzhelfern sowie Fortbildungen für Führungskräfte und Beauftragten. 6.361 externe Teilnehmende haben eine Fortbildung besucht (11.881 Teilnehmertage) und so das KIT kennengelernt. Hier gab es eine hohe Nachfrage nach Fortbildungen im Strahlenschutz und für Beauftragte jeglicher Art. Bei den Kursformaten etablieren sich auch hybride und Online-Formate, die vermehrt Teilnehmende aus ganz Deutschland erreichen. 2023 wurden auch erstmals Fortbildungen mit einem asynchronen Anteil durchgeführt, hier erarbeiten sich die Teilnehmenden selbstständig vorab die Grundlagen, bevor sie die Fortbildung besuchen. Das FTU baut dazu eine eigenen ILIAS-Plattform auf.

Die für 2023 vorgesehene Mittelfreigabe zum Projekt Neuordnung der innerbetrieblichen Fort- und Weiterbildung am KIT ist nicht erfolgt. Die Arbeiten zur Neuordnung der innerbetrieblichen Fortbildung und zum Aufbau der geplanten zentralen Weiterbildungsplattform durch die SAP Arbeitsgruppe bei SCC-IOR verschieben sich erneut um ein Jahr.

Das KIT unterstützt durch seinen **Projekträger Karlsruhe (PTKA)** öffentliche Fördermittelgeber bei der Umsetzung von Forschungs- und anderen Fördermaßnahmen. Unsere Auftraggeber kommen im Wesentlichen aus dem Bund und dem Land Baden-Württemberg. Der Projekträger Karlsruhe (PTKA) ist als Dienstleistungseinheit der Großforschungsaufgabe des KIT zugeordnet. Sein jährliches Budget setzt sich jedoch ausschließlich aus im Rahmen öffentlicher Vergabeverfahren gewonnener Mittel – als reine Zusatzfinanzierung – zusammen. Der bisherige Trend zur jährlichen Steigerung der Erlöse hat sich mit Abschwächung fortgesetzt. Neben bestehenden großen Verträgen mit Auftraggebern aus dem Bundesforschungs- und Bundesumweltministerium sowie dem Land Baden-Württemberg waren hierfür auch kleinere Aktivitäten ursächlich, die im Land Berlin oder in Baden-Württemberg erbracht werden. Für



das BMBF wurde das Vergabeverfahren zur Projektträgerschaft „Zukunft der Wertschöpfung“ mit einer Laufzeit von vier plus zwei (optionale Verlängerung) Jahren gewonnen. Das Angebot auf die Projektträgerschaft zur „Projektgeförderten Endlagerforschung“ des BMUV wurde fristgerecht abgegeben und ist derzeit in Verhandlungen mit Aussicht auf eine erfolgreiche Zuschlagsentscheidung zu Beginn des Jahres 2024. PTKA betreute 2023 ein thematisches Portfolio, das von Aufgaben zur Produktions- und Dienstleistungsforschung, zur Zukunft der Arbeit und Wertschöpfung, zu (digitalen) Umwelt- und Energietechnologien und Wassertechnologie, zur nuklearen Entsorgungsforschung über weitere Förderinstrumente, die auf dem Gebiet von Investitionsanreizen, Existenzgründungen und neuerdings Reallaboren liegen, reichte. PTKA hat im Jahr 2023 eine Umweltprüfung seiner Aktivitäten durchgeführt, um in den kommenden Jahren ein Umweltmanagementsystem aufzubauen. Dieses soll, sobald es vollständig etabliert und gelebt wird, nach ISO 14001 zertifiziert werden. Damit würde das bereits gem. ISO 9001:2015 und ISO 27001:2013 zertifizierte integrierte Managementsystem neben dem Qualitäts- und dem Informationssicherheitsmanagementsystem einen weiteren für die Wettbewerbsfähigkeit des PTKA relevanten Aspekt abdecken. PTKA hat gemeinsam mit dem BMBF ein Pilotprojekt zur Einführung der elektronischen Akte (E-Akte Bund) in der Projektförderung gestartet, dessen Produktivsetzung Ende 2024 in einer ersten Projektträgerschaft angestrebt ist.

Das **Technik-Haus (TEC)** unterstützt mit seiner Expertise im wissenschaftlichen Gerätebau die Institute und Forschenden des KIT. TEC liefert hier individuelle maßgeschneiderte Lösungen für anspruchsvolle Experimente und Versuche.

2023 wurden bedeutende Fortschritte in der Lagerung von Betriebsmitteln und Werkzeugen erzielt, indem auf Lagerungstechnik in Verbindung mit Markierungstechnik gesetzt wurde. Durch die Verwendung eines Laserbeschrifters können Werkzeugteile eindeutig gekennzeichnet werden, was die Effizienz und Genauigkeit bei der Identifizierung und Verwendung deutlich verbessert hat. Die Implementierung von CNC-Programmierung in Verbindung mit digitalem Zwilling hat die Fertigungsprozesse optimiert. Dies ermöglicht präzisere und effizientere Produktionsläufe sowie eine bessere Vorhersage von Maschinenleistung und -verhalten. In den Bereichen Blechumformtechnik und der Thermometrie hat TEC veraltete Maschinenteknologie erfolgreich durch modernere ersetzt. Dies steigert nicht nur die Produktivität, sondern verbessert auch die Qualität und Präzision der Produkte erheblich. Angesichts der Herausforderungen bei der altersbedingten Nachbesetzung wurde verstärkt in die Gewinnung von Mitarbeitenden im Bereich Schweißtechnik investiert. Dies umfasst gezielte Rekrutierungsmaßnahmen sowie Weiterbildungs- und Entwicklungsprogramme, um qualifizierte Fachkräfte zu gewinnen und zu halten. Die Einführung digitaler Endgeräte hat es den Mitarbeitenden ermöglicht, ortsunabhängig auf Informationen zuzugreifen und Arbeitsabläufe effizient zu dokumentieren. Verbesserungen im Datenmanagement, einschließlich elektronischer Dokumentenablage, Auftragsdokumentation, Auffindbarkeit, Rückverfolgbarkeit und Zugriff, haben zu einer effektiveren und transparenteren Arbeitsweise geführt.

Ausblick: TEC steht vor der Herausforderung einer erschwerten Personalgewinnung und einem möglichen Personalrückgang aufgrund eines gleichbleibenden Personalbudgets. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, soll der Fokus auf verbesserte Prozessabläufe gelegt werden, indem digitale Werkzeuge für Konstruktion und Fertigung weiterentwickelt werden und so die Transparenz bei der Auftragsbearbeitung erhöht wird. Darüber hinaus wird TEC weitere gezielte Investitionen in den Maschinenpark tätigen, um die Effizienz und Produktivität zu stei-

gern und den möglichen Personalrückgang zu kompensieren. Das Technik-Haus bleibt entschlossen, seine Position als Partner der Wissenschaft zu festigen und sich den Herausforderungen des sich wandelnden Arbeitsmarktes anzupassen.

### A.6.3 Entwicklung des Basisbetriebs

Die Dienstleistungseinheit **Studium und Lehre (SLE)** ist eine zentrale administrative und beratende Dienstleistungseinheit, die dem Vizepräsidenten für Lehre und akademische Angelegenheiten zugeordnet ist.

Der Studierendenservice und die Zentrale Studienberatung sind für Studierende und Studieninteressierte vor dem Studium, im Studium und nach dem Studium erste Ansprechmöglichkeit. Der Studierendenservice steht Bewerberinnen und Bewerbern am KIT, Studierenden und Absolventen und Absolventinnen zur Verfügung, um alle Prozesse von der Bewerbung bis zur Ausgabe der Abschlussdokumente zu unterstützen. Nach der Digitalisierung des Bewerbungsprozesses Wintersemester 2022/23 bereitet der Studierendenservice nun die Einführung der elektronischen Studierendenakte vor, um schnellstmöglich alle weiteren Schritte im Student Life Cycle digital abwickeln zu können.

Die Zentrale Studienberatung ist für Studieninteressierte die erste Anlaufstelle bei Fragen zur Studienwahl und zur Planung und Organisation des Studiums. Sie nimmt ferner eine koordinierende Funktion bei Angeboten für Schulen wahr und ist damit u.a. mit den Schülerlaboren am KIT verbunden. Der im Mai 2022 eingeführte Campustag, organisiert und koordiniert von der Zentralen Studienberatung, hat weiterhin großen Anklang gefunden und wird nun als fester Bestandteil im Veranstaltungskalender aufgenommen.

Neben dem Service für Studieninteressierte und Studierende leistet die DE SLE parallel den Service für die KIT-Fakultäten. Die Abteilung Studiengangsentwicklung beteiligt sich am internen Akkreditierungsverfahren KIT-PLUS und dessen systematischer Weiterentwicklung sowie der Begleitung bei der vorgabenkonformen Entwicklung und IT-unterstützten Darstellung der Studiengänge. Die ehemalige Abteilung Lehr- und Prüfungsorganisation wurde Ende 2023 nach der Fusion der beiden Teams des Anwendersupports in Campus- und Prozessmanagement umbenannt. Ziel der Umstrukturierung ist die umfassendere Betreuung von komplexer werdenden Supportanfragen und eine bessere Sicherstellung des Wissenstransfers.

Betriebsärzte und -ärztinnen beraten und unterstützen Arbeitgebende und Beschäftigte in Fragen des Arbeitsschutzes, der betrieblichen Gesundheitsförderung, Wiedereingliederung und der medizinischen Prävention. Die **Medizinischen Dienste (MED)** erfüllen für alle Standorte des KIT im Raum Karlsruhe arbeitsmedizinische Aufgaben gemäß staatlichen und berufsgenossenschaftlichen Vorgaben zum Arbeits- und Gesundheitsschutz. Den Standorten Ulm und Garmisch-Partenkirchen steht MED beratend zur Verfügung.

Am Standort Campus Nord betreut MED zudem dort ansässige Gastinstitutionen und Fremdfirmen. Durch den vertraglich festgeschriebenen vollkontinuierlichen Wechselschichtdienst der MED-Ambulanz werden die akut- und strahlenschutzmedizinische Notfallversorgung insbesondere auch für Einrichtungen der KTE GmbH und des JRC Karlsruhe gewährleistet. Die Funktion als Regionales Strahlenschutzzentrum der Berufsgenossenschaften wird durch Rufbereitschaften der im Strahlenschutz ermächtigten Ärztinnen und Ärzte abgedeckt. MED ist Partner im „Netzwerk Strahlenschutz am KIT“.

Die Leitungen von MED und vom Institut für Sport und Sportwissenschaften bilden mit dem Vizepräsidenten Finanzen, Personal und Infrastruktur sowie der BGM-Koordinatorin den Lenkungskreis des betrieblichen Gesundheitsmanagements (BGM). MED ist gemeinsam mit zahlreichen internen und externen Akteuren operativ im Netzwerk Gesundheit engagiert.

Nach drei Pandemie-Jahren war 2023 das erste nicht mehr von der Pandemie geprägte Jahr. 2023 wurden von MED Covid-Impfungen nicht mehr angeboten, da weiterhin hohe bürokratische und organisatorische Hürden für Betriebsärztinnen und -ärzte bestehen und die STIKO aktuell Boosterimpfungen nur für bestimmte Personengruppen empfiehlt, welche in die Regelleistung der Krankenkassen übergegangen sind.

Bei der jährlichen Grippeimpfaktion ergab sich für 2023 ein Novum: Personen ab dem 60. Lebensjahr wurden gemäß der geänderten Impfempfehlungen mit einem höher dosierten Impfstoff geimpft. Das Angebot wurde von allen Altersgruppen wieder gut angenommen.

Im betrieblichen Eingliederungsmanagement (BEM) auf Basis des § 167 Abs. 2 SGB IX sind die Betriebsärztinnen und -ärzte mögliche Ansprechpartner für betroffene Beschäftigte. Die Entwicklung der letzten Jahre zeigt eine deutliche Zunahme der Komplexität der Fälle bei Langzeiterkrankungen mit entsprechend erheblich steigenden betriebsärztlichen Beratungs- und Betreuungsbedarf, oft auch im Zusammenwirken mit internen Ansprechpartnern, wie PSE, PR, KMB oder externen Institutionen wie Reha-Trägern oder Integrationsfachdienst.

Eine neue Entwicklung sind Forderungen des Unfallversicherungsträgers zur arbeitsmedizinischen Betreuung von Studierenden. Dies erfordert die Gestaltung neuer Prozesse zur Erfassung von Gefährdungen, Meldungen an MED, Überwachung der Umsetzung und Dokumentation seitens der Administration. Seitens MED wird die studentische Betreuung einen deutlichen, insbesondere ärztlichen, Mehrbedarf erfordern, da sich die bisherigen Einsatzzeiten an der Beschäftigtenzahl orientieren.

Ein Mehrbedarf an qualifizierten Fachärzten und Fachärztinnen ergibt sich auch daraus, dass die Rolle der Arbeitsmedizin im KIT weiterhin nicht nur als Garant für die Erfüllung von staatlichen und berufsgenossenschaftlichen Vorgaben, sondern als wichtiger Teil in der betrieblichen Prävention und Gesundheitsförderung gesehen werden sollte.

Auch der Erhalt der noch vorhandenen Kompetenz in der Strahlenschutzmedizin muss aktiv gefördert werden, um weiterhin eine adäquate Versorgung der Rückbaubereiche am Campus Nord zu gewährleisten, als Regionales Strahlenschutzzentrum mit entsprechender Außenwirkung zu fungieren und nicht zuletzt Wissen im Strahlenschutz durch Beiträge für FTU-Kurse weitergeben zu können.

Das Toxikologische Labor von MED ist behördlich bestimmte In-vitro-Inkorporationsmessstelle nach §169 (1) Nr. 2 StrlSchG und akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018. Es führt radiochemische Ausscheidungsanalysen auf Alpha- und reine Betastrahler durch und übermittelt entsprechende Dosisfeststellungen an das Strahlenschutzregister des Bundesamtes für Strahlenschutz. 2023 wurden für 798 beruflich strahlenexponierte Personen interner und externer Kunden 2.714 Analysen zur Inkorporationsüberwachung durchgeführt.

Durch den stetigen Kompetenzabbau im Strahlenschutz deutschlandweit kommt der Verbindung aus Inkorporationsmessstelle und regionalem Strahlenschutzzentrum mit strahlenschutzmedizinischer Kompetenz im KIT eine zunehmende gesamtgesellschaftliche Bedeutung zu.

Die Dienstleistungseinheit **Allgemeine Services (ASERV)** konzentriert sich auf Serviceleistungen für Veranstaltungen, das Erstellen von Fotografien, Gebrauchsgrafik und Drucksachen sowie die zentrale Raumvergabe für die Lehre. Zum Portfolio gehört auch der Betrieb einer Kantine inkl. Veranstaltungscatering.

Die Abteilung CrossMedia versteht sich als Dienstleister und interdisziplinäre Anlaufstelle zur Medienproduktion am KIT. Die Hauptaufgabenfelder umfassen vor allem das Erstellen fotografischer Aufnahmen, die digitale grafische Mediengestaltung und den Betrieb der Medien-datenbank sowie der zentralen Druckerei des KIT. Weiter bietet CrossMedia Beratung und

Unterstützung in Konzeption, Entwurf und Umsetzung gestalterischer Vorhaben an. Bei Anfragen zu Video, 3D und Animation koordiniert und übernimmt CrossMedia die Produktionen mit externen Dienstleistungsunternehmen.

Abhängig von der Zielgruppe, dem Format und dem Programm, der Anzahl der Teilnehmenden, der Frage nach der technischen Ausstattung und vielen anderen Faktoren benötigt jede Veranstaltung individuelle Planung und Vorbereitung. Die Abteilung Veranstaltungsmanagement organisiert Messen und Events im Auftrag des Präsidiums. Das Team Professional Congress Organizer bietet Lösungen nach dem Baukastensystem für die Organisation von wissenschaftlichen Konferenzen, Workshops und mehr – analog, digital oder hybrid. Das Veranstaltungsmanagement berät zudem bei Protokollfragen, begleitet Gremiensitzungen und organisiert Begutachtungen, hochrangige Besuche und Campusführungen am Campus Nord.

Die Optimierung der Prozesse in der zentralen Lehrraumvergabe wurde 2023 abgeschlossen. Aus den Pilotprojekten „Raumvergabe für schriftliche Präsenzprüfungen“ und „Raumvergabe für regelmäßige Lehrveranstaltungen“ entwickelte sich ein für die KIT-Fakultäten optimiertes Verfahren für die Raumvergabe. Die Pilotprojekte konnten 2023 abgeschlossen werden. Um die Entwicklung von hybriden Lehrsettings geht es im Umsetzungsprojekt Digitalisierung 1, das von den Dienstleistungseinheiten Allgemeine Services und Facility Management seit Mitte 2023 federführend geleitet wird.

Wenn es um gesunde Ernährung geht, ist das Casino am Campus Nord mit seinen täglich wechselnden Gerichten die richtige Anlaufstelle. Dabei setzt das Team der Kantine am Campus Nord seit 2021 zunehmend auf nachhaltige und lokale Produkte, 50 Prozent der Essensangebote sind vegetarisch/vegan. Das Angebot entspricht den geforderten Kriterien des „DGE-Qualitätsstandard für die Verpflegung in Betrieben“. Im Jahr 2023 übernahm die Dienstleistungseinheit im Wechsel mit dem Personalrat die führende Rolle in der Kantinenkommission.

Die Aufgaben der DE **Facility Management (FM)** umfasst das Betreiben der Gebäude und Liegenschaften, von Anlagen zur Ver- und Entsorgung einschließlich der Leitungsnetze sowie die Erbringung von infrastrukturelle Dienstleistungen. Die Aufgaben unterscheiden sich standortspezifisch entsprechend der jeweiligen Anforderung der Großforschungs- und Universitätsaufgabe.

Der Ausruf der Alarmstufe des Gasnotfallplan der Bundesregierung im Juni 2022 hatte insofern Auswirkungen auf das Facility Management, da in der Zuständigkeit der Energieversorgung für das KIT aber auch die dort ansässigen Fremdfirmen die Vorbereitung auf eine Gasmanngelage in Zusammenarbeit mit der Dienstleistungseinheit Sicherheit und Umwelt koordiniert wurde. Die Kernaufgabe der etablierten Arbeitsgruppe Gas war die betriebliche Vorbereitung auf eine mögliche Energiemangellage, zu welchem Zweck unter Einbindung aller Organisationseinheiten des KIT ein Notfallkonzept erstellt wurde. Auch die Initiierung und Kommunikation zu den teilweise gesetzlich vorgeschriebenen und zur Vermeidung einer Energiemangellage erforderlichen Energieeinsparmaßnahmen gehörte zu den Aufgaben von FM.

Neben den dezentral umgesetzten Energiesparmaßnahmen konnte über das Programm für kurzfristig umsetzbare Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz an den Helmholtz-Zentren 1,4 Mio. Euro für u.a. den Aufbau von PV-Anlagen, Modernisierung der Beleuchtung mit LED und Automatisierung oder die Modernisierung von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik bei Lüftungsanlagen akquiriert werden. Des Weiteren wurden nun an drei Standorten auf dem Gelände des Campus Nord jeweils drei Ladesäulen, jede mit zwei Ladepunkten, installiert und in das Versorgungssystem eingebunden. Diese sind auch für Gäste und die Privat-

PKW der Mitarbeitenden nutzbar. Damit werden Anreize für Umstiege auf emissionsarme Fahrzeuge gesetzt und auch die Attraktivität als Arbeitgeber KIT gesteigert.

Auf dem Gebiet der Sicherheit des KIT ist die **Stabsstelle der Fachkräfte für Arbeitssicherheit (FAS)** mit der Aufgabe betraut, gesundheitsbewahrende Arbeitsbedingungen und sichere Einrichtungen zu schaffen, den bestimmungsgemäßen Umgang mit ihnen und das Zusammenwirken aller Beschäftigten entsprechend zu organisieren und sicherzustellen. Dieser Aufgabe wird die Stabsstelle u. a. dadurch gerecht, dass sie, nach Maßgabe des Arbeitssicherheitsgesetzes und der DGUV Vorschrift 2, Fachkräfte für Arbeitssicherheit bestellt hat. FAS unterstützt und berät die einzelnen Organisationseinheiten beim Arbeitsschutz, der Unfallverhütung und in allen Fragen zur Arbeitssicherheit einschließlich Maßnahmen der menschengerechten Gestaltung der Arbeitsplätze. Hierzu werden den verantwortlichen Personen zur Durchführung von Gefährdungsbeurteilungen, der Erstellung von Betriebsanweisungen und für die Durchführung von Unterweisungen entsprechende Hilfsmittel zur Verfügung gestellt. Zur Beurteilung der Arbeitsbedingungen werden regelmäßig Begehungen durchgeführt. Positiv zu vermerken ist, dass FAS ab dem 1. Januar 2024 vollständig besetzt sein wird.

Unfallgeschehen: Zur Beurteilung des durchschnittlichen Unfallrisikos einer versicherten Person müssen die absoluten Unfallzahlen zu geeigneten Bezugsgrößen ins Verhältnis gesetzt und damit Unfallquoten gebildet werden. Bei der Darstellung der Häufigkeit der Arbeitsunfälle je 1.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter werden die Unfallzahlen verschiedener Unternehmen bzw. Einrichtungen vergleichbar. Für das KIT mit ca. 10.000 Beschäftigten ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Zahlen der Unfälle im Vergleich zur gesamten gewerblichen Wirtschaft und der öffentlichen Hand:

| Art der Unfälle                           | Zahl der meldepflichtigen Unfälle je 1.000 Beschäftigte |                                                   |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                                           | KIT 2023                                                | Gewerbliche Wirtschaft und öffentliche Hand 2022* |
| meldepflichtige Betriebs- u. Sportunfälle | 3,89                                                    | 18,27                                             |
| meldepflichtige Wegeunfälle               | 2,99                                                    | 3,29                                              |

\* Daten der DGUV von 2023 liegen noch nicht vor. DGUV Zahlen: Meldepflichtige Betriebs- u. Sportunfälle bezogen auf VZÄ, Wegeunfälle auf Versicherungsverhältnisse.

Die **DE Sicherheit und Umwelt (SUM)** organisiert und überwacht unter der Leitung des vom Präsidium bestellten Sicherheitsbevollmächtigten die Umsetzung und Einhaltung der an das KIT gestellten Anforderungen in Bezug auf Sicherheit und Umweltschutz. Sie ist zuständig für Koordinierungsaufgaben zu behördlichen Genehmigungen und unterstützt die Organisationseinheiten des KIT bei der Umsetzung und Einhaltung gesetzlich relevanter Vorgaben in den Bereichen Arbeits-, Betriebssicherheit, Umweltschutz, Campussicherheit und Brandschutz sowie bei Genehmigungsfragen. Zu den Kernprozessen zählen folgende für das KIT grundlegenden Management- und Dienstleistungsaufgaben: Regelwerk „Sicherheit und Umwelt“, Behördliche Verfahren, Berichts- und Meldewesen, Pflichtenübertragung, Überwachung, Prävention, Strahlenschutz, Wartung und Prüfung sowie Einsatzdienste. Neben Routinearbeiten in den Laboren und bei Beratungen, Genehmigungen sowie Sicherheitsdienstleistungen ist SUM auch stark geprägt durch ereignisbezogene Aktivitäten, die als Reaktionen auf eine nicht unerhebliche Anzahl mehr oder weniger bedeutsamer Ereignisse mit sicherheits- oder umwelttechnischer Relevanz zurückzuführen sind.

Der nach wie vor schwieriger personellen Situation bei der Werkfeuerwehr, wo sich insbesondere vor dem Hintergrund der aktuellen Arbeitsmarktsituation in Verbindung mit unzureichenden tariflichen Gestaltungsmöglichkeiten, die Rekrutierung und das Halten von qualifiziertem Personal als außerordentlich schwierig gestalten, wird mit Nachdruck entgegengetreten. Darüber hinaus ist es im Zeichen einer durch Budgetknappheit und Fachkräftemangel geprägten schwierigen personellen Ressourcenlage notwendig, durch Bündelungen und Schaffung von Synergien vorhandenes Potenzial effizient zu nutzen. Auch wenn im Zuge einer stetigen Weiterentwicklung der sicherheitsrelevanten Prozesse am KIT Widerstände bei der Dezentralisierung von Pflichten im Sinne des Subsidiaritätsprinzips insbesondere seitens der betroffenen Institute bestehen, sind für das kommende Jahr strukturelle Änderungen innerhalb von SUM geplant, um losgelöst von teilweise „historisch gewachsenen“ Prozess- und Organisationsstrukturen eine nachhaltige Organisation zu gewährleisten.

## **A.7 Vollständige Publikationsliste**

Die vollständige Publikationsliste für das Jahr 2023 ist unter folgendem Link abrufbar:

<https://www.sts.kit.edu/5486.php>, siehe Menü Berichtswesen



# Anhang

zum Fortschrittsbericht 2023  
des Karlsruher Instituts für Technologie

## Berichte der Forschungsbereichskoordinator:innen

### Inhalt des Anhangs

|             |                                                                                       |            |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>I.</b>   | <b>Forschungsbereich Energie: Bericht des Koordinators an den Senat.....</b>          | <b>402</b> |
| <b>II.</b>  | <b>Forschungsbereich Information: Bericht der Koordinatorin an den Senat .....</b>    | <b>429</b> |
| <b>III.</b> | <b>Forschungsbereich Materie: Bericht des Koordinators an den Senat.....</b>          | <b>446</b> |
| <b>IV.</b>  | <b>Forschungsbereich Erde und Umwelt: Bericht der Koordinatorin an den Senat.....</b> | <b>512</b> |

# I. Forschungsbereich Energie: Bericht des Koordinators an den Senat

Koordinator:

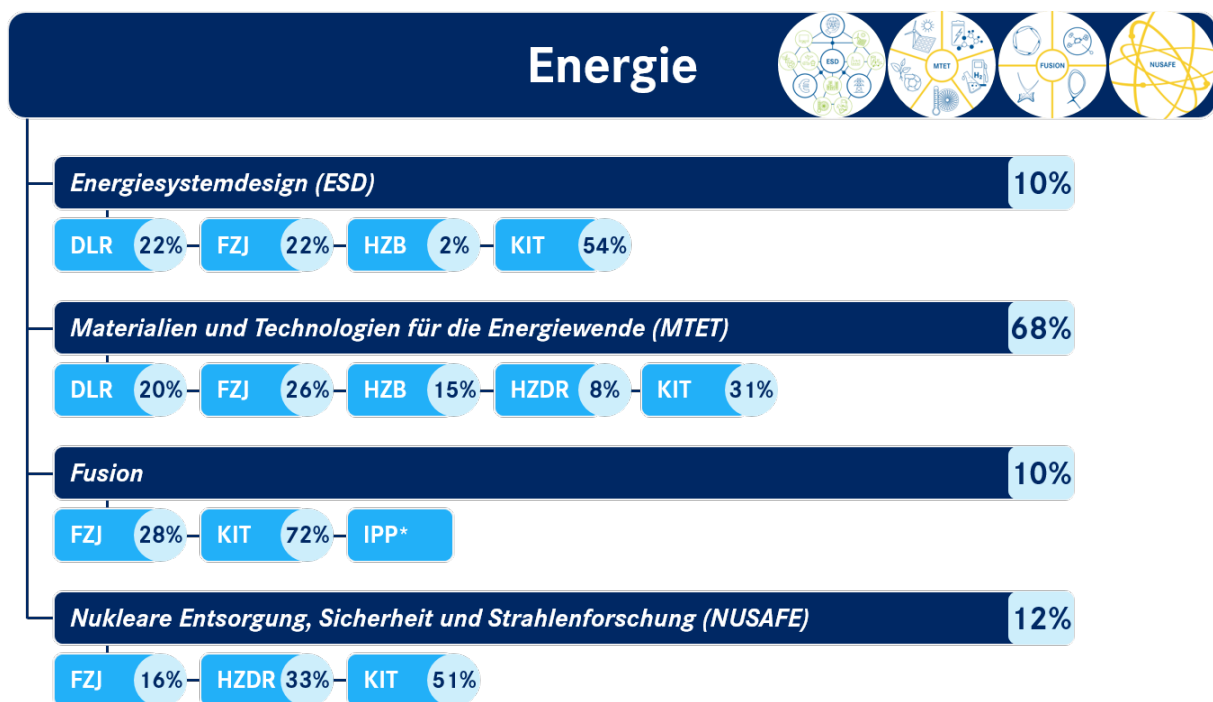
Prof. Dr. Bernd Rech (Helmholtz-Zentrum Berlin)

**Beteiligte Helmholtz-Zentren:** DLR, FZJ, HZB, HZDR, KIT

## 1. Der Forschungsbereich im Überblick

Mit Forschung von den Grundlagen bis zur Anwendung schafft Helmholtz Energy, der Helmholtz-Forschungsbereich Energie, die wissenschaftlichen Voraussetzungen für eine klimaneutrale Energieversorgung, die ökonomisch und gesellschaftlich getragen wird. In interdisziplinären Programmen entwickeln die Forschenden zukunftsweisende Lösungen für die Energiewende in Deutschland und für den nachhaltigen Umbau der Energieversorgung weltweit. Dafür erforschen und entwickeln sie innovative Wandlungs-, Verteilungs-, und Speichertechnologien. Unter Einbezug aller relevanten Ketten zur Energiewandlung und zukunftsreicher technologischer Optionen erarbeitet Helmholtz Energy ganzheitliche, sektorenübergreifende Konzepte und Lösungen für ein Energiesystem der Zukunft.

Den Herausforderungen zum Umbau des Energiesystems hin zu erneuerbaren Quellen begegnet Helmholtz Energy mit seiner **wissenschaftlichen Schwerpunktsetzung in vier Programmen**:



\* Das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) ist seit 2021 wissenschaftlich assoziierter Partner

Die in PoF IV an Helmholtz Energy **beteiligten Zentren** sind das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), das Forschungszentrum Jülich (FZJ), das Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB), das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) und das Karlsruher Institut für Technologie (KIT); das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) ist wissenschaftlich assoziiertes Zentrum.

Nach Ende der assoziierten Mitgliedschaft des **IPP** in der Helmholtz-Gemeinschaft zum 1.1.2021 ist die wissenschaftliche Partnerschaft durch einen Kooperationsvertrag zwischen der Helmholtz-Gemeinschaft und der Max-Planck-Gesellschaft geregelt. In diesem Rahmen wird die wissenschaftliche Zusammenarbeit mit dem IPP in Helmholtz Energy fortgeführt. Eine langfristige und besonders intensive Zusammenarbeit besteht dabei in der Fusionsforschung („Wissenschaftliche Assoziation“). Das IPP wird langfristig an der Erstellung und Umsetzung des Programms Fusion mitwirken und wirkt außerdem in geringem Umfang aktiv an den Programmen ESD und MTET sowie den Aktivitäten zur Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR) mit.

Das Jahr 2023 war in Helmholtz Energy geprägt durch den Beginn der Aufstellung für die fünfte Periode der Programm-orientierten Förderung (PoF V) sowie durch den Wechsel im Amt des Helmholtz-Vizepräsidenten Energie.

Aufgrund der Wahl von Herrn Hanselka zum Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft wurde ein Wechsel im Amt des **Helmholtz-Vizepräsidenten Energie** notwendig. Das Management Board (MB) Energie hat auf seiner Sitzung am 12.06.2023 Bernd Rech (HZB) einstimmig als Helmholtz-Vizepräsidenten Energie nominiert. Der Wahlvorschlag wurde von der Helmholtz-Mitgliederversammlung am 27.9.23 bestätigt. Der Helmholtz-Senat hat Bernd Rech am 24.10.23 zum Helmholtz-Vizepräsidenten Energie mit einer Amtszeit bis Ende 2025 gewählt.

Das **Helmholtz Energy Office** wird weiterhin am KIT angesiedelt sein. Es wird den neuen Helmholtz-Vizepräsidenten Energie und das gesamte MB Energie in bewährter Weise unterstützen. Das Helmholtz Energy Office betreut auch die **Plattform Helmholtz Energy**, die sich der programm- und zentrenübergreifenden Vernetzung, dem Talentmanagement und der Öffentlichkeitsarbeit widmet.

In unseren vier **Programmen** im Rahmen der vierten Periode der Programm-orientierten Förderung (PoF IV) erforschen und entwickeln Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler **langfristig angelegte Lösungen** für ein zukünftiges Energiesystem. Die vier Programme von Helmholtz Energy haben ihre Arbeit 2023 noch weitgehend planmäßig fortgesetzt. Es besteht jedoch das Risiko, dass in den kommenden Jahren zunehmend Mittel für die Forschung fehlen und daher nicht alle versprochenen wissenschaftlichen Ziele erreicht werden können. Denn aufgrund der **Inflation**, der **Energiekostensteigerungen** und der **Tarifsteigerungen** sind die Zentren in einer **eher schwierigen finanziellen Situation**. Obwohl die Zentren in den zurückliegenden Monaten vorsichtig gewirtschaftet haben, sind kurz- und langfristige Auswirkungen auf die Wissenschaft und die Mitarbeitenden absehbar, insbesondere da etliche Verträge mit Nachwuchsforschenden nicht verlängert werden konnten. Darüber hinaus stehen auch große Forschungs- und Forschungsinfrastrukturprojekte in Gänze zur Disposition und damit die strategische Aufstellung für die nächste Periode der PoF. Andererseits sind die Selbstbewirtschaftungsmittel weiter angestiegen. Bei diesen ist jedoch zu beachten, dass es sich nicht um freie Mittel handelt, sondern diese in Projekten gebunden sind.

Mit dem **Helmholtz-Institut für Polymere in Energieanwendungen** (HIPOLE) hat der Forschungsbereich Energie seit Juli 2023 ein neues Helmholtz-Institut. In dem von der Universität

Jena und dem HZB gegründeten Institut soll an der Entwicklung von nachhaltigen Polymermaterialien für Energietechnologien geforscht werden, die schnell in die Anwendung gebracht werden können. Der Fokus liegt hier auf Polymer-basierten Batterien und Perowskit-Solarzellen mit polymeren Additiven. Das BMBF und der Freistaat Thüringen fördern HIPOLE mit 5,5 Millionen Euro pro Jahr. Der Freistaat Thüringen fördert HIPOLE bis 2028 zusätzlich mit über 10 Millionen Euro und übernimmt die Finanzierung der Baukosten für die Labore und Büros. Beim **Workshop „Energieszenarios weitergedacht: Sozio-technische Perspektiven von Helmholtz Energy“** am 13. Oktober 2023 in Berlin hat Helmholtz Energy seine Energieszenarien vorgestellt und mit Vertretern und Vertreterinnen der Bundesministerien sowie mit Experten und Expertinnen renommierter nationaler Forschungseinrichtungen diskutiert.

Die Erstellung einer **Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR)** als Instrument für die strategische Forschungsplanung in Helmholtz Energy wurde fortgesetzt (mehr s.u. Kapitel 2).

Die **Vorbereitung auf die PoF V** in Helmholtz Energy hat begonnen. Beim Kickoff-Workshop zur Aufstellung für die PoF V am 12.06.2023 haben die Zentren und Programme thematische Impulse eingebracht. Bei den beiden folgenden Workshops am 20.09.2023 und 29.11.2023 wurden u.a. Herausforderungen und Mission von Helmholtz Energy beleuchtet sowie Forschungsthemen weiter diskutiert.

Die übergreifende **Zusammenarbeit mit den anderen Forschungsbereichen** in Helmholtz, insbesondere mit Erde und Umwelt zu Klima- und Energiefragen, wird in Hinblick auf PoF V ebenfalls eine wichtige Rolle spielen.

Bei den **Sitzungen des Management Boards (MB) und der Forschungsbereichsplattform** standen ebenfalls die hier genannten Aktivitäten und Entwicklungen im Fokus. Die Sitzung des **Strategischen Beirats (Strategic Advisory Board SAB) Energy** fand am 25./26.05.23 am HZB in Berlin-Adlershof statt. Am ersten Tag gab es ein Besichtigungsprogramm am HZB Campus Adlershof. Bei der Sitzung am zweiten Tag hat das SAB dem Forschungsbereich und seinen Programmen eine erfolgreiche Entwicklung in 2022 bescheinigt. Das SAB unterstützt nachdrücklich die Einreichung der Forschungsinfrastruktur High Power Grid Lab. Das SAB begrüßt die Entwicklung der Zeitenwende-Initiativen und die Informationen zum Thema Speichertechnologien, das von Nachwuchswissenschaftlerinnen vorgestellt wurde. In der Diskussion zum Thema Laserfusion betonte Steven Chu, dass diese sehr große technische Herausforderungen berge und die dazu derzeit in verschiedenen Ländern diskutierten potentiellen Zeitpläne bis zur Energieerzeugung daher zu optimistisch seien.

Vorstände und Forschende aus mehreren Zentren in Helmholtz Energy haben an einer **Helmholtz-Delegationsreise nach Australien** im März 2023 teilgenommen. Es besteht ein großes Interesse an Kooperationen mit Australien zu Wasserstoff sowie zu weiteren „green technologies“.

Die durch das Helmholtz Energy Office betreute **Helmholtz Energy Webseite** (<https://energy.helmholtz.de/>) wurde weiter aufgebaut, neben der deutschen Version gibt es nun auch eine englische Version der Webseite. Des Weiteren wurde für Helmholtz Energy ein LinkedIn Profil Helmholtz Energy | LinkedIn erstellt.

Die Verwendung von „**Helmholtz Energy**“ als Marke wurde 2023 voll umgesetzt. So wird nun „Helmholtz Energy“ in allen Texten als griffiger Ausdruck für den Forschungsbereich Energie verwendet. Dokumente und Präsentationen enthalten das Helmholtz Energy-Logo.

Unter dem Titel „Tackling the Global Challenges for the Energy Transition“ traf sich der Forschungsbereich Energie am 12.-13. Juni 2023 in Koblenz zur ersten **Helmholtz Energy Konferenz**. Die vom Helmholtz Energy Office organisierte, Helmholtz-interne Konferenz bot über 330 Forschenden aus den beteiligten Helmholtz-Zentren sowie Kooperationspartnern aus den anderen Forschungsbereichen die Möglichkeit, in interdisziplinären wissenschaftlichen Sessions gemeinsam die Herausforderungen und jüngsten Fortschritte der Energieforschung zu diskutieren sowie sich weiter zu vernetzen. Mehr Informationen zur Helmholtz Energy Konferenz 2023.

## 2. Stand der Umsetzung der programmübergreifenden Senatsempfehlungen

Über die Umsetzung der Empfehlungen zu den einzelnen Programmen (LK I) wird in den entsprechenden Fortschrittsberichten informiert.

### Senatsempfehlungen:

*Um den **Impact** der Forschung auf die Energiewende zu erhöhen, empfiehlt das Gremium, die vorgeschlagene Roadmap als zentrales Strategieinstrument auf höchster Ebene (Vizepräsident) zu nutzen und die Integration zwischen dem Programm Energiesystemdesign und Materialien und Technologien für die Energiewende mit umfassenden Feedback-Schleifen und abgestimmten Zielen zu optimieren.*

Die Erstellung einer **Helmholtz Energy Transition Roadmap** (HETR) als Instrument für die strategische Forschungsplanung in Helmholtz Energy wurde fortgesetzt. HETR soll als technologieoffene Roadmap die Energiewende mit Fokus auf Treibhausgasneutralität 2045 (Deutschland) bzw. 2050 (Europa, global) adressieren und basiert auf veröffentlichten nationalen und internationalen Energieszenarien sowie auf Szenarien aus dem Programm ESD. Sie zeigt Herausforderungen entlang möglicher Transformationspfade auf und gibt einen strukturierten Überblick über Lösungen und Beiträge seitens der Energieforschung. Damit soll sie als Informations- und zentrales Strategieinstrument zur dynamischen Weiterentwicklung und Ausrichtung der Forschung von Helmholtz Energy beitragen. Die HETR hat inzwischen nach mehreren Feedbackschleifen durch die Programme ESD, MTET und FUSION einen Stand (aktuelle HETR-Version Stand Ende Juli 2023 im Anhang) erreicht, in dem sie als einer von mehreren Inputs im Rahmen des nun begonnenen POF-V-Strategieprozesses in Helmholtz Energy verwendet wird.

*Umfassendes Talentmanagement: Die Vorstände der Zentren werden ermutigt, die Strategie zu nutzen, um die Belegschaft auf allen Ebenen erheblich zu diversifizieren.*

Ein **ganzheitliches Talentmanagement** mit gezielter Unterstützung in jeder Karrierestufe ist integraler Bestandteil der Strategien der Zentren von Helmholtz Energy. Die Vorstände aller Zentren in Helmholtz Energy streben dabei eine weitere Diversifizierung der Belegschaft an. Die Förderung **der Chancengleichheit in allen Dimensionen der Vielfalt** bildet einen Kernwert, der im Talentmanagement der Zentren fest verankert ist.

Das umfassende Talentmanagement bietet gezielte Unterstützung für verschiedene Berufsgruppen auf allen Karrierestufen und schafft so den Rahmen für die erfolgreiche Rekrutierung der brilliantesten Köpfe im internationalen Wettbewerb. Vor dem Hintergrund des vorherrschenden Mangels an Fachkräften aus dem technisch-naturwissenschaftlichen Bereich, aber

auch der Unterrepräsentanz von Frauen in höheren Karrierestufen in Helmholtz Energy stellt die Gewinnung, Entwicklung und langfristige Bindung von Spitzenforschenden sowie von wissenschaftlichem Nachwuchs im internationalen Wettbewerb mit anderen exzellenten Forschungseinrichtungen und der Industrie eine besondere Herausforderung dar, die es in Helmholtz Energy zu bewältigen gilt. Die Erreichung der Ziele wird durch die Nutzung eines breiten Maßnahmenpektrums für Talentmanagement und Personalentwicklung in den einzelnen Zentren realisiert, das auf die Förderung von Exzellenz auf allen Ebenen abzielt. Einen Überblick über Ziele und Maßnahmen gibt die 2023 erstellte Zusammenstellung Talentmanagement in Helmholtz Energy, die als Anhang beigelegt ist. Für aktuelle Beispiele zum Talentmanagement s.u. Kap. 4.1.

*Schaffung eines **Ecosystem**, in dem eine zukunftsorientiertere Unternehmenskultur gefördert und tief in Forschung und Entwicklung integriert wird.*

**Transfer** ist eine wesentliche Aufgabe für die Helmholtz-Gemeinschaft. Helmholtz Energy mit seiner Anwendungsnähe bringt sich aktiv in die Transferstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft ein. Die Zentren in Helmholtz Energy stellen ihren Forschenden ein breites Spektrum an Transferinstrumenten bereit. Auf Basis wegweisender wissenschaftlicher Erkenntnisse bringen sie regelmäßig anspruchsvolle Ausgründungen hervor. Dabei arbeiten sie eng mit deutschen, europäischen und globalen Investoren zusammen. Darüber hinaus unterstützen sie flexible Formen der Kooperation und Entwicklungspartnerschaften mit Industrie, Mittelstand und Startups. In der 2021 veröffentlichten Transferstrategie der Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft sind Ziele, Instrumente und Maßnahmen zu Transfer und zur Förderung einer Unternehmenskultur in den Zentren genannt. Für aktuelle Beispiele zu Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft s.u. Kap. 4.3.

Die seit 2022 neuen Erfolgsindikatoren (s.u. Kap. 5) *Kooperationen mit der Wirtschaft und externen nichtwissenschaftlichen Institutionen, Ausgründungen (Spin-offs) und kompetenzbasierte Gründungen (Start-ups)* sowie *Wissenstransferaktivitäten* unterstreichen die Bedeutung von Innovation und Transfer in Helmholtz.

## **Forschungspolitische Ziele auf Ebene des Forschungsbereichs:**

### **Talentmanagement-Konzept bis Ende 2023:**

Eine Zusammenstellung zum Talentmanagement in Helmholtz Energy wurde 2023 erstellt. Diese gibt einen Überblick über Ziele und Struktur, die Ausgangssituation sowie Maßnahmen und Instrumente des Talentmanagements in Helmholtz Energy. Der Fokus des Talentmanagements in Helmholtz Energy liegt auf den folgenden Punkten:

- Die Rekrutierung der herausragendsten Forschenden im internationalen Wettbewerb stellt ein zentrales Ziel im Talentmanagement in Helmholtz Energy dar. Für den Betrieb der Infrastrukturen sind Fachkräfte mit spezifischer Expertise unabdingbar.
- Der langfristigen Bindung und lebenslangen Weiterqualifikation der gewonnenen Talente kommt eine ebenso große Bedeutung zu.
- Bei der Gewinnung und Förderung liegt ein besonderer Fokus auf dem wissenschaftlichen Nachwuchs, da vor allem junge Talente Ideengebende und Innovationstreibende für das Energiesystem von morgen sind.

Die Zusammenstellung ist als Anhang beigefügt. Für weitere Erläuterungen zum Talentmanagement s.o. Senatsempfehlung „Umfassendes Talentmanagement“. Für aktuelle Beispiele zum Talentmanagement s.u. Kap. 4.1.

### **3. Entwicklung im Rahmen der programmübergreifenden Aktivitäten**

#### **Forschungsbereichsübergreifende Aktivitäten**

##### **3.1. Querschnittsthema 1: Bioeconomy meets Energy**

- Koordinierende Sprecher: Ulrich Schurr (FZJ, Erde und Umwelt), Jörg Sauer (KIT, Energie)
- Beteiligte Programme: MTET (Energie); Changing Earth - Sustaining our Future (Erde und Umwelt)

Ansätze zur nachhaltigen Nutzung von Biomasse und Kenntnisse über biologische Systeme stellen einen wichtigen Baustein zur Entwicklung von einem geschlossenen anthropogenen Kohlenstoffkreislauf dar. Diese werden in einem integrierten Bioökonomie-Ansatz gemeinsam von den Forschungsbereichen Energie und Erde und Umwelt vorangetrieben. Der Fokus liegt auf der Forschung zu neuartigen Prozessen, Prozessketten und Produkten, die hybride Ansätze nutzen, indem z.B. in der nachhaltigen Produktion von Kohlenstoff- und Energieträgern biochemische, (bio)elektrochemische, katalytische, thermo- und/oder photochemische Prozesse kombiniert werden. Auf diese Weise kann es gelingen, Sektoren auf effiziente Weise zu koppeln. Zum Beispiel erlaubt die Nutzung von biogenem Kohlenstoff und erneuerbarer elektrischer Energie zur Herstellung von Proteinen als Lebensmittelbestandteilen die Kopplung des Lebensmittelsektors mit dem Energiesektor. 2023 sind im Themenfeld Agri-PV weitere Entwicklungen dazugekommen: Zum einen finden erste Abstimmungen und Versuche im Themenfeld Biodiversitäts-PV statt, so dass neben der Biomasse-Produktion auch Ökosystem-relevante Aspekte und Einflüsse von erneuerbaren Energiesystemen untersucht werden. Zum anderen stehen großskalige, Agrarwirtschaft-relevante Systeme mit vertikalen Agri-PV Systemen in der Planung, zur praxisnahen Forschung und als Demo für Großlandwirtschaftsbetriebe. Des Weiteren wurde die Entwicklung von Prozessen zur Fixierung von Kohlenstoff aus biobasierten Quellen vorangetrieben, um negative CO<sub>2</sub> Emissionen zu erzielen, die z.B. für den Ausgleich von unvermeidbaren Emissionen aus der Landwirtschaft dauerhaft erforderlich sind (CO<sub>2</sub>-Sequestrierung und Biokohle). Hierbei wird der Fokus insbesondere auf eine effiziente Kopplung mit anderen Produkten für die chemische Industrie und den Energiesektor gelegt. Weiterhin sind mehrere Projekte zur Verknüpfung der Bioökonomie mit dem Wasserstoff-Cluster in der Umsetzung.

##### **3.2. Querschnittsthema 2: Geoenergy**

- Koordinierende Sprecher: Thomas Kohl (KIT, Energie); Ingo Sass (GFZ) and Olaf Kolditz (UFZ), (beide Erde und Umwelt)
- Beteiligte Programme: MTET (Energie); Changing Earth – Sustaining our Future (Erde und Umwelt)

Im Querschnittsthema "Geoenergy" werden wissenschaftliche Methoden und Technologien zur effizienten Speicherung und nachhaltigen Nutzung geothermischer Energie entwickelt. "GEOZeit" (s.u. Kap. 3.11) im Rahmen der „Zeitenwende Energieversorgungssicherheit“ strebt

eine beschleunigte Entwicklung von Speichertechnologien im Untergrund an. Dabei spielt das Upscaling geothermischer Systeme für den Beitrag zur Wärmewende eine entscheidende Rolle. Das gemeinsame BMWK-Projekt VESTA zur Hochtemperatur-Speicherung und die Herausgabe der Springer-Zeitschrift „Geothermal Energy“ (Impaktfaktor 4,2) wurden fortgesetzt. Im Mittelpunkt der Zusammenarbeit steht GeoLaB. Die Aufbauphase dieser gemeinsamen Großinfrastruktur begann im Berichtsjahr als Ergebnis der langjährigen Kooperation. Zur Einbindung der Universitäten wurde nach einem erfolgreichen DFG-Rundgespräch eine Initiative für ein Schwerpunktprogramm ins Leben gerufen.

### **3.3. Querschnittsthema 3: Nukleare Endlagerforschung**

- Koordinierende Sprecher: Dirk Bosbach (FZJ, Energie); Michael Kühn (GFZ, Erde und Umwelt)
- Beteiligte Programme: NUSAFE (Energie); Changing Earth - Sustaining our Future (Erde und Umwelt)

Die am Forschungsprogramm NUSAFE (Energie) beteiligten Helmholtz-Zentren (FZJ, HZDR, KIT) sowie GFZ und UFZ (Programm Changing Earth – Sustaining our Future, Erde und Umwelt) haben eine fundierte Kooperation in der Endlagerforschung etabliert. Die gebündelten Kompetenzen in den Fachgebieten Radio-Geochemie, Geowissenschaften, und Numerische Simulation sollen dazu beitragen, die komplexen Prozesse, die über lange Zeiträume in Endlagersystemen ablaufen, und deren Einfluss auf die Radionuklid Ausbreitung aus einem Lager für hochradioaktive Abfälle skalen-übergreifend zu beschreiben. Dabei werden Methoden entwickelt, um die Auswirkungen molekularer Prozesse auf ein großräumiges Endlager zu verstehen, zu quantifizieren und zu visualisieren.

Das von der Helmholtz-Gemeinschaft und dem BMBF geförderte Verbundprojekt iCROSS stellte in den letzten Jahren ein zentrales Element der Zusammenarbeit dar, mit einem hohen Maß an Interaktion und Abstimmung. Internationale großskalige Untertagelaborexperimente im Untertagelabor Mont Terri (CH), grundlegende Laboruntersuchungen und numerische Simulationen zum reaktiven Stofftransport auf verschiedenen Skalen wurden dazu zusammengeführt und integriert betrachtet. Aktuell sind die Vorbereitungen für ein auf iCROSS aufbauendes Verbundprojekt iCROSS-2 weit fortgeschritten und befinden sich derzeit in der Abstimmung mit dem BMBF.

### **3.4. Querschnittsthema 4: Strahlenforschung**

- Koordinierender Sprecher: Marco Durante (GSI)
- Beteiligte Programme: NUSAFE (Energie); Changing Earth - Sustaining our Future (Erde und Umwelt); Krebsforschung; Umweltbedingte und metabolische Erkrankungen (beide Gesundheit); Natural, Artificial and Cognitive Information Processing (Information); Raumfahrt (Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr (LRV)); Materie und Technologien; Von Materie zu Materialien und Leben (beide Materie)

Das Querschnittsthema Strahlenforschung (CCA-RR) wurde in Vorbereitung auf PoF III mit dem Ziel gegründet, die Sichtbarkeit und Vernetzung der Aktivitäten in den verschiedenen Programmen und Forschungsbereichen zu verbessern. Für PoF IV wurde CCA-RR neu strukturiert und deutlich erweitert, so dass nun neun Zentren aus allen sechs Forschungsbereichen der Helmholtz-Gemeinschaft beteiligt sind.



In 2023 wurde ein White Paper zur Strahlenforschung erstellt. Wir haben darin zunächst einen detaillierten Überblick über die Forschungsaktivitäten und die damit verbundenen Infrastrukturen innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft gegeben. Hauptthemen sind: Strahlenschutz, nukleare Entsorgung, Strahlenschutz im Weltraum, Radioökologie, Bildgebung, Nuklearmedizin und Strahlentherapie. Wir haben 15 große Infrastrukturen untersucht, die derzeit in Helmholtz-Zentren in Betrieb sind, und 8, die sich im Bau befinden.

Schlussfolgerung des Dokuments ist, dass die Strahlenforschung ein Markenzeichen der Helmholtz-Forschung ist. Sie wird in vielen verschiedenen Zentren aktiv betrieben und hat zu herausragenden Ergebnissen geführt, die die Leistungsfähigkeit der Helmholtz-Infrastrukturen und das translationale Potenzial ihrer Forschung belegen. Zukünftige Fortschritte können durch die Verknüpfung der derzeit in separaten Forschungsprogrammen laufenden Strahlenforschungsaktivitäten gefördert werden. Programmübergreifende Aktivitäten in Strahlenschutz, Radioökologie und Strahlenmedizin können Helmholtz zur führenden Strahlenforschungsorganisation in Europa machen.

[1] F. Becker et al., *Cross-Cutting Activity Radiation Research – White paper*. GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, 2023. DOI:10.15120/GSI-2023-00685. Available online at: [https://www.gsi.de/work/forschung/biophysik/qa\\_strahlenforschung](https://www.gsi.de/work/forschung/biophysik/qa_strahlenforschung)

### **3.5. Querschnittsthema 5: Sector Coupling Energy – Mobility**

- Koordinierende Sprecher: Christian Sattler, Carsten Hoyer-Klick, Meike Jipp (alle DLR)
- Beteiligte Programme: Verkehr (Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr (LRV)), Energy System Design (Energie), MTET (Energie)

Zwischen dem Programm ESD und dem Programm Verkehr wurde in verschiedenen Themen zusammengearbeitet. Im Rahmen der integrierten Modellierung des Energie- und Verkehrssystems wurden die Wechselwirkungen von Preissignalen aus dem Energiesystem und systemfreundlichen Ladeverhalten analysiert. Für eine verbesserte Abbildung der Rückspeisung aus Fahrzeugen (V2G) müssen Ladeentscheidungen des Energiesystemmodells mit einer virtuell aggregierten Batterie zurück auf die einzelnen Fahrzeuge disaggregiert werden. Dazu wurden erste Disaggregationskonzepte entworfen. Ebenso wurde das agentenbasierte Strommarktmodell AMIRIS in die Modellkopplung mit aufgenommen, um Wirkungen des Ladens und Rückspeisens im Strommarkt betrachten zu können. In einer Regionalen Analyse wurden für das Standgebiet Oldenburg Aussichten und Wirkungen von Schnellladestationen im Stadtgebiet untersucht. In einer anderen Untersuchung wurden Methoden zur optimalen Allokation von Schnellladesäulen unter der Berücksichtigung von Netzanschlusskosten erweitert. Für die europäische Modellierung wurden neue Methoden zur Disaggregation von Verkehrsströmen entwickelt. Im Rahmen der ökonomischen Modellierung wurden Einflüsse der COVID-Krise auf das Mobilitätsverhalten und dessen Energieverbrauch untersucht. Im Bereich der Fahrzeugtechnologien wurden Optionen für die Rückspeisungen von Strom und Wärme aus einem Brennstoffzellenfahrzeug weiter untersucht.

## **Innovationspoolprojekte**

### **3.6. Innovationspoolprojekt 1: Energiewende und Kreislaufwirtschaft**

- Koordinierender Sprecher: Veit Hagenmeyer (KIT)
- Beteiligte Programme: ESD, MTET; beteiligte Zentren: FZJ, HZDR, KIT

Das Innovationspoolprojekt **"Energiewende und Kreislaufwirtschaft: Dekarbonisierung und Flexibilisierung energieintensiver Recyclingprozesse"** befasst sich mit der Entwicklung von Methoden und Modellen für das Design und den Betrieb energieintensiver Recyclingprozesse und der damit verbundenen Netzintegration sowie der (stofflichen) Wertschöpfungskettenintegration.

Im Rahmen des Arbeitspakets "Ressourceneffizienz, Dekarbonisierung und Lastmanagement" wurde die theoretische Fähigkeit von Prozessen, die für die Verarbeitung von Primär- und Sekundärrohstoffen typisch sind und ein hohes Elektrifizierungspotenzial aufweisen, zur Bereitstellung von nachfrage-seitiger Flexibilität (Demand Side Flexibility) im Stromnetz bewertet. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Parameter auf Technologiebasis definiert, um die Verfügbarkeit für bestimmte Netzdienstleistungen und Strommärkte zu beurteilen, sie in Stromnetzsimulationsmodelle einzubeziehen und ihre wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen zu quantifizieren. Die Parameter wurden für Prozesseinheiten bewertet und quantifiziert. In einer ersten integrierten Betrachtung von Prozessketten zur Herstellung von neuartigem Belite-Zement und Sekundärkupfer konnten die Wechselwirkungen mit elektrischen Netzen und Märkten untersucht werden: Flexibilität geht nur mit betrieblichen Einschränkungen (Kapazitätsanforderungen), Kompromissen bei der Produktqualität und zusätzlichen Kosten (Pufferkapazitäten, Personal) einher. Die Quantifizierung dieser Wechselwirkungen erfordert eine Untersuchung, wie ein bestimmter Prozess mit den Stromnetzen verbunden werden kann. Auch müssen die Prozessschritte bei dem neuartigen Zementherstellungsprozess noch reifen, um einen angemessenen Maßstab zu erreichen und Flexibilität zu bieten. Für eine erste vorläufige Bewertung des Demand-Response-Potenzials der Belite-Produktion wurde ein Resource-Task Network (RTN) Modell entwickelt.

Im Arbeitspaket "Netzintegration" wurde eine Echtzeit-Co-Simulation des Stromnetzes und der generischen Prozesse realisiert und als Ergebnis das Blindleistungspotenzial der industriellen Prozessplanung am Beispiel der Kupferproduktion untersucht. Im Hinblick auf Regelungsstrategien für Stromrichter wurden Möglichkeiten der Lastverteilung in DC-Microgrids auf der Grundlage der differentiellen Flachheit modelliert.

### 3.7. Innovationspoolprojekt 2: Solarer Wasserstoff – hochrein und komprimiert

- Koordinierende Sprecher: Olivier Guillon und Jens Harting (beide FZJ)
- Beteiligte Programme: MTET; beteiligte Zentren: DLR, FZJ, HZB, HZDR, KIT, IPP

Das Innovationspool-Projekt „**Solarer Wasserstoff – hochrein und komprimiert**“ zielt darauf ab, wesentliche wissenschaftliche Erkenntnisse und tragfähige Technologien für die Umwandlung von Sonnenenergie in grünen Wasserstoff bereitzustellen.

Hierzu werden verschiedenartige Elektrolysezellen oder Methoden basierend auf thermochemischen und pyrolytischen Prozessen entwickelt und getestet, wobei der Schwerpunkt auf Materialien, Effizienz und Lebensdauer liegt. Die Parameter für fehlerfreies Foliengießen und anschließendes Sintern von planaren keramischen protonleitenden Elektrolysehalbzellen wurden optimiert. Es wurden innovative Betriebsstrategien für solar erzeugten H<sub>2</sub> mit Festoxid-Elektrolyseuren unter dynamischen Druckbedingungen untersucht. Das Reaktordesign zur thermochemischen H<sub>2</sub> Produktion wurde verbessert und die grundsätzliche Machbarkeit demonstriert. Die Nutzung von Plasmen in Kombination mit einer H<sub>2</sub>-Trennung ermöglichen die Methanersetzung und die Ammoniakproduktion. Eine PEM-basierte elektrochemische H<sub>2</sub>-Pumpe mit einem neuen Design erreichte höhere Drücke und Betriebstemperaturen (und Gesamteffizienz).

Unterstützt werden die experimentellen Arbeiten durch Strömungssimulationen. Der Einfluss der Gas-blasendynamik auf die Effizienz eines Elektrolyseurs wurde untersucht, wie in membranlosen Alkali-Elektrolyseuren. Eine moderate Erhöhung des Drucks führt zu einer Verringerung der Verluste. Mögliche Elektrodengeometrien wurden mit Hilfe einer neu entwickelten Lattice-Boltzmann Methode für Fluidgemische unter reaktiven Bedingungen optimiert.

### 3.8. Innovationspoolprojekt 3: Modulare Reaktoren

- Koordinierender Sprecher: Victor Hugo Sanchez-Espinoza (KIT)
- Beteiligte Programme: NUSAFE; beteiligte Zentren: FZJ, HZDR, KIT

Das Innovationspoolprojekt **"Sicherheitsbewertung von generischen kleinen modularen Reaktoren (SMR)"** zielt darauf ab, fortschrittliche rechnergestützte Werkzeuge bereitzustellen, die in der Lage sind, Sicherheitsanalysen für SMRs durchzuführen, die in Europa gebaut werden sollen.

Im abgelaufenen Jahr wurden Analysen postulierter Störfälle mit dem gekoppelten System DYN3D/ATHLET durchgeführt. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf der Analyse eines Frischdampfleitungsbruches, bei dem die Interaktion des Reaktorkerns mit den Komponenten des Primär- und Sekundärkreislaufes eine wichtige Rolle spielt. Damit konnten alle Teile der erstellten Eingabedatensätze erfolgreich getestet werden. Die dafür notwendige Bibliothek von Wirkungsquerschnitten war mit dem Programm SERPENT erzeugt worden. Das gekoppelte Codesystem PARCS/TRACE/TWOPORFLOW wurde auf das Anlagenverhalten des NuScale-Primärkreises und auf die Analyse eines Steuerstabauswurfs im NuScale-Kern auf Knoten-/Kanalebene angewandt und erzielte gute Ergebnisse. Darüber hinaus wurde TWOPORFLOW (TPF) zum ersten Mal eingesetzt, um stationäre Simulationen eines SMR-Kerns auf Brennstab- und Unterkanal-Ebene durchzuführen, die die Vorhersage lokaler Sicherheitsparameter in akzeptabler Rechenzeit ermöglichen. Die Validierung von TPF anhand von SMR-relevanten Daten über die Querströmung im Kern, die in der finnischen Versuchsanlage MOTEL gewonnen wurden, wurde erfolgreich durchgeführt. Mit den Vermischungsmodellen wurde eine gute Übereinstimmung der TPF-Vorhersagen mit den experimentellen Daten erzielt. Um CFD-Analysen des Containment-Verhaltens einschließlich passiver Sicherheitssysteme wie Kondensatoren oder Druckminderungssysteme verschiedener Auflösung zu ermöglichen, wurde ein semi-implizites Code-Kopplungsschema auf der Grundlage des Functional Mockup Interface 2.0 Standards implementiert und verifiziert. Eine erste Validierung anhand des Experiments Poolex Mix05 (LUT, Finnland) hat dessen Robustheit und Effizienz erfolgreich unter Beweis gestellt. Derzeit wird die Codekopplung durch eine domänenübergreifende Methode ergänzt, um die Simulation der Sekundärseite des Kühlsystems mit einem Systemansatz und der Containment-Seite mit CFD zu ermöglichen. Des Weiteren haben die Analysen der THAI-SMR-Experimente zur externen Kühlung von unter Wasser befindlichen Sicherheitsbehältern mit containmentFOAM begonnen.

## Innovationsplattform

### 3.9. Innovationsplattform SOLAR TAP

- Koordinierender Sprecher: Christoph Brabec (FZJ)
- Beteiligte Programme: MTET; beteiligte Zentren: FZJ, HZB, KIT

Die **Innovationsplattform Solar TAP** wurde mit dem Projektbeginn im März zügig aufgebaut. Kern der Plattform sind die existierenden Forschungsinfrastrukturen an den beteiligten Helmholtz-Zentren, welche im Rahmen von Solar TAP über einen Stage-Gate Prozess und eine gemeinsame Roadmap miteinander verbunden werden. Parallel dazu wird ein Industrie-Netzwerk aufgebaut mit dem Transferaktivitäten im Rahmen von kleinen Projekten durchgeführt werden.

Für die Forschungsinfrastrukturen in Solar TAP sind die Principal Investigators (PIs), die Leiter der Infrastrukturen, verantwortlich. Bereits im Februar, vor dem offiziellen Projektstart, trafen sich die PIs, um eine Governance und eine Austauschstruktur zu entwerfen, welche die Grundlage für die Kooperationsvereinbarung der Zentren bildet. Diese wurde im Oktober durch alle Zentren verabschiedet. Seitdem tauschen sich die PIs untereinander monatlich aus. Eine General Assembly als „live Treffen“ hat bisher 3x stattgefunden. Darüber hinaus wurde aus dem Kreis der PIs ein Steering Committee berufen, das als Schnittstelle zu den Administrationen der Zentren fungiert und die Innovationsplattform nach Innen und Außen repräsentiert. Weiterhin wurden direkt nach Projektstart Arbeitsgruppen zu den Themen der Entwicklung des Stage-Gate-Prozesses, des Digitalen-Zwillings, der gemeinsamen Dateninfrastruktur und der Transferstrukturen von den PIs gebildet. Für die täglichen Belange der Innovationsplattform und als Kontakt für alle Beteiligten wurde die Stelle des Solar TAP Managers geschaffen.

Mit dem Aufbau des Industrienetzwerks wurde begonnen nachdem die ersten internen Strukturen geschaffen waren. Hierfür wurden zunächst zwei Informationssessions als Videokonferenzen durchgeführt um interessierte Industriepartner über die Möglichkeiten von Solar TAP zu informieren. In diesem Zuge wurden die ersten „Solar TAP Industry Day“ Events mit jeweils 60 Teilnehmenden im Juli und 76 Teilnehmenden im Oktober durchgeführt. Die Termine wurden auch genutzt um den Prozess für die Erarbeitung der Solar TAP Roadmap voranzutreiben. Das Solar TAP Netzwerk, welches regelmäßig zu Solar TAP informiert, besteht mittlerweile aus 177 Akteuren, von denen 112 aus der Industrie kommen.

Um die Innovationsplattform nach außen zu repräsentieren und eine Marke rund um Solar TAP aufzubauen wurde im Rahmen des Innovationscoachings eine Corporate Identity und ein Logo erarbeitet. Außerdem wurden eine Internetseite ([solar-tap.com](https://solar-tap.com)) und ein LinkedIn-Kanal erstellt. Im Rahmen des Innovationscoachings wurde darüber hinaus die VDI/VDE Innovation + Technik GmbH beauftragt um eine Marktstudie für Multi-Benefit PV zu erstellen und um aktiv den Roadmapping Prozess im Rahmen von Solar TAP voranzutreiben.

Der weitaus wichtigste Bestandteil von Solar TAP sind die Transferaktivitäten, welche mit den Solar TAP Ressourcen schnell und flexible begonnen werden können, im ersten Jahr waren es bereits 17 Transferprojekte.

## **Zeitenwendeprojekte**

Als direkte Reaktion auf den russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine hat Helmholtz Energy in 2022 vier Initiativen zur **Zeitenwende Energieversorgungssicherheit** entwickelt:

- Beschleunigter Transfer der nächsten Generation von Solarzellen in die Massenfertigung
- Geotechnologien für eine Zeitenwende in der Energieversorgung in Deutschland
- Helmholtz-Plattform zum Design robuster Energiesysteme und Rohstoffversorgung
- Rohstoffsicherung durch flexible und nachhaltige Schließung von Stoffkreisläufen

Die Initiativen werden aus ungebundenen Pakt-Mitteln mit insgesamt 25 Mio. € gefördert und beschleunigen innerhalb von 3 bis 5 Jahren die Entwicklung von Technologien zur Marktreife. Weitere Informationen können der [Broschüre Zeitenwende Energieversorgungssicherheit](#) entnommen werden.

### **3.10. Zeitenwendeprojekt 1: Beschleunigter Transfer der nächsten Generation von Solarzellen in die Massenfertigung**

- Koordinierender Sprecher: Steve Albrecht (HZB)
- Beteiligte Programme: MTET; beteiligte Zentren: HZB, FZJ, KIT

Das **Zeitenwende Projekt „Beschleunigter Transfer der nächsten Generation von Solarzellen in die Massenfertigung“** adressiert die Expansion der solaren Energiegewinnung. Das Hauptziel des Projekts ist die fokussierte F&E zentraler Technologieschritte, die für den Aufbau mehrerer Tandemsolarzellen-Produktionsstätten in Deutschland und Europa wichtig sind. Die beteiligten Zentren sind hervorragend positioniert, um mit führenden lokalen Unternehmen eine neue hocheffiziente Tandem-PV Technologie in den Markt zu bringen und somit den weltweiten Vorsprung in der Technologieentwicklung zu sichern und erheblich zur unabhängigen Energieversorgung beizutragen, während die volle Wertschöpfungskette innerhalb der EU verbleibt.

Mit Tandemsolarzellen, bei denen zwei Solarzellen aufeinandergestapelt werden, können aufgrund der besseren Ausnutzung des Sonnenspektrums deutlich höhere Wirkungsgrade erzielt werden. Das HZB konnte bereits mehrere Weltrekordwirkungsgrade (zuletzt 32.5%) für die kostengünstige Erweiterung der marktdominierenden Siliziumsolarzellen um Perowskitsolarzellen erreichen.

Der Transfer der Prozesse für die Siliziumzelle vom M2-Waferformat auf der Industrierelevanteren M6 Format konnte erfolgreich durchgeführt werden. Verschiedene industrierelevante Anpassungen der Siliziumzelle wie z.B. die Änderung der texturierten Oberfläche, welche effizientere Perowskitprozesse erlauben, werden aktuell evaluiert.

Ko-verdampfte Perowskit-Absorber mit 1.68 eV Bandlücke wurden aus der HyPeroVap transferiert und können nun in der KOALA auf M6 Fläche homogen abgeschieden werden. Erste Einzelsolarzellen mit diesem Absorber auf kleiner Fläche erreichen Wirkungsgrade von ~15%.

Mehrere Methoden zur Herstellung der Perowskitsolarzelle oder Teile davon werden auf Industrierelevanz (Skalierbarkeit, Effizienz, Langzeitstabilität, etc.) geprüft. Skalierbare Methoden konnten in tandemrelevanten Perowskitsolarzellen bereits 19% Effizienz erreichen. Dabei wird die anorganische Schicht zunächst mittels thermischen Verdampfens abgeschieden und anschließend durch die nasschemische Abscheidung (inkjet printing) von organischen Bestandteilen in den gewünschten Perowskiten umgewandelt. Dieser Prozess wird unter anderem in Tandemzellen mit dem Industriepartner MeyerBurger eingesetzt.

Der Erfolg und die Wichtigkeit des Themas wurde jüngst durch die Vergabe des Helmholtz High-Impact Award aufgezeigt: Steve Albrecht, Antonio Abate und Eva Unger vom HZB sowie Michael Saliba vom FZJ wurden mit dem Helmholtz High-Impact Award für Ihre gemeinschaftliche Arbeit an Perowskitsolarzellen ausgezeichnet.

### 3.11. Zeitenwendeprojekt 2: Geotechnologien für eine Zeitenwende in der Energieversorgung in Deutschland (GEOZeit)

- Koordinierende Sprecherin: Eva Schill (KIT)
- Beteiligte Programme: MTET (Energie); Changing Earth - Sustaining our Future (Erde und Umwelt); beteiligte Zentren: KIT, GFZ

Das **Zeitenwende-Projekt „Geotechnologien für eine Zeitenwende in der Energieversorgung in Deutschland (GEOZeit)“** zielt darauf ab, großvolumige Potenziale zur energetischen und stofflichen Speicherung im tiefen Untergrund zu identifizieren und für die erneuerbaren Energieträger nutzbar zu machen. Ein wesentlicher Aspekt dabei ist die Beschleunigung der Energiewende durch Wissens- und Technologietransfer aus der fossilen Nutzung des Untergrundes, sowie der direkte Transfer aus den Forschungsinfrastrukturen der Helmholtz-Gemeinschaft zu industriellen und kommunalen Versorgern mit einer entsprechenden Hochskalierung.

Während am GFZ mit dem Teilprojekt HyPrepare der Umbau des Pilotstandortes Ketzin zur Wasser-stoffspeicherung vorbereitet und mit Laborexperimenten unterstützt wird, fokussiert sich das KIT auf den Wissenstransfer aus der Forschungsinfrastruktur DeepStor für Wärmespeicherung im Zusammenhang mit einer Fernwärmeversorgung. Für die Hochskalierung ist die Prognose von hydraulischen Durchlässigkeiten in entsprechenden geologischen Schichten entscheidend. Das KIT hat dazu auf Basis elektrischer Daten und Temperaturdaten des ehemaligen Erdölfeldes Leopoldshafen, das direkt an die Forschungsinfrastruktur DeepStor angrenzt, eine Methodik entwickelt, die auch deren Unsicherheiten beschreibt. Auf Basis der Auswertung der Daten aus weiteren Kohlenwasserstofffelder des Oberrheingrabens wird die Prognose derzeit auf den Bereich des Fernwärmenetzes der Stadt Karlsruhe mit einem Speicherbedarf von bis zu 200 GWh pro Jahr ausgedehnt. Diese dient vor allem zur Deckung der Mittellast. Erste Auswertungen zeigen ein Speichervolumen, das sich mit dem Verlauf des Fernwärmenetzes im Nordwesten des Versorgungsgebietes deckt. Für eine sichere Speicherung wurden Nutzungsszenarien numerisch auf ihre Auswirkungen an der Oberfläche, z.B. Hebungen und Senkungen bzw. induzierte Seismizität hin untersucht und optimiert.

### 3.12. Zeitenwendeprojekt 3: Helmholtz-Plattform zum Design robuster Energiesysteme und Rohstoffversorgung (RESUR)

- Koordinierender Sprecher: Veit Hagenmeyer (KIT)
- Beteiligte Programme: ESD; beteiligte Zentren: KIT, FZJ, DLR

Die Gründung der Helmholtz-Plattform **RESUR** erfolgte als Reaktion auf geopolitische Unsicherheiten, insbesondere den russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine, zur Stärkung der Energieversorgungssicherheit Deutschlands. RESUR, als Analyse- und Beratungsplattform, vereint Modelle aus Energiesystemen, Wirtschaft und Gesellschaft, um politischen Entscheidungsträgern effektive Werkzeuge für die Bewertung der Auswirkungen disruptiver Ereignisse bereitzustellen. Der Fokus richtet sich hierbei auf kurzfristige Handlungsempfehlungen, besonders bei aktuellen Ereignissen. Die Grundlage schaffen die Expertise und die vorhandenen Modelle, Daten und Softwarewerkzeuge des Programms ESD. Die Helmholtz-Gemeinschaft ist somit fähig, ein „Re-bundling“ (co-)simulativ umzusetzen, um diejenigen Teile des Energiesystems wieder systemisch in der Simulation zu verknüpfen, die durch juristische Vorgaben keinen direkten Datenaustausch pflegen dürfen, wie z. B. die Übertragungsnetzbetreiber

(ÜNBs) mit den Energieversorgern und untereinander sowie mit den entsprechenden Verteilnetzbetreibern.

Die Erfassung der 25 in RESUR einsetzbaren Modelle und deren zeitliche und räumliche Auflösung sowie deren Domain wurde abgeschlossen. Ebenso wurden 170 mögliche disruptive Ereignisse identifiziert, klassifiziert und in einer Datenbank zur Verfügung gestellt. Erste Tests zur Modellkopplung an die Simulationsplattform haben stattgefunden. Die Entwicklung umfangreicher Modelle für Deutschland wurde intensiviert, um die Auswirkungen disruptiver Ereignisse detailliert bewerten zu können. Durch die Erweiterung des geographischen Umfangs und der Modelltiefe lassen sich nun weitere Bereiche Deutschlands in die Analysen einbeziehen. In einer projektweiten Übung wurde ein Hitzewellen-Szenario für Deutschland erstellt und eine Analyse mit Hilfe von physikalischen, gesellschaftlichen und ökonomischen Modellen durchgeführt. Die Ergebnisse der Übung und die Projektfortschritte fanden große Anerkennung von den Industriepartnern beim durchgeführten Sounding Board Treffen.

### **3.13. Zeitenwendeprojekt 4: Rohstoffsicherung durch flexible und nachhaltige Schließung von Stoffkreisläufen**

- Koordinierender Sprecher: K. Gerald van den Boogaart (HZDR)
- Beteiligte Programme: MTET; beteiligte Zentren: HZDR, KIT

Die deutsche und europäische Industrie ist bei vielen stofflichen Rohstoffen von Importen aus Russland und anderen autokratisch regierten Ländern abhängig. Insbesondere Kunststoffe werden direkt aus importierten Energierohstoffen hergestellt und können als Energieträger nur mit geringem Wirkungsgrad verwertet werden. Auch der Aufbau erneuerbarer Energiesysteme im Rahmen der Energiewende gelingt nur, wenn genügend Materialressourcen verfügbar sind. Durch Recycling können erhebliche Energiemengen eingespart und von diesen Ländern unabhängige nachhaltige und energiesparende Rohstoffquellen bereitgestellt werden. Dazu werden in diesem Projekt relevante Schlüsseltechnologien des Recyclings zur Industriereife gebracht.

In den ersten 16 Monaten wurde bereits Einiges erreicht: Der Demonstrator für die flexible modelprädictiv gestützte Aufbereitung wurde in seiner Grundfunktion in enger Kooperation mit Industriepartnern aufgebaut (Meilenstein 1.1) und befindet sich in der Probetriebsphase mit Schwarzmasse aus dem Batterierecycling. In den nächsten Schritten soll der Demonstrator insbesondere um weitere Prozesse (Zerkleinerung, Magnetseparation und sensorbasiertes Sortieren) und Sensortechnik ergänzt werden, um die Bandbreite der Eingangsstoffe zu erhöhen. Für die Erprobung solcher innovativeren Messverfahren wurde der 3-Phasen Prüfstand VertiCo entwickelt und erfolgreich in Betrieb genommen (Meilenstein 1.2). Eine elektrische Drahtgitter-Sensorik zur Steuerung und Überwachung von Mehrphasenprozessen, wie der Flotation, wurde darin erprobt und erfolgreich kalibriert. Diese Messtechnik konnte bereits erfolgreich in pilotskaligen Flotationszellen gemeinsam mit FLSmidth eingesetzt werden. Weiterhin wurde eine innovative Ultraschall-Messtechnik zur Bestimmung von Gasgehalt und Blasengrößenverteilung in solchen Systemen entwickelt und erfolgreich getestet. Für den nächsten Schritt der chemischen Aufbereitung wurde für beide Teile der Waste-to-Chemicals (W2C) Demonstrationsanlage, Kunststoffpyrolyse in der Wirbelschicht und Pyrolyseölhydrierung/katalytische Produktaufbereitung, die Planung jeweils mit industriellen Partnern durchgeführt und abgeschlossen (Meilenstein 1.3). Aktuell findet die Beschaffung der Teilanlagen statt, die dann in das Carbon Cycle Lab integriert werden. Softwareseitig wurden Mikrostruktur- und Zerkleinerungsmodelle für die partikelbasierte Simulation von Aufbereitungsprozessen entwickelt.

Weiterhin konnten für die Stromtomographie erfolgreich Algorithmen zur Rekonstruktion der Leitfähigkeits- und Stromdichteverteilung in einem Mehrphasengemisch entwickelt werden. Die bisher in einer numerischen Studie entwickelte Messtechnik wird aktuell experimentell validiert. In Kooperation mit der Firma Linde wird geprüft, wie die Stromtomographie zur Überwachung und Regelung von Wasserelektrolyseuren kommerzialisiert werden kann.

## 4. Strategische Themen

Die an Helmholtz Energy beteiligten Helmholtz-Zentren treiben im Forschungsbereich und seinen Programmen auch die strategischen Themen Talentmanagement, Vernetzung, Drittmitteleinwerbung, Forschungsinfrastrukturen sowie Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft voran. Im Folgenden sind jeweils ausgewählte Beispiele dargestellt. Weitere Beispiele sind in den einzelnen Programmfortschrittsberichten genannt.

### 4.1. Talentmanagement

Wie oben im Kap. 2 genannt, nehmen das Talentmanagement und die Chancengleichheit in den Zentren von Helmholtz Energy eine wichtige Rolle ein. Aktuelle Beispiele sind:

Im September wurde ein **gemeinsamer Promovierenden-Workshop der Programme Energiesystemdesign (ESD) und Materialien und Technologien für die Energiewende (MTET)** durchgeführt, an dem sich rund 50 Promovierende beteiligten. Zielsetzung war neben dem fachlich-inhaltlichen Austausch die programmübergreifende Vernetzung und der „Blick über den Tellerrand“ in andere Forschungsthemen.

Die im Rahmen des Helmholtz Sustainability Challenge-Projekts **FINEST** (2022–2027, 5 Mio. €; HZDR (Koord.), KIT, HZB, UFZ, TUBAF, Uni Greifswald) geplante **Graduiertenschule zur Ausbildung für effizientes Ressourcenmanagement** konnte 2023 mit zwölf Promovierenden gestartet werden.

Die **Research School NETs@Helmholtz** wurde unter dem Dach des vor kurzem im Rahmen der Helmholtz Sustainability Challenge gestarteten Helmholtz-Projekts **DACStore** "A Comprehensive Approach to Harnessing the Innovation Potential of Direct Air Capture and Storage for Reaching CO<sub>2</sub>-Neutrality" eingerichtet.

Die vom FZJ angeführte **Graduiertenschule „Helmholtz School for Data Science in Life, Earth, and Energy“** (HDS-LEE) wurde im Frühjahr 2023 positiv durch internationale Gutachter evaluiert und im Herbst durch die Mitgliederversammlung der Helmholtz Gemeinschaft versterktigt, zunächst bis Ende 2029. HDS-LEE leistet einen wesentlichen Beitrag zur Nachwuchsförderung in den Bereichen Datenwissenschaften, Maschinelles Lernen und Künstliche Intelligenz und bildet Promovierende an der Schnittstelle von Methoden- und Domänenforschung aus. Die RWTH Aachen, die Universität zu Köln, das DLR-Institut für Softwaretechnologie in Köln und das Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf sind Teil des Konsortiums.

**Doktorandenkolloquium und eine Sommerschule fanden am DLR zu konzentrierenden Solartechnologien** mit Partnern aus 6 europäischen Ländern im Rahmen des EU-Projekts SFERA 3 statt.

Dr. Anna Vanderbruggen (HZDR) wurde am 27.03.2023 mit dem MEI (**Minerals Engineering International**) **Young Person's Award 2022** für ihre innovative Methode zum Recycling von Graphit aus gebrauchten Lithium-Ionen-Batterien ausgezeichnet.



Dr. Marie-Alix Pizzoccaro-Zilamy (FZJ) ist seit April Leiterin der neu eingerichteten **BMBF Nanomat-futur-Gruppe "Nanostrukturierte Membranen"** und Professorin an der Universität Twente. Sie erforscht hybride Lösungen zur Wasserstoff- und CO<sub>2</sub>-Trennung.

Im Rahmen der Initiative zur „Förderung von Nachwuchsgruppen in der nuklearen Sicherheitsforschung an deutschen Hochschulen“ des BMUV konnte sich das Projekt **RIMANUS** durchsetzen. Für die nächsten drei Jahre erhält die **Nachwuchsgruppe** unter Leitung von Dr. Michael Wagner am HZDR 1,28 Mio. Euro. Im Mittelpunkt steht die Weiterentwicklung und Nutzung innovativer Bildgebungsverfahren für aktuelle Fragestellungen aus der Reaktorsicherheitsforschung sowie der Überwachung von Kernbrennstoffen.

Prof. Dr. Kristina Kvashnina konnte sich bei der Helmholtz-Rekrutierungsinitiative erfolgreich durchsetzen. Im Rahmen der deutschlandweit **einzigartigen internationalen gemeinsamen Berufung** zwischen der Université Grenoble Alpes (UGA) und HZDR ist sie seit September 2023 Professorin an der UGA und gleichzeitig Abteilungsleiterin am HZDR-Forschungsstandort Grenoble (ROBL an der ESRF).

Dr. Sonia Dsoke hat zum 1. Oktober 2023 die **W3-Professur** für „Elektrochemische Energieträger und Speichersysteme“ am INATECH der Universität Freiburg angetreten. Die Chemikerin war zuvor Leiterin einer multidisziplinären Arbeitsgruppe am KIT, sowie Sprecherin des Bereichs A - Elektrodenmaterialien im Exzellenzcluster POLiS.

ESD-Alumnus Leonardo Rydin Gorjão wurde am 1. Januar 2023 zum **Professor** an der Norwegischen Universität für Umwelt- und Biowissenschaften (NMBU) ernannt. Seine Karriere zeigt exemplarisch den intensiven Austausch innerhalb des ESD-Programms und die herausragende wissenschaftliche Qualität. Nach seiner Promotion am Forschungszentrum Jülich im Jahr 2021 war er als Postdoktorand am DLR tätig und später als Gastwissenschaftler am KIT. Seine Berufung erfolgte weniger als zwei Jahre nach Abschluss der Promotion.

Benjamin Schäfer, der seit 2022 eine Helmholtz YIG am KIT leitet, wurde im Mai 2023 zum **Tenure-Track Professor** für „Künstliche Intelligenz für das Energiesystem“ an der KIT-Fakultät für Informatik ernannt.

Die **Tenure Track Professur** von Giovanni De Carne, Leiter der Helmholtz-Nachwuchsgruppe "Hybride Netze", wurde in 2023 positiv evaluiert. Die Gruppe befasst sich mit dem Design, der Steuerung und der experimentellen Erprobung zukünftiger Energiesysteme.

Dr. Fatwa F. Abdi, ehemaliger stellvertretender Leiter des Instituts für Solare Brennstoffe am HZB, hat einen Ruf auf eine **associate Professorship** an der City University of Hong Kong in der School of Energy and Environment erhalten.

Natalia Mayordomo Herranz (HZDR) wurde zum **Young Investigator der TU Dresden** ernannt. Der Status „TUD Young Investigator“ stärkt die Position exzellenter, unabhängiger Nachwuchsgruppenleiter:innen am Wissenschaftsstandort Dresden durch eine stärkere Einbindung in die Fakultäten und ein spezifisch auf sie zugeschnittenes Qualifikationsangebot.

Prof. Dr. Yulia Arinicheva Skåtun (FZJ) wurde an die Western Norway University of Applied Sciences, Fachbereich Sicherheit, Chemie und biomedizinische Laborwissenschaften **berufen**.

Gefördert durch EUROfusion nahmen im Berichtsjahr [2023] fünf **Nachwuchsstipendiaten** (IPP: 3 ERG und 1 EEG, FZJ: 1 EEG) ihre Tätigkeit an einem der Zentren auf: Mit den „**Engineering Grants** (EEGs)“ und „**Bernard Bigot Researcher Grants** (ERGs)“ sollen exzellente

promovierte junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen Anschub für eine Karriere in der Fusionsforschung erhalten.

## 4.2. Vernetzung

Vernetzung ist ein wesentlicher Baustein der Arbeit in Helmholtz Energy. Entsprechende Aktivitäten fanden sowohl innerhalb des Forschungsbereichs wie auch auf nationaler und internationaler Ebene statt.

Unter dem Titel „Tackling the Global Challenges for the Energy Transition“ traf sich der Forschungsbereich Energie am 12.-13. Juni 2023 in Koblenz zur ersten **Helmholtz Energy Konferenz**. Die vom Helmholtz Energy Office organisierte, Helmholtz-interne Konferenz bot über 330 Forschenden aus den beteiligten Helmholtz-Zentren sowie Kooperationspartnern aus den anderen Forschungsbereichen die Möglichkeit, in interdisziplinären wissenschaftlichen Sessions gemeinsam die Herausforderungen und jüngsten Fortschritte der Energieforschung zu diskutieren sowie sich weiter zu vernetzen. Mehr Informationen zur Helmholtz Energy Konferenz 2023.

Aktuelle Beispiele für die **nationale und internationale Vernetzung** sind:

Im Rahmen einer **Helmholtz-Delegationsreise nach Australien** im März 2023 stärkten Vorstände und Forschende aus mehreren Zentren in Helmholtz Energy die Vernetzung mit Australien zu Wasserstoff sowie zu weiteren „green technologies“.

Das KIT hat im Rahmen der Forschungspartnerschaft mit dem **Energy Production and Infrastructure Center (EPIC)** an der **University of North Carolina at Charlotte (UNCC)**, eine langfristige Kooperation zu dem Thema "Resiliente städtische Energiesysteme", aus der eine konkrete Zusammenarbeit mit dem Schwerpunkt "Städtische Microgrids" hervorging, die auch das **National Renewable Energy Lab (NREL)** miteinschließt.

Das HZB startete gemeinsam mit der Humboldt Universität Berlin ein Kooperationsprogramm mit dem **NREL und der Colorado University**, zum Thema Stabilität der Perowskitphotovoltaik. Ein initialer Workshop mit 35 US-amerikanischen und deutschen PIs fand im November in Berlin statt.

Am FZJ (HI ERN) wurden mehrere neue Projekte begonnen, die die weltweite Vernetzung zu PV-Themen verstärken (**Freie Universität Santa Catarina in Brasilien, Nelson Mandela Universität in Port Elizabeth, Südafrika, King Abdullah University of Science and Technology in Saudi-Arabien**).

Das erste **Deutsch-Chilenische Wissenschaftsforum** mit Beteiligung des KIT fand in Santiago de Chile statt. Es wurde eine deutsch-chilenische Arbeitsgruppe gegründet mit dem Ziel, gemeinsame Forschungs- und Demonstrationsprojekte vorzubereiten. Dieser Austausch führte zu einem eingereichten BMBF-Antrag und einer für 2025 geplanten Sommerschule.

Mit dem Modell der „**Brückenprofessuren**“ schafft das HZDR eine institutionalisierte und langfristige Brücke zu einer Partneruniversität im Ausland. Seit Juni 2023 trägt Professor Eugeniusz Zych, Leiter der Gruppe „Luminescent materials“ in der Fakultät Chemie und Vize-Rektor für Forschung an der Universität Breslau, mit seinem chemischen Fachwissen und seinem Interesse an der photophysikalischen Untersuchung des Materials mittels THz-Strahlung zur modernsten Forschung des HZDR auf diesem Gebiet bei.

Forschende des Programms NUSAFE aus den drei beteiligten Zentren sind Mitglieder in einer Vielzahl von Gremien. Exemplarisch seien hier genannt: **Ausschuss "Radioökologie" der Strahlenschutzkommission** (SSK), European Radioecology Alliance, Steering Committee des Joint Program on Nuclear Materials (JPNM) der European Energy Research Alliance (EERA), deutscher Kompetenzverbund Strahlenforschung, International Group on Radiation Damage Mechanisms (IGRDM), EURADSCIENCE-Exekutivgruppe, European Radioecology Alliance unter Leitung ihrer NORM-Arbeitsgruppe, **Endlagerausschuss (EL) der Entsorgungskommission des Bundes** (ESK), Kuratorium VKTA, GDCh-Fachgruppe Nuklearchemie (stellvertretende Vorstandsvorsitzende) sowie OECD/NEA (Expert Group on Reactor Systems Multi-Physics (EGMUP), Salt Club und Crystalline Club).

Die Zentren IPP, FZJ und KIT sind integraler Bestandteil des von der Europäischen Kommission geförderten **EUROfusion-Konsortiums**, in dem seit 2014 alle europäischen Fusionslabore sowie zahlreiche Universitäten aus 28 europäischen Ländern zusammengeschlossen sind. Das IPP fungiert als Koordinator des Konsortiums, mit der Besonderheit, dass Deutschland mit IPP, FZJ und KIT drei Mitglieder aus einem Land hat. Die Zentren beteiligen sich an allen Missionen der EUROfusion-Roadmap und übernehmen in vielen Projekten eine führende Rolle. Auf internationaler Ebene tragen die deutschen Zentren zur Fertigstellung und Inbetriebnahme von ITER, dem weltweit größten Energieforschungsprojekt, bei, sowohl direkt über Verträge mit ITER als auch über die europäische Agentur Fusion for Energy (F4E), einschließlich Kooperationen mit der Industrie.

Die Zentren organisierten zahlreiche **Workshops und Konferenzen**. Einige Beispiele sind hier genannt:

Im Februar 2023 lud das DLR zum **3<sup>rd</sup> International Workshop on Agent-based Modeling for Energy Economics and Energy Policy (ABM4Energy)** in Stuttgart ein.

Ebenfalls im Februar 2023 war das HZB Gastgeber des 2. **Netzwerktages der Allianz für Bauwerkintegrierte Photovoltaik (Allianz BIPV)**. Knapp 50 Teilnehmende verfolgten Berichte aus der Praxis von Architekturschaffende, Planenden und Fassadenbauern und bekamen darüber hinaus Einblicke in aktuelle Forschungsthemen zu BIPV. Neben einer lebendigen Podiumsdiskussion und der interessanten Wanderausstellung „Gebäudeintegrierte Solartechnik – Architektur und Solarenergie“ besichtigten die Teilnehmenden mit großem Interesse das Reallabor für BIPV des HZB.

Das FZJ etablierte gemeinsam mit dem Austrian Institute of Technology AIT und der RWTH Aachen den **IEEE Workshop OSMSES** "Opensource Modelling and Simulation of Energy Systems", der bereits 2022 und 2023 stattfand.

Das KIT organisierte den internationalen **IEEE eGrid2023 Workshop**, der von 16.-18. Oktober in Karlsruhe mit mehr als 170 Teilnehmenden, davon 1/3 aus der Industrie, stattfand. Der Workshop wurde von der IEEE Power Electronics Society gesponsert und richtete sich an Industrie, Versorgungsunternehmen und Hersteller, um die aktuellen und zukünftigen Trends der Integration von Leistungselektronik ins Energiesystemen zu diskutieren.

Das KIT führte Veranstaltungen im Rahmen der **European Energy Research Alliance (EERA)** mit den Joint Programms e3s und Energy Storage in Madrid (JPs e3s and ES joint workshop „ENERGY FOR THE FUTURE – Exploring not-technical factors for Energy Storage deployment“), Karlsruhe (Workshop on "Energy System Benchmarking for Hybrid Storage") und Wien (Hybrid Energy Storage Days) durch.

Im Mai 2023 trafen sich 300 Forschende aus Sachsen, Tschechien, Polen und weiteren mittel- und osteuropäischen Staaten auf der vom HZDR organisierten **Wissenschaftskonferenz „Building Bridges for the Next Generations“** in Dresden, um sich grenz- und fächerüberschreitend, z. B. im Fachbereich Energie, zu vernetzen und mit Vertretern und Vertreterinnen aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft auszutauschen.

Zusammen mit dem RIFS, dem DKK und der University of Newcastle organisierte das FZJ auf der COP28 in Dubai ein Side Event zum Thema **Green Hydrogen Pathways in Europe & Africa: Sustainable Cooperation for a ‘Net Zero’ Economy**.

Darüber hinaus tragen die in **Kap. 3** genannten programmübergreifenden Aktivitäten zur Vernetzung bei.

#### **4.3. Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft**

Wie oben im Kap. 2 genannt, bringt Helmholtz Energy sich aktiv in die Transferstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft ein. Die Zentren in Helmholtz Energy stellen ihren Forschenden ein breites Spektrum an Transferinstrumenten bereit. Aktuelle Beispiele für Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft sind:

##### **Technologietransfer**

In den vier Initiativen von Helmholtz Energy zur **Zeitenwende Energieversorgungssicherheit** (siehe Kap. 3.10-3.13) werden innerhalb von 3 bis 5 Jahren Lösungen entwickelt und Technologien zur Marktreife gebracht, die essentielle Beiträge zur Versorgungssicherheit leisten. Durch enge Kooperationen mit der Wirtschaft und weiteren Stakeholdern wird ein unmittelbarer Transfer der Ergebnisse in die Anwendung sichergestellt.

Der KIT-Forscher Sebastian Büchele gründete im August 2023 die **"Litona GmbH"**. Die Gründung des **Spin-offs** basiert auf dem erfolgreichen Scale-up von neuen Kathodenmaterialien für Natrium-Ionen-Batterien auf Basis chemisch modifizierter Preußisch Weiß-Derivate, die von Forschern im Materialsyntheselabor der Helmholtz Energy Materials Foundry (HEMF) am KIT entwickelt wurden.

Anfang 2023 wurde die **PreLi GmbH, ein Spin-off** des FZJ, gegründet. Das Unternehmen wird sich künftig mit der Vorbeladung von Batterieelektroden mit Lithiumionen befassen. Diese Präliithierung, die die Energiedichte und Lebensdauer Li-Ionen-basierter Batteriezellen maßgeblich steigert, wurde bisher noch nicht großindustriell umgesetzt, was die Gründer zu gefragten Experten in diesem Gebiet macht.

KIT und IPP unterschrieben Rahmenkooperationsverträge mit mehreren **Fusions-Start-ups**: KIT und IPP mit Proxima Fusion (München), KIT mit Kyoto Fusioneering (Kyoto, Japan), das IPP mit Gauss Fusion (KIT steht hier auch kurz vor der Unterzeichnung) sowie dem US-Unternehmen Commonwealth Fusion (USA). Aufbauend auf zusätzlichen Ressourcen wird dies die Grundlage für gemeinsame Entwicklungen im Bereich der Fusionstechnologie bilden, die das Potenzial haben, die Fusion schneller zur kommerziellen Nutzung zu bringen.

Dr. Richard Gloaguen (HZDR) erhielt den 2. Platz beim **Sächsischen Transferpreis** für den erfolgreichen Transferprozess eines neuartigen, digitalen Kartierungsverfahrens für die nachhaltige Rohstofferkundung (Startup TheiaX). Der TheiaX-Geschäftsführer und ehemalige HZDR-Transfermanager Christian Christesen erhielt als Technologiemittler den Transfer-Sonderpreis.

Am KIT wurde im Jahr 2023 ein **Patent** zur Identifizierung der elektrischen Netzlastparameter angemeldet: M. Courcelle, G. De Carne, Q. Tao, "Method for determining load parameters", EP23195368".

Im Rahmen der **Helmholtz-Innovationsplattform Hi-Acts** wird das Projekt "Test stand for operando battery investigations for industry-relevant cells using synchrotron tomography at high X-ray energies" das Know-how des HZB auf dem Gebiet der Batterietechnologie für zukünftige Kooperationen mit Industrieunternehmen an den DESY-Bildgebungsinstrumenten besser nutzbar machen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes HyReK 2.0 wurde ein **Betriebskonzept für hybride Regelkraftwerke** entwickelt, mit dem Regelleistung als besonders CO<sub>2</sub>-arme Dienstleistung angeboten werden kann. Dafür bewerteten die DLR-Forschenden das Konzept sowohl ökologisch als auch ökonomisch und erstellten ein Simulationsmodell, das das Zusammenspiel von Kraftwerk, Heizwärme und Batteriespeichern optimiert. Das Konzept ist nun auf dem Gelände des Hybridregelkraftwerks der swb AG in Bremen-Hastedt implementiert worden.

Im Rahmen der **Helmholtz-Transferkampagne** wird das Vorhaben MYTOS am HZDR aus Mitteln des Impuls- und Vernetzungsfonds gefördert. Zielstellung ist die Entwicklung der Myonenbildung für die **Überwachung von Industrieprozessen**, technischen Anlagen und Castor-Behältern.

In den ENERCON-geführten Verbundprojekten **IndiAnaWind** und **DampedWEA** wurden Technologien zur direkten Weiternutzung entwickelt und demonstriert, insbesondere Analyse- und Entwurfsmethoden, Profilentwürfe sowie Maßnahmen zur Reduktion von Körperschall. Beide Projekte des DLR liefern einen Beitrag zur Kostenreduktion und Akzeptanz der Windenergie.

Alle Helmholtz-Zentren im ESD-Programm intensivierten im Jahr 2023 die **Zusammenarbeit mit Netzbetreibern**. Beispielhaft sei hier ein gemeinsames Projekt zur szenarienbasierten Analyse der Wahrscheinlichkeit von Fehlerkaskaden und Systemaufspaltungen im europäischen Übertragungsnetz bis 2050 genannt. Wissenschaftler des FZJ entwickelten mit einem deutschen Übertragungsnetzbetreiber ein Simulationsmodell und führten gemeinsam umfangreiche Analysen durch. Dabei wurden Szenario- und Netzdaten des KIT verwendet.

## Wissenstransfer

Beim **Workshop „Energieszenarios weitergedacht: Sozio-technische Perspektiven von Helmholtz Energy“** am 13. Oktober 2023 in Berlin stellte Helmholtz Energy seine Energieszenarien vor und diskutierte diese mit Vertretern und Vertreterinnen der Bundesministerien sowie mit Experten und Expertinnen renommierter nationaler Forschungseinrichtungen.

Helmholtz Energy trägt mit der durch das Helmholtz Energy Office betreuten **Helmholtz Energy Webseite** (<https://energy.helmholtz.de/>), die seit 2023 auch in englischer Sprache verfügbar ist, und mit dem in 2023 eingerichteten LinkedIn Profil [Helmholtz Energy | LinkedIn](#) zum Wissenstransfer bei.

Von Klima-, Umwelt- und Artenschutz über den schonenden Umgang mit Ressourcen bis hin zu globaler Gerechtigkeit: Die zweite **KIT Science Week** stand vom 10. bis 15. Oktober 2023 unter dem Motto **„Zukunft gemeinsam nachhaltig gestalten“**. Sie kombinierte erneut ein hochkarätiges wissenschaftliches Fachprogramm mit vielfältigen öffentlichen Veranstaltungsformaten, an denen etwa 11 000 Besucherinnen und Besucher teilnahmen.

Das **Karlsruher Transformationszentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel (KAT)** am KIT operiert mit seinem Reallabor „Quartier Zukunft – Labor Stadt“ und verschiedenen Forschungs- und Transformationsprojekten an der Schnittstelle von Wissenschaft und Gesellschaft. Mit seinem klar partizipativen und co-kreativen Ansatz und dem Ziel einer „dichten Nachhaltigkeit“ hat es inzwischen als Reallabor der ersten Stunde weltweiten Ruf erlangt und spielt national eine führende Rolle in der Reallaborforschung. Beispielhaft können folgende Projekte für 2023 genannt werden: ZuSkE: Die Zukunft der Sektorkopplung auf kommunaler Ebene – gemeinsam gestalten, bewerten und handeln, in einem engen Austausch mit drei ausgewählten Kommunen in Deutschland (siehe [Presseinformation 104/2023](#)), Mobiles Partizipationslabor (MobiLab) in 2023 in der „Eucor MobiLab Roadshow“ auf Dreiländer-Tour in der Oberrheinregion (siehe [Presseinformation 046/2023](#)). Im Projekt [#climatechallenge](#) wurden 2023 erste Schulungen von Multiplikator:innen für Klimaschutz durchgeführt.

Im Rahmen des vom BMBF finanzierten H<sub>2</sub> Atlas Africa-Projektes erarbeitete das FZJ eine **frei verfügbare Weboberfläche** (<https://africa.h2atlas.de/>).

Durch Erstellung eines **Webtools zur Beurteilung der Auswirkungen von gesetzlichen Regelungen zum Austausch von Heizungen auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß** ([heatingssysteme.fz-juelich.de](https://heatingssysteme.fz-juelich.de)) leistete das FZJ einen Beitrag zum Transfer in die Gesellschaft.

Das **Journalistenkolleg „Energiewende“ der Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina** fand am KIT für 3 Tage statt. Die teilnehmenden Journalistinnen und Journalisten konnten mit Forschenden des KIT in Gesprächsrunden intensiv debattieren, sich ausführlich informieren, die Forschungsanlagen besichtigen und so einen Einblick in die wichtigsten Forschungsfragen und Hintergründe zur Energiewende gewinnen.

Die 2022 in Zusammenarbeit von KIT und FZJ in Nature Communication veröffentlichten Ergebnisse zum Braessschen Paradoxon wurden im Herbst 2023 in einem **populärwissenschaftlichen Artikel** im „Spektrum der Wissenschaft“ der interessierten Öffentlichkeit zugänglich gemacht: <https://www.spektrum.de/news/das-braess-paradoxon-gefaehrdet-das-den-netzausbau-des-stromnetzes/2162694>

Die **Beratungsstelle für bauwerkintegrierte Photovoltaik (BAIP)** des HZB war auch 2023 sehr aktiv bei der Vermittlung von umfassendem Wissen für Architekturschaffende, Planende, Bauverantwortliche und Stadtentwickelnde. Sie beriet in diesem Jahr bei 53 konkreten Planungen und Bauvorhaben und bei journalistischen Recherchen. Darüber hinaus war sie Veranstalter verschiedener Fachworkshops zu BIPV, wie auf den Berliner Energietagen und bei den Hamburger Energielotsen und war medial bei regionalen Radio- und Fernsehsendungen vertreten.

Das DLR ist über den Vorstand Karsten Lemmer im **nationalen Wasserstoffrat der Bundesregierung** und über den Institutsleiter Carsten Agert in der **Plattform Klimaneutrales Stromsystem des BMWK** vertreten. Ebenso ist das DLR in mehreren Sprecherrollen in den **Forschungsnetzwerken Energie des BMWK** beteiligt und trug zu Positionspapieren zum 8. Energieforschungsprogramm aus den Netzwerken Systemanalyse und Wasserstoff bei. Wie die **Energiemeteorologie zur Stabilität der Stromnetze** beiträgt, hat die Süddeutsche Zeitung auf Basis von Interviews mit DLR-Forschern erklärt. Der Bericht verdeutlicht, warum Daten zur Sonneneinstrahlung aus dem meteorologischen Messnetzwerk Eye2Sky für Stromnetzbetreiber, Energiehändler und Betreiber großer Solarparks von Interesse sind. Der Beitrag wurde vom Bundeskanzleramt aufgenommen und als Grundlage für die Videoansprache des Bundeskanzlers für den 11. Nationalen MINT-Gipfel verwertet.

Unter dem Vorsitz von Rutger Schlatmann (HZB), wurde in der European Technology & Innovation Platform for Photovoltaics (ETIP PV) Arbeitsgruppe das **White Paper „PV Manufacturing in Europe: Ensuring resilience through industrial policy“** verfasst, in dem die aktuellen Maßnahmen der Politik und ihre Auswirkungen sowie wirtschaftliche und wissenschaftliche Entwicklungen vorgestellt und bewertet werden.

Im Kontext der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle leiten bzw. beteiligen sich NUSAFE-Forschende an den **nationalen Sachverständigengruppen**, sind für Ministerien und Bundesbehörden als Gutachtende in verschiedenen Projektkomitees tätig (Projektkomitee Zwischenlagerung/Abfallbehandlung, Projektkomitee Endlagerung) und **beraten die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE)** im Zusammenhang mit der Schließung der Schachtanlage Asse II zu geochemischem und radiochemischen Themen.

Im Rahmen der NUSAFE-Forschung erarbeitete Daten für **Endlagersicherheitsuntersuchungen** werden kontinuierlich in **Datenbanken** (z. B. THEREDA, OECD/NEA-TDB) eingespeist und damit öffentlich zugänglich gemacht. NUSAFE-Partner wirken an der Weiterentwicklung und Pflege der thermodynamischen Referenzdatenbank THEREDA (gefördert von der BGE) mit, welche über <https://www.thereda.de> frei zugänglich ist. Außerdem sind NUSAFE-Mitarbeitende am Verbundvorhaben „Transdisziplinäre Forschung zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland, TRANSENS“ beteiligt und stellen dadurch eine Verbindung zwischen Wissenschaft und Gesellschaft her. NUSAFE-Partner nahmen aktiv mit Beiträgen an Veranstaltungen des Planungsteams Forum Endlagersuche sowie des Fachforums Teilgebiete innerhalb der Standortsuche für ein Endlager in Deutschland teil.

#### 4.4. Drittmittelinwerbung

Einige Beispiele für Drittmittel-Projekte sind:

Im August 2023 startete die Phase III des vom BMBF geförderten **Kopernikus-Projekts „ENSURE - Neue EnergieNetzStruktURen für die Energiewende“**. Zentrale Ziele sind Handlungsempfehlungen für die ganzheitliche Ausgestaltung eines zukünftigen Netzes, ein „Energiewende-Baukasten“ mit technischen Lösungen in Form von Einzelbausteinen, die Erweiterung und Fertigstellung einer Co-Demonstrationsplattform. Beiträge des KIT sind dabei Netzmodelle, Harmonische Stabilität, Energy Hubs, Solid State Transformer, die Integration von Speichern in Energiemärkte, die Nachhaltigkeitsbewertung der ENSURE-Lösungen, die Entwicklung von Good-Governance Konzepten der lokalen Sektorenkopplung und der dialogbasierte Transfer.

Im Rahmen der ESD-Arbeiten gelang es dem DLR beim **Nachfolgeprojekt von ARIADNE** (Evidenzbasiertes Assessment für die Gestaltung der deutschen Energiewende) auch wieder bei den Kopernikus-Projekten des BMBFs dabei zu sein. Dabei wird nun neben der Ressourcenkritikalität von Energieszenarien auch das Marktdesign mit bearbeitet. Dies ermöglicht Synergien zu Arbeiten in der Plattform Klimaneutrales Stromsystem (PKNS) zu etablieren und damit einen direkten Einfluss auf das künftige deutsche Energiemarktdesign zu nehmen.

Prof. Dr. Roland Dittmeyer vom KIT hat die wissenschaftliche Leitung für die dritte Förderphase des **BMBF-Kopernikus-Projekts P2X** übernommen. In der 3. Förderphase sollen vielversprechende Technologien, die in den ersten beiden Förderphasen entwickelt wurden, demonstriert werden. Bei P2X ist dies die Produktion von synthetischem paraffinischem Kerosin (SPK) nach ASTM D7566 als nachhaltiger Flugtreibstoff im Maßstab von ca. 1 Tonne pro Tag im Rahmen

des Projekts P2Fuels in der weltweit ersten kommerziellen Power-to-Liquid Produktionsanlage, die von der KIT-Ausgründung INERATEC im Industriepark Frankfurt-Höchst gebaut wird. Neben dem Demoprojekt P2Fuels werden potenzielle Industriestandorte für Power-to-X-Prozesse erforscht sowie zwei Satellitenprojekte mit den Schwerpunkten Power-to-Polymers und Power-to-Value Chemicals durchgeführt.

In dem vom BMWK finanzierten Projekt **ELYAS** des FZJ und DLR werden die Wirkzusammenhänge zwischen den europäischen Optionen zur Bereitstellung von grünem Wasserstoff und eines europäischen Wasserstoffmarkts identifiziert und makroökonomische Effekte für Deutschland untersucht.

Das **europäische Projekt InterSTORE** (Interoperable open-source Tools to Enable hybridisation, utilisation, and monetisation of storage flexibility) zielt darauf ab, eine Reihe von interoperablen Werkzeugen für die nahtlose Integration und das Management von Speichersystemen und verteilten Ressourcen mit verschiedenen Technologien und von verschiedenen Herstellern in einer hybriden Umgebung zu entwickeln und zu demonstrieren (FZJ mit der RWTH Aachen, der CyberGrid GmbH & C. KG, Enel X Srl, INESC TEC, Hybrid Energy Storage Solutions S.L., Eaton Industries GmbH, Sunesis – inovativne tehnologije in storitve, D.O.O., VDE (Verband Der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik) e.V., Capwatt S.A., Engineering Ingegneria Informatica S.p.A. und EASE (European Association For Storage Of Energy)).

Das BMBF-Projekt **„Green Deal Ukraine“** (GDU) mit einem Budget von 4,2 Mio. € für vier Jahre zielt darauf ab, einen unabhängigen Think Tank für Energie und Klima in der Ukraine einzurichten, der die Ukraine dabei unterstützt, zukunftsichere energie- und klimapolitische Entscheidungen im Vorfeld einer EU-Vollmitgliedschaft zu treffen. Der Think Tank wird in Kiew, Warschau und beim HZB in Berlin angesiedelt sein und Experten aus verschiedenen Bereichen wie Wirtschaft, Ingenieur- und Sozialwissenschaften zusammenbringen, um transdisziplinäre Forschung und Analysen durchzuführen.

Im BMWK-Verbundprojekt **„SuperSolid: Manufacture of perovskite/silicon tandem solar modules in the laboratory and demonstration of reliability and yield“** arbeitet das HZB (Koordinator) und das FZJ mit den deutschen Unternehmen SOLARWATT GmbH und Oxford PV Germany GmbH zusammen. Ziel ist die Entwicklung eines großflächigen Tandemmoduls, das eine Lebensdauer von 30 Jahren bei einem marktüblichen Modulwirkungsgrad von 25 % aufweist und in die Kommerzialisierung überführt werden kann.

Drei PV-Forscher, Prof. Uli Lemmer (Advanced) und Prof. Uli Paetzold (Consolidator) vom KIT, und Dr. Ian Marius Peters (Consolidator) vom FZJ/HI ERN, erhielten einen der renommierten **ERC Grants**.

Im BMBF-Projekt **„InMicroBat - Intelligente, modular adaptive Mikroumgebungen für eine effizientere Batteriezellfertigung“** entwickeln das KIT gemeinsam mit Industriepartnern (Exyte Technology GmbH, Customcells Tübingen GmbH) intelligente, modulare, flexible und energieeffiziente Mikroumgebungen für die Batteriezellfertigung am Beispiel der Trockenbeschichtung.

Das vom BMWK geförderte Vorhaben **ML4SOC** (Machine Learning for Solid Oxide Cells, FZJ, KMS und Université de Picardie, Frankreich) beschäftigt sich mit der Anwendung von maschinellem Lernen für eine schnellere Optimierung des Foliengießens, welches eines der Hauptherstellungsverfahren für Festoxidzellen ist.



Im EU-geförderten Projekt **"Ph2otogen"** wird ein photokatalytischer Durchflussreaktor für die parallele Produktion von grünem Wasserstoff und hochwertigen Oxidationsprodukten entwickelt. Ziel ist es, in einem 500 cm<sup>2</sup> großen Demonstrator über 500 h einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von > 5% zu erreichen. Das Projekt wird von Toyota Motor Europe koordiniert mit HZB und weiteren Partnern.

In dem vom BMWK geförderten Projekt **"Store2RePower"** wollen Malta, Alfa Laval, Siemens Energy und das DLR die Entwicklung vorantreiben und das deutsche Marktpotenzial des MALTA Power-to-Heat-to-Power Systems mit Wärmeauskopplung bewerten. In diesem 9 Mio. € Projekt werden die Partner einen 5 MW Luft/Salz-Wärmetauscher in Originalgröße als eine der Kernkomponenten der Malta Carnot Batterie demonstrieren.

Im Rahmen des vom BMWK geförderten **Labega**-Projekts wurden am FZJ thermisch gespritzte Wärmedämmschichten auf leistungsfähigen Haftvermittlerschichten des Industriepartners Oerlikon Metco mit verbesserter Beständigkeit gegenüber schnellen Lastwechseln in Gasturbinen entwickelt. Mines Paris Tech und Safran sind die Projektpartner auf französischer Seite.

Das BMBF-Projekt **„Speedy\_HTS“** (KIT) zur Entwicklung eines mittelschnelllaufenden, effizienten Hochleistungs-Windkraftgenerators mit Hochtemperatur-Supraleiter ohne die Verwendung von Seltenerd-Magneten (Partner: KIT, TU Darmstadt, Nordex, Flender, Krämer, Cir-Comp) wurde eingeworben.

Im von der BMW AG geleiteten Projekt **„Car2Car“** entwickelt das HZDR mit Partnern aus Automobilwirtschaft, Recyclingindustrie und Wissenschaft Demontage- und Sortierverfahren für die Wiederverwendung der in Altfahrzeugen enthaltenen Rohstoffe. Das Projekt wird mit 6,4 Mio. € vom BMWK gefördert.

Mit **vier neuen BGE-Projekten** hat NUSAFE 2023 insgesamt rund 2,1 Mio. € eingeworben:

\_BGE-Asse / R18: Sorptionsuntersuchungen an Gesteinsproben der Bohrung Remlingen 18 (BGE; KIT)

\_BGE-PARFREI: Parameter der Freisetzung, Sorption und Löslichkeit (BGE; FZJ, HZDR, KIT)

\_BGE-Abstand: Endlagerung hochradioaktiver sowie schwach- und mittelradioaktiver Abfälle an einem gemeinsamen Standort (BGE; KIT)

\_BGE-Nuklidschema: Bestimmung eines vereinfachten Nuklidschemas für die Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (BGE; FZJ, GRS, KIT)

Im Rahmen von **EUROfusion** erhielten die drei Zentren im Jahr 2023 eine Gesamtförder-summe von 35,9 Mio. €. Die drei Zentren sind an 23 der 26 Work Packages (IPP: 19, KIT: 20, FZJ: 3) des **EUROfusion-Arbeitsprogramms** beteiligt und stellen dabei 8 der 20 Projektleiter (IPP: 3, KIT: 2, FZJ: 3).

Innerhalb des Rahmenvertrags zwischen KIT und **Fusion for Energy (F4E)** zur Qualitätssicherung der Diamantfenster für die ITER-Mikrowellenplasmaheizung wurden die Arbeiten mittels eines dritten Calls (bis max. 680 T€) zur Charakterisierung und Qualifizierung der von Diamond Materials GmbH & Co. KG hergestellten Diamantfenster fortgesetzt.

#### 4.5. Forschungsinfrastrukturen

Entwicklung, Bau und Betrieb von Forschungsinfrastrukturen bilden für die Aktivitäten des Forschungsbereichs Energie eine wesentliche Voraussetzung. Sie machen ihn auch zum gefragten Partner für Forschungseinrichtungen aus aller Welt, für Universitäten im regionalen, nationalen und internationalen Umfeld sowie für Unternehmen und Start-ups.

Die Infrastrukturplanung des Forschungsbereichs für die kommenden Jahre ist in der Helmholtz-Roadmap Forschungsinfrastrukturen genannt.

Entsprechend dieser Planung wurde 2023 der Antrag **High Power Grid Lab (HPGL)** im Verfahren für strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. € eingereicht. High Power Grid Lab (HPGL) wird den Aufbau einer ganzheitlichen Power-Hardware-in-the-Loop-(PHIL)-Testumgebung und in Verbindung mit dem vorhandenen Energy Lab 2.0 die Erprobung in intelligent verknüpften Energiesystemen ermöglichen.

Basierend auf der Empfehlung eines internationalen Gutachtergremiums wird das **Energy Lab**, eine Weiterentwicklung des „Energy Lab 2.0“, am KIT als vorrangige Forschungsinfrastruktur etabliert. Das Energy Lab ist eine wissenschaftliche modulare Forschungsplattform zur Unterstützung der Energiewende und der Technologien für eine Netto-Null-Wirtschaft. Es wird zunächst aus drei Elementen bestehen: dem Smart Energy System Simulation and Control Center (SEnSSiCC), dem Power-to-X Lab und dem Carbon Cycle Lab. Darüber hinaus sind die geplante Hydrogen Integration Platform (HIP) und das zukünftige High Power Grid Lab (HPGL) als Bestandteile des Energy Lab vorgesehen.

Das **Hardware-in-the-Loop-Labor (HiL-Labor)** des FZJ wurde im Hinblick auf zwei Ziele entwickelt:

1) die Erprobung von Steuerungslösungen für Energiesysteme mit einem ganzheitlichen Ansatz für die beteiligten Energieträger zu unterstützen; 2) die Erprobung von Steuerungslösungen zu unterstützen, die auf einer hohen Anzahl von vernetzten Reglern basieren. Das HiL-Labor ist derzeit ausgestattet mit Simulatoren, die die Durchführung von groß angelegten domänenübergreifenden Simulationen in Echtzeit und Nicht-Echtzeit ermöglichen, Steuerungen und einem virtuellen Kommunikationsnetz.

Das Vorhaben **FlexiPlant**, die Forschungsinfrastruktur zur adaptiven Aufbereitung komplexer Rohstoffe am Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie des HZDR, ist mit einer Antragssumme von > 50 Mio. € ein Kandidat für die nationale Roadmap für Forschungsinfrastrukturen. Auf Basis schriftlicher Gutachten und der Voten der Forschungsbereichsgremien diskutierte die FIS-Kommission im März 2023 den Conceptual Design Report (CDR) von FlexiPlant und empfahl die Umsetzung. Nach Bestätigung durch die Mitgliederversammlung und den Senat sind damit die Voraussetzungen für eine Einreichung des Vorhabens für die Einbringung in die nationale Roadmap erfüllt.

In Kooperation mit dem Forschungsbereich Erde und Umwelt wurde im Zuge des Aufbaus der Großforschungsinfrastruktur **GeoLaB** die KIT-Dateninfrastruktur Kadi4Geo in Digital GeoLaB als Grundlage für den Aufbau eines Digital Twins eingebunden.

Der **Forschungspark Windenergie (WiValdi)** des DLR, dessen Kernziel es ist, die multi-disziplinären Wirkmechanismen in einem Windpark auf höchstem wissenschaftlichem Niveau unter realen Randbedingungen zu erfassen, wurde am 15.08.2023 in Krummendeich eröffnet.

Im Programm NUSAFE ist für die Aktivitäten zur nuklearen Entsorgung an FZJ, HZDR und KIT die im Aufbau befindliche Helmholtz Forschungs- und Versuchsplattform zur Entsorgung radi-

oaktiver Abfälle und zum Rückbau kerntechnischer Anlagen (**HOVER**) von zentraler Bedeutung. Aktuelle Analysen zur wirtschaftlichen und planerischen Umsetzung der Maßnahme HOVER ergeben einen erheblichen Kostenanstieg, der im Wesentlichen auf eine starke Steigerung der Baukosten in den letzten Jahren und verschiedenster Anforderungen der Genehmigungsbehörden (Brandschutz, Strahlenschutz usw.) an einen Kontrollbereich zurückzuführen ist. Alle drei beteiligten NUSAFE Zentren evaluieren zurzeit zusätzliche Finanzierungsmöglichkeiten, um die Finanzierungslücken schließen und HOVER umsetzen zu können.

## 5. Erfolgsindikatoren

|                                                                                                                        | Einheit | 2019    | 2020    | 2021    | 2022    | 2023    | Veränderung<br>2023 zu 2022<br>absolut | Veränderung<br>2023 zu 2022<br>prozentual |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| WoS-, SCOPUS oder Open Research Europe indexierte Publikationen                                                        | Anzahl  | 2.719   | 2.590   | 2.933   | 2.726   | 2.480   | -246                                   | -9%                                       |
| ... davon Open-Access-Publikationen                                                                                    | Anzahl  | 1.547   | 1.785   | 2.358   | 2.188   |         | -                                      | -                                         |
| Andere referierte Publikationen                                                                                        | Anzahl  | 195     | 136     | 189     | 152     | 147     | -5                                     | -3%                                       |
| Drittmittelerträge                                                                                                     | TEUR    | 173.042 | 183.507 | 246.356 | 275.151 | 266.694 | -8.456                                 | -3%                                       |
| Abgeschlossene betreute Promotionen                                                                                    | Anzahl  | 186     | 193     | 191     | 191     | 197     | 6                                      | 3%                                        |
| Postdocs                                                                                                               | Anzahl  | 357     | 430     | 481     | 528     | 517     | -12                                    | -2%                                       |
| Nachwuchsgruppen                                                                                                       | Anzahl  | 30      | 30      | 32      | 34      | 33      | -1                                     | -3%                                       |
| Ausgewählte koordinierte, nationale und intern. Förderprogramme                                                        | Anzahl  | 379     | 384     | 486     | 531     | 539     | 8                                      | 2%                                        |
| Kooperationen mit der Wirtschaft und externen nichtwissenschaftlichen Institutionen, öffentlich oder privat finanziert | Anzahl  | 351     | 370     | 735     | 861     | 949     | 88                                     | 10%                                       |
| Ausgründungen (Spin-offs) und kompetenzbasierte Gründungen (Start-ups)                                                 | Anzahl  | 1       | 3       | 1       | 4       | 6       | 2                                      | 50%                                       |
| Wissenstransferaktivitäten                                                                                             | FTE     | 1       | 1       | 11      | 89      | 94      | 5                                      | 5%                                        |
| Kapazität der grundfinanzierten Wissenschaftler                                                                        | PJ      | 1.189   | 1.200   | 1.202   | 1.164   | 1.294   | 130                                    | 11%                                       |
| Kapazität der drittmittel-finanzierten Wissenschaftler                                                                 | PJ      | 650     | 742     | 878     | 1.001   | 928     | -73                                    | -7%                                       |
| Summe Wissenschaftler                                                                                                  | PJ      | 1.839   | 1.942   | 2.080   | 2.166   | 2.222   | 56                                     | 3%                                        |

Kommentierungen zu den dargestellten Erfolgsindikatoren:

### Publikationen:

Die Anzahl der Publikationen ist im Vergleich zum Vorjahr um 246 auf 2.480 leicht gesunken (-9 %), liegt jedoch weiterhin auf einem hohen Niveau.

### Drittmittelerträge:

Die Drittmittelerträge im Forschungsbereich Energie sind in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen. 2023 wurden die sehr hohe Drittmittelerträge aus 2022 zwar nicht ganz erreicht (Verringerung in Höhe von 8,4 Mio. EUR (-3 %) auf 266,6 Mio. EUR), die Werte liegen jedoch deutlich über denen der Jahre 2019-2021.

#### Abgeschlossene Promotionen:

Die Anzahl der abgeschlossenen betreuten Promotionen ist im Vergleich zum Vorjahr mit einer Anzahl von 197 leicht angestiegen und liegt etwas über dem Durchschnitt der letzten fünf Jahre.

#### Kooperationen:

Die hohe Zahl an Kooperationen mit der Wirtschaft, die im Vergleich mit 2022 nochmals gesteigert werden konnte, illustriert den Transfer. Da sich die Definition dieses Indikators ab 2022 geändert hat, sind die Zahlen aus den früheren Jahren (2021 und früher) nicht belastbar.

#### Gründungen:

Die Zahl der Ausgründungen (Spin-offs) und kompetenzbasierten Gründungen (Start-ups) ist um 50% auf 6 angestiegen. Dies zeigt eindrucksvoll die Transfer-Aktivitäten von Helmholtz Energy.

#### Wissenstransferaktivitäten:

Dieser Indikator wird seit 2022 erhoben. Für die Vorjahre liegen keine belastbaren Zahlen vor.

#### Grundfinanzierte Wissenschaftler:innen:

Die Anzahl der grundfinanzieren Wissenschaftler:innen ist im Vergleich zum Vorjahr mit 1.294 PJ leicht angestiegen (+11 %). Dies liegt u.a. darin begründet, dass einige offene Stellen in 2023 besetzt werden konnten und spiegelt die Entwicklung auf Programmebene wieder.

#### Drittmittel-finanzierte Wissenschaftler:innen:

Die Anzahl der Drittmittel-finanzierten Wissenschaftler:innen ist im Vergleich zum Vorjahr um -73 Personenjahre (PJ) auf 928 PJ leicht gesunken (-7 %) und folgt damit dem leichten Rückgang der Drittmittel.

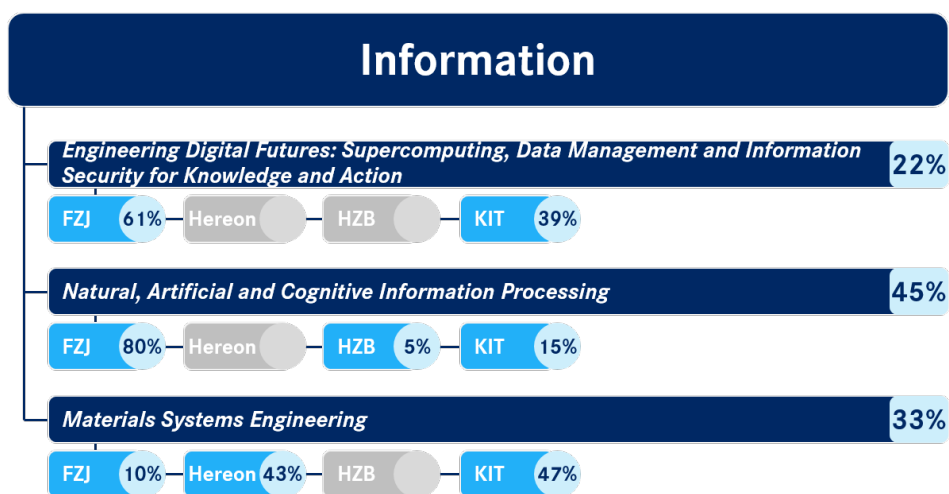
## II. Forschungsbereich Information: Bericht der Koordinatorin an den Senat

Koordinatorin:

Prof. Dr. Astrid Lambrecht (Forschungszentrum Jülich)

Beteiligte Helmholtz-Zentren: FZJ, HZB, HZG, KIT

### 1. Der Forschungsbereich im Überblick



Helmholtz Information zielt auf ein tieferes Verständnis der wissenschaftlichen Prinzipien der Informationsdarstellung, -übertragung, -speicherung und -verarbeitung zur Schaffung disruptiver digitaler, quanten und neuromorpher Technologien und Infrastrukturen. Den Rahmen dazu bilden auch im dritten Jahr der vierten Phase der Programmorientierten Förderung (PoF-IV) drei Programme und insgesamt 14 Topics. Die drei Programme haben ihre Arbeit 2023 weitgehend planmäßig fortgesetzt. Es besteht jedoch das Risiko, dass in den kommenden Jahren zunehmend finanzielle Mittel für die Forschung fehlen und daher nicht alle versprochenen wissenschaftlichen Ziele erreicht werden können. Denn aufgrund Inflation, Energiekostensteigerungen und Tarifsteigerungen sind die Zentren in einer eher schwierigen finanziellen Situation. Obwohl die Zentren in den zurückliegenden Monaten vorsichtig gewirtschaftet haben, sind kurz- und langfristige Auswirkungen auf die Wissenschaft und die Mitarbeitenden absehbar, insbesondere da Verträge mit Nachwuchsforschenden nicht verlängert werden konnten. Darüber hinaus stehen auch große Forschungsinfrastruktur- und Forschungsprojekte in Gänze zur Disposition und damit die strategische Aufstellung für die nächste Periode der PoF. Andererseits sind die Selbstbewirtschaftungsmittel weiter angestiegen. Bei diesen ist jedoch zu beachten, dass es sich nicht um freie Mittel handelt, sondern diese in Projekten gebunden sind.

Der Forschungsbereich Information verabschiedete am 31. Juli den bisherigen Vizepräsidenten Herrn Prof. Wolfgang Marquardt in seinen Ruhestand und wird seitdem von Prof. Astrid Lambrecht, der neuen Vorstandsvorsitzenden des Forschungszentrums Jülich, koordiniert. Des Weiteren kann berichtet werden, dass das bisherige Management Board Mitglied Herr Prof. Holger Hanselka am 15. August die Stelle des Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft übernommen hat und das KIT seitdem durch Herrn Prof. Oliver Kraft in den Gremien von Helmholtz Information vertreten wird. Mit der Berufung von Frau Prof. Frauke Melchior als neue Rektorin der Universität Heidelberg erfolgt ein weiterer personeller Wechsel innerhalb des Management Boards des Forschungsbereiches. Ihre bisherige Funktion als Repräsentantin des Forschungszentrums Jülich in den Gremien von Helmholtz Information ging offiziell auf den wissenschaftlichen Vorstand Herrn Dr. Pieter Jansens (FZJ) über. Aufgrund anderer Verpflichtungen von Dr. Jansens wird diese Rolle übergangsweise von Frau Prof. Kathrin Amunts ausgeübt.

Zur strategischen Neuausrichtung für die kommende PoF-Förderperiode wurden mehrere Strategie-Workshops abgehalten sowie mögliche strategische und strukturelle Optionen in den Gremien des Forschungsbereichs mit verschiedenen Stakeholdern erörtert.

## **2. Stand der Umsetzung der programmübergreifenden Senatsempfehlungen**

Über die Umsetzung der Empfehlungen zu den einzelnen Programmen (LK I) wird in den entsprechenden Fortschrittsberichten informiert.

Recommendations of the Senate:

- Der Forschungsbereich soll eine zusätzliche Aktivität zu Software-Tools und Algorithmen entwickeln und die Partnerschaft mit führenden Zentren in diesen Bereichen stärken. Dies muss mit erheblichen finanziellen Mitteln unterstützt werden

Das Innovationspool-Projekt zum Research Software Engineering (RSE) - HiRSE\_PS - bringt alle Programme und Zentren im Forschungsbereich zusammen, um in einer ersten vorbereitenden Studie die Etablierung zentraler RSE-Aktivitäten und die gezielte nachhaltige Förderung strategisch wichtiger Software durch dezentrale Community Software Infrastructure (CSI)-Gruppen, als zwei sich gegenseitig fördernde Aspekte, zu unterstützen. Mit der HiRSE-Seminarreihe<sup>1</sup> wurde ein einzigartiges Veranstaltungsangebot für RSE-Themen mit nationaler und internationaler Reichweite etabliert, was sich auch im internationalen Referent:innen-Quorum des Seminars widerspiegelt. Des Weiteren wurde im Berichtsjahr ein Hackathon zum Thema „Kontinuierliches Benchmarking“ mit internationalem Publikum organisiert. Das Ziel des Hackathons war es unter anderem, das Thema nachhaltiges Research Software Engineering zu behandeln. Vor allem aber wurde das Innovationspool-Projekt HiRSE\_PS aufgrund seiner Erfolge bis Ende 2024 verlängert. Außerdem haben sowohl das KIT als auch das FZJ weitere RSE-Aktivitäten im Jahr 2023 initiiert: Im Rahmen einer KIT-internen Initiative zur Etablierung von RSE am KIT trafen sich im Mai 2023 über 60 RSE-Interessierte zu einem ersten Community-Workshop<sup>2</sup>. Am FZJ hat das lokale JuRSE-Team die JuRSE Open Hours ins Leben gerufen, in denen Studierende und Forschende direkt mit dem Team über ihre Codes sprechen, Ratschläge zu allen RSE-relevanten Themen einholen oder Ideen für die Community of Practice im FZJ und darüber hinaus einbringen können.

---

<sup>1</sup> <https://www.helmholtz-hirse.de/series.html>

<sup>2</sup> <https://www.scc.kit.edu/en/aboutus/16927.php>

- Alle Aktivitäten, die sich unter dem Dach des Forschungsbereichs Information entwickeln, sollen mit einem konkreteren und durchdachten Leitbild unterstützt werden.

Im Jahr 2021 hat der Forschungsbereich sein Mission Statement entwickelt und verabschiedet.

- Der Forschungsbereich soll sich bemühen, seine informationsbezogenen Aktivitäten mit anderen Forschungsbereichen zu verknüpfen. Die Joint Labs sind ein großer Vorteil und bringen einen großen Mehrwert für den Forschungsbereich und für die gesamte Helmholtz-Gemeinschaft. Darüber hinaus soll der Inkubator genutzt werden, um die Zusammenarbeit zu stärken und neue Aktivitäten zu katalysieren.

Der Forschungsbereich verfolgt übergreifende Aktivitäten, vor allem im Bereich der „Information and Data Sciences“. So haben sich Joint Labs (JL) als wirksame Brücken über Programme hinweg etabliert, teilweise auch mit angrenzenden Forschungsbereichen. Nach der erfolgreichen ersten Förderphase durch den Innovationspool wurde die Finanzierung der Joint Labs um ein Jahr bis Ende 2024 verlängert.

Forschende des Forschungsbereichs partizipieren in den Calls der Inkubator-Plattformen, um zentrenübergreifende Forschungsprojekte zu initiieren. Sie tragen auch wesentlich zu den Inkubator-Plattformen Helmholtz AI (Künstliche Intelligenz), HMC (Metadaten) und HIFIS (Infrastruktur) bei, um Support- und Beratungsstrukturen auszubauen und Forschungsarbeiten Zentren- und Forschungsbereich-übergreifend durchzuführen. Die von HIDA angebotenen individuellen Austauschprogramme waren insbesondere vom wissenschaftlichen Nachwuchs rege nachgefragt. Besonders im Bereich KI gab es im Berichtszeitraum einen verstärkten Austausch zwischen Forschungsbereich und den Inkubator-Plattformen.

- Verstärkte Kooperationen sollen insbesondere mit der Außenwelt aufgebaut werden, wobei der Schwerpunkt auf der Zusammenarbeit mit der Industrie liegen sollte.

Der Forschungsbereich hat zuvor bereits eine intensive Diskussion zu den Themen Transfer und Innovation im erweiterten Management Board, in der Forschungsbereichsplattform und anderen Gremien geführt. Derzeit werden systemisch bedingte Hürden identifiziert und Maßnahmen entwickelt, um diese überwinden zu können. Auch wenn die Zentren spezifische Ansätze entwickeln und umsetzen, wurde ein intensiver Austausch etabliert, um gemeinsam voneinander lernen zu können. Einzelne Beispiele aus den Programmen des Forschungsbereichs zu wissenschaftlichen Kooperationen und Zusammenarbeiten mit der Industrie werden in Kapitel 4 vorgestellt.

- Der Forschungsbereich soll weiterhin neue Gelegenheiten suchen, darauf reagieren und dabei disruptive Ansätze einbeziehen. Klare Fahrpläne sollen entwickelt werden, die Meilensteine zur Messung des Fortschritts beinhalten, und klarere Pläne für das Risikomanagement und geeignete Entscheidungsprozesse sollen aufgestellt werden. Für die einzelnen Themen sollen schärfere Schwerpunkte festgelegt werden. Die Ressourcen sollen konzentriert werden, um in einigen der Topics und/oder Programme eine kritische Masse zu entwickeln.

Im Sinne eines ersten wesentlichen Schrittes wurden im Forschungsbereich mit Mitteln des Innovationspools ein maßgeschneiderter Roadmapping-Prozess gestartet. Nachdem die Arbeitsgruppe ihre Arbeit aufgenommen hat, wurden in einem partizipativen Prozess zwei Pilot-Roadmaps zu den Themen „Quantum Computing“ und „Optical and Quantum-Optical Com-

munications“ entwickelt, die Zielsetzungen, Meilensteine und Zielerreichungskriterien umfassen. Die daraus abgeleiteten Erfahrungen werden für die strategische Neuausrichtung für die kommende PoF-Förderperiode berücksichtigt.

- Die Stärke des Forschungsbereichs in seinen Kernkompetenzen soll beibehalten und weiterhin in neue Infrastruktur investiert werden.

Zur Fortführung und Aktualisierung der Infrastruktur JUNIQ (Jülicher NutzerInfrastruktur für Quantencomputing), die Anwender:innen aus Wissenschaft und Industrie Quantencomputer-simulatoren, Quantenannealer und Quantencomputer mit verschiedenen technologischen Reifegraden in einer einheitlichen nicht kommerziellen Plattform zur Verfügung stellt, wurde das Vorhaben JUNIQ Upgrade als Strategische Ausbauinvestition im Helmholtz-Verfahren für Forschungsinfrastrukturen (FIS) vom Helmholtz Senat beschlossen.

In der neuen FIS-Wettbewerbsrunde für strategische Ausbauinvestitionen wurde von Helmholtz Information der Vorschlag zu InnoMatSy (In Situ Innovation Platform for the Digitally Directed Development of Multi-Functional Materials Systems) eingereicht. InnoMatSy ist eine Charakterisierungsinfrastruktur, die neben den klassischen Verbindungsmustern zwischen Materialien, ihrer Funktion und Anwendungsmöglichkeiten auch die Verknüpfung zu neuen strategischen sowie wissenschaftlichen Parametern wie Datenspeicherung, Big-Data-Strategien und Software-Tools herstellen wird.

- Der Forschungsbereich soll spezielle Programme zur Einstellung und Bindung von Forscherinnen und Forschern in dem weltweit hart umkämpften Bereich definieren. Die Maßnahmen zur Einstellung von mehr Frauen und internationalen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus unterrepräsentierten Gruppen sollen verstärkt werden.

Der Forschungsbereich erörtert die Themen Diversität und Inklusion im erweiterten Management Board, in der Forschungsbereichsplattform und anderen Gremien. Trotz der Entwicklung und Umsetzung spezifischer Ansätze in den Zentren wurde ein intensiver Austausch gefördert, um den gegenseitigen Lernprozess zu unterstützen. Spezielle Programme zur Rekrutierung sind zentrenspezifisch in Arbeit. Einzelne Aktivitäten werden in Kapitel 4 beschrieben. Zum aktuellen Zeitpunkt wurde die Erarbeitung eines Zentren-übergreifenden Ansatzes für Helmholtz Information noch nicht erörtert.

### **3. Entwicklung im Rahmen der programmübergreifenden Aktivitäten**

#### **3.1. Querschnittsthemen**

##### **3.1.1. Helmholtz Quantum**

- Koordinierende Sprecher:innen: Tommaso Calarco (Helmholtz Information/FZJ)
- Beteiligte Programme: P1, P2, FB Materie, FB Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr

In der Helmholtz-Gemeinschaft sind die Aktivitäten auf dem Gebiet der Quantentechnologien über mehrere Zentren, Forschungsbereiche und Programme verteilt. Derzeit sind folgende sieben Zentren in Helmholtz-Quantum vertreten: DESY, FZJ, HZDR, GSI, HZB, KIT und UFZ. Um einen Helmholtz-weiten Austausch zu Quantentechnologien zu ermöglichen, wurde Helmholtz-Quantum mit Unterstützung des Präsidenten als strategische Plattform gegründet. Ziel ist es, die Entwicklung der Helmholtz-Quantenforschung zu diskutieren und zu koordinieren, den Austausch und die Zusammenarbeit der Helmholtz-Quantenforscher:innen zu fördern, mit



gebündelter Kompetenz zu nationalen und internationalen Aktivitäten beizutragen, abgestimmte Strategien zu entwickeln und die Quantenforschung extern zu vertreten. Die Plattform ist so konzipiert, dass sie auf Ad-hoc-Situationen reagieren kann.

Helmholtz-Quantum wird von führenden Wissenschaftler:innen in enger Zusammenarbeit mit der Helmholtz-Geschäftsstelle koordiniert. Die jüngsten Aktivitäten der Helmholtz-Quantum-Plattform im Jahr 2023 konzentrierten sich auf die Diskussion strategischer Entwicklungen in der Helmholtz-Quantenforschung und die Vernetzung der Aktivitäten. Um die Weiterentwicklung von Helmholtz-Quantum für PoF-V zu diskutieren, wurde im Mai ein Workshop am Helmholtz Institut Mainz durchgeführt. Ein abgestimmtes Konzeptpapier der Wissenschaftler:innen wurde auf dem anschließenden Treffen der wissenschaftlichen Geschäftsführer diskutiert. Daraus resultierte der Auftrag, ein Gesamtkonzept für eine Querschnittsaktivität Quantentechnologien in PoF-V zu entwickeln. Ein erster Workshop im Januar 2024 hat als Schwerpunkt definiert, den gesellschaftlichen Nutzen von Quantentechnologien stark in Vordergrund zu rücken und allen Zentren bzw. Forschungsbereichen, insbesondere auch denen, die bisher noch nicht eingebunden sind, relevante und interessante Anwendungen von Quantentechnologien zu erschließen und nahezubringen. Dies soll zu einer deutlich stärkeren Einbindung der Anwender:innen von Quantentechnologien in die Querschnittsaktivität führen. Über die wissenschaftlichen Highlights und Ergebnisse wird in den jeweiligen Programmberichten berichtet.

### **3.2. Innovationspoolprojekte**

#### **3.2.1. Joint Lab Exascale Earth System Modelling (ExaESM)**

- Koordinierende Sprecher:innen: Lars Hoffmann (Helmholtz Information/FZJ), Jörg Meyer (Helmholtz Information /KIT), Patrick Jöckel (FB LRV/DLR), Thomas Jung (FB E&U/AWI)
- Beteiligte Programme: 1 (Helmholtz Information), FB Erde und Umwelt, FB Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr

Das JL ExaESM erhielt im Jahr 2023 nach erfolgreichem Abschluss des Pilot Lab ExaESM eine neue Projektstruktur und -leitung und ist nun in zwei Hauptaktivitäten zu den Themen Exascale Code Scalability und Exascale Data and Workflows organisiert. Die gemeinsame Leitung erfolgt durch Vertreter des AWI, DLR, JSC und KIT aus den beteiligten FBs. Neben der Fortführung bestehender Arbeiten wurde ein monatlicher Austausch zur Förderung der wissenschaftlichen Zusammenarbeit im Hinblick auf den kommenden Exascale-Rechner JUPITER neu etabliert. Im Rahmen des begleitenden Innovationspool-Projektes wurde mit Integration des Themas KI in die JL ExaESM-Aktivitäten begonnen.

#### **3.2.2. Joint Lab Integrated Model and Data Driven Material Characterization (MDMC)**

- Koordinierender Sprecher: Rafal E. Dunin-Borkowski (Helmholtz Information/FZJ)
- Beteiligte Programme: 1, 2, 3

Das Joint Lab MDMC ist eine zentren- und forschungsbereichsübergreifende Plattform, die die Entwicklung komplexer Materialsysteme durch die Kombination von Charakterisierungsmethoden mit einem einheitlichen Datenmanagement- und Analysekonzept unterstützt, um Input für die Modellierung, Synthese und Anwendung von Materialien zu liefern. Die Zusammenarbeit zwischen den Forschungszentren wird durch gemeinsame Forschungsprojekte, Workshops und Seminare gefördert. Ein Workshop zu Workflows und Hardware für den Proben- und In-

formationstransfer zwischen bildgebenden Verfahren wird im März 2024 am Helmholtz-Zentrum Hereon stattfinden. Außerdem wird im April 2024 ein binationales Wilhelm und Else Heraeus-Seminar zur korrelativen Charakterisierung in Bad Honnef stattfinden.

### 3.2.3. Joint Lab Supercomputing and Modeling for the Human Brain (SMHB)

- Koordinierende Sprecherin: Katrin Amunts (Helmholtz Information/FZJ)
- Co-Sprecher: Markus Diesmann (Helmholtz Information/FZJ), Thomas Lippert (Helmholtz Information/FZJ)
- Beteiligte Programme: 1, 2 und FB Gesundheit

Das JL SMHB ist ein programm- und forschungsbereichsübergreifender synergistischer Verbund an der Schnittstelle von HPC, Deep learning/maschinellern Lernen, Simulation und Neurowissenschaften. Seit Beginn der PoF-IV im Jahr 2021 wurden bereits 129 Publikationen mit Bezug zum SMHB veröffentlicht. 2023 wurden die aus dem Innovationspool geförderten, interdisziplinären Promotionsprojekte weiter vorangebracht. Im April fand die erste Vollversammlung als interdisziplinäres Diskussionsforum mit mehr als 100 Wissenschaftler:innen statt. Schließlich wurde erfolgreich eine Innovationspool-Förderung für ein Arbeitspaket zur Visualisierung großer Datensätze eingeworben, das im Jahr 2024 umgesetzt wird.

### 3.2.4. Joint Lab Virtual Materials Design (VMD)

- Koordinierender Sprecher: Wolfgang Wenzel (Helmholtz Information/KIT)
- Beteiligte Programme: 1, 2, 3

Das JL VMD konnte 2023 signifikante Fortschritte in der Umsetzung der forschungspolitischen Ziele erreichen. Im Bereich Research Software Engineering wurde an der Open-Source Publikation des Multi-Physik-Codes 4C, an den Open-Source Paketen PMFRG, ChASE, FLEUR<sup>3</sup> und der Workflowumgebung SimStack, die inzwischen innerhalb Helmholtz aber auch im Rahmen der Plattform MaterialDigital genutzt wird, gearbeitet. Darüber hinaus unterstützt das JL durch Projekte experimentelle Arbeiten, u.a. im Bereich Quantenmaterialien<sup>4</sup> und additive Fertigung<sup>5</sup>. Weiterhin wurden Digitale Zwillinge für u.a. Qubits, abbaubare medizinische Implantate<sup>6</sup> und chirale Sensoren<sup>7</sup> entwickelt.

### 3.2.5. Helmholtz Platform for Research Software Engineering – Preparatory Study (HiRSE\_PS)

- Koordinierende Sprecher: Markus Diesmann (Helmholtz Information/FZJ), Achim Streit (Helmholtz Information/KIT)
- Beteiligte Programme: 1, 2, 3

HiRSE\_PS bringt alle Programme und Zentren in Helmholtz Information zusammen, um - als vorbereitende Studie - die Etablierung zentraler RSE-Aktivitäten zu unterstützen und eine nachhaltige Weiterentwicklung strategisch wichtiger Codes durch dezentrale Community Soft-

---

<sup>3</sup> <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2516-1075/ad1614>

<sup>4</sup> <https://user.fz-juelich.de/record/1018603/files/Paper.pdf>

<sup>5</sup> <https://www.nature.com/articles/s41566-022-01081-0>

<sup>6</sup> <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2023.105939>

<sup>7</sup> <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adma.202311405>

ware Infrastructure (CSI)-Gruppen anzustreben. Im Jahr 2023 fokussierten diese auf die tiefere Integration von CI/CD-Technologien in den Softwareentwicklungszyklus und stärkten den Austausch von Good Practices. Die HiRSE-Seminarreihe wurde erfolgreich mit nationaler und internationaler Reichweite fortgesetzt, ein neuer YouTube-Kanal wurde eingerichtet. Der "HiRSE Summer of Testing" war eine Sonderreihe der regulären HiRSE-Seminarreihe mit insgesamt sechs ca. 30-minütigen Tutorials rund um das Thema Software-Testing, sowohl im Kontext verschiedener Programmiersprachen wie z.B. Python, C++, Julia als auch zu automatisierten Tests und Tests in wissenschaftlichen Produktionsumgebungen. Ein Hackathon zum Thema continuous benchmarking wurde mit einem internationalen Publikum organisiert.

### 3.2.6. Roadmapping und Öffentlichkeitsarbeit

- Koordinierender Sprecher: Thomas Klassen (Helmholtz Information/Hereon)
- Beteiligte Programme: 1, 2, 3

Dieses Pilotprojekt befasst sich mit der Entwicklung eines Roadmap-Prozesses und der Ausarbeitung von Strategien zur Steigerung der Sichtbarkeit des Forschungsbereichs. Im Jahr 2023 lag der Schwerpunkt vorrangig auf dem Bereich der Öffentlichkeitsarbeit. Über den Blog „Informationskompass“ und die Webseite von Helmholtz Information wurden ungefähr 80 Beiträge publiziert. Darüber hinaus erfolgte eine Erweiterung der Webseite um spezifische Unterkategorien für Research Software Engineering und Electronic Lab Notebooks. Der Markenbildungsprozess wurde intensiviert, und die Marke „Helmholtz Information“ samt Logo wurde in allen Kommunikationsformen nachhaltig etabliert. Ebenso wurde ein eigener LinkedIn-Kanal ins Leben gerufen.

### 3.2.7. Hospitation

- Beteiligte Programme: 1, 2, 3

Das Hospitationsprogramm soll Schnittstellen zwischen Zentren von Helmholtz Information identifizieren und deren Austausch fördern. Im Berichtsjahr wurde der Aufenthalt von zwei Kandidaten an gastgebenden Zentren für insgesamt 10 Monate gefördert. Durch den, über das Hospitationsprogramm geförderten, Aufenthalt von Xu Wang am KIT wurden die Aktivitäten am Hereon-Standort Teltow (Aerosol-Druck von leitenden Silberstrukturen auf flexiblen Polymeroberflächen) mit den Kompetenzen am KIT (Inkjet-Druck von Halbleitern und Elektrolyten) zum Aufbau von gedruckten, Elektrolyt-gesteuerten Feldeffekt-Transistoren auf weichen Substraten genutzt. Ziel ist es, den gesamten Produktionsprozess (semi-) automatisiert durchzuführen. Der Austausch von Jan Reimers (FZJ) ermöglichte Experimente im Hereon und an der Strahlungsquelle Petra III (DESY) mit dem Ziel einen Arbeitsablaufs zur Identifizierung und Korrelation von interessanten Regionen zwischen Synchrotronstrahlungs-Nanocomputertomographie (SRnanoCT) und Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) zu entwickeln. Das Hospitationsprogramm wird auch zukünftig intensiv beworben, um weitere Interessent:innen anzuziehen.

## 4. Strategische Themen

### 4.1. Talentmanagement

In Helmholtz Information nutzen die Wissenschaftler:innen das breit gefächerte Know-how und die einzigartigen Ressourcen ihrer Programme um sich engagiert und stetig wiederkehrend an der Lehre ihrer Hochschulpartner zu beteiligen. Neben gezielten Maßnahmen bezüglich Rekrutierung und Entwicklung junger Talente steht vor allem die herausragende Qualifizierung der Nachwuchswissenschaftler:innen an erster Stelle der Fortbildungsangebote.

Um die **Vertretung von Frauen in der Informatik** aktiv zu fördern, setzte das Scientific Computing Center (SCC) am KIT seine Initiative „**Women As Research Peers For Information Technology**“ (Warp4IT<sup>8</sup>) fort, eine Vereinigung und ein Netzwerk von Studentinnen und Wissenschaftlerinnen in diesem Bereich. Warp4IT bietet ein wissenschaftsorientiertes Mentoring-Programm für Studentinnen der MINT-Fächer an. Zudem veranstaltet Warp4IT eine offene Seminarreihe, in der Wissenschaftlerinnen des KIT und anderer Einrichtungen Einblicke in ihre eigenen Karrierewege geben und den Austausch über Erfahrungen und persönliche Fragen fördern.

Das Netzwerk „**Jülich Women in HPC**“ (JuWinHPC<sup>9</sup>), das Ende 2022 am FZJ gegründet wurde, setzt sich für Chancengerechtigkeit, Vielfalt und Integration im HPC-Bereich ein. Das Hauptziel ist es, die HPC-Community durch Sensibilisierungsmaßnahmen und Vernetzungsaktivitäten inklusiver zu gestalten, ein besseres Verständnis für das Ungleichgewicht zwischen den Geschlechtern zu schaffen und unterrepräsentierte Gruppen im HPC-Bereich sichtbarer zu machen und besser zu integrieren. JuWinHPC ist als lokale Gruppe von der Dachorganisation „Women in High Performance Computing“ (WHPC<sup>10</sup>) kürzlich als erstes deutsches Chapter anerkannt worden.

Das JSC bietet in Kooperation mit der FH Aachen einen **ausbildungsintegrierten Bachelor-Studiengang Angewandte Mathematik und Informatik** und einen darauf aufbauenden gleichnamigen Master-Studiengang an. Im Jahr 2023 haben insgesamt 29 Studierende das duale Studium begonnen, 24 haben die IHK-Prüfung erfolgreich absolviert und 23 haben zusätzlich den Bachelor of Science erworben. Im vergangenen Jahr organisierte das JSC erneut das internationale Gaststudierendenprogramm „Scientific Computing“<sup>11</sup> für Studierende in Masterstudiengängen mit sieben Teilnehmenden aus sieben Ländern.

Die **Graduiertenschulen** IHRS BioSoft (FZJ), BioInterfaces International Graduate School (KIT) und HIDSS4Health (KIT, DKFZ) haben ihre erfolgreiche Zusammenarbeit bei den Kursangeboten ausgebaut. Neben einer Vorlesungsreihe zur "Kernspinresonanz", einem Blockkurs "Python from Zero to Data Science" (in Zusammenarbeit mit HIFIS) und einem Kurs zur "Effektiven visuellen Wissenschaftskommunikation" wurde in Zusammenarbeit mit Helmholtz Imaging eine breit angelegte Vorlesungsreihe "Sechs Hauptaufgaben der Bildverarbeitung" durchgeführt.

Das **Postdoc-Office** des HZB hat erfolgreich zusätzliche Mittel bei der Helmholtz-Gemeinschaft beantragt, um ein Job-Shading-Programm für Postdocs einzurichten, das Einblicke

---

<sup>8</sup> <https://www.scc.kit.edu/en/teaching/15568.php>

<sup>9</sup> <https://www.fz-juelich.de/en/ias/jsc/juwinhpc>

<sup>10</sup> <https://womeninhpc.org>

<sup>11</sup> <https://www.fz-juelich.de/en/ias/jsc/education/master-students/guest-student-programme/2023-guest-student-programme>

in außeruniversitäre Einrichtungen ermöglicht. Ziele des Programms sind die berufliche Orientierung für Postdocs und die Stärkung bestehender oder der Aufbau neuer Kooperationen zwischen HZB und Industrie.

Das KIT-interne Förderprogramm **Young Investigator Group Preparation Program (YIG Prep Pro)** unterstützt gezielt wissenschaftlichen Nachwuchs mit eigener Stelle und Ausstattung, um Forschungsprojekte zu realisieren und eine eigene Nachwuchsgruppe einzuwerben. Im Berichtsjahr wurden in P3 fünf Forschende gefördert, davon vier Frauen.

In den Zentren wurden **neue Professuren** geschaffen. Beispiele sind Dr. Ioan Pop (KIT), der auf eine gemeinsame Professur zwischen Stuttgart und Karlsruhe berufen wurde, wo er auch Direktor einer Abteilung "Quantencomputing" ist, und Junior-Professor Jens Bauer, der auf die W1-Professur für „Metamaterialien“ am KIT-Institut für Angewandte Materialien – Zuverlässigkeit und Mikrostruktur berufen wurde. Damit ist es wiederum gelungen, einen herausragenden Nachwuchswissenschaftler und bisherigen Emmy-Noether-Nachwuchsgruppenleiter ans KIT zu binden. Er ist zudem assoziierter Principal Investigator des Exzellenzclusters 3D Matter Made to Order und schlägt mit seinem Forschungsschwerpunkt auf nanoarchitektonischen Metamaterialien eine Brücke zwischen den Topics 1 und 2 in P3.

#### 4.2. Vernetzung

Die Wissenschaftler:innen von Helmholtz Information waren auch im vergangenen Berichtsjahr an zahlreichen nationalen wie internationalen Kooperationen beteiligt, um die wissenschaftliche Vernetzung inner- und außerhalb der Helmholtz Gemeinschaft weiter auszubauen. Aus dieser Vielzahl werden einige hier exemplarisch herausgegriffen.

Die gemeinsamen Arbeiten innerhalb der JLS VMD und MDMC stärken wesentlich die Vernetzung innerhalb von P3 und darüber hinaus mit den anderen **Forschungsbereichen**. Durch ein Helmholtz Imaging Projekt (Smartphase) für ein schnelles, intelligentes 3-D-Röntgenbild zur Materialprüfung wird die Vernetzung mit dem FB Materie und Helmholtz Energy in den beteiligten Zentren DESY, HEREON, HZDR und HZB gefördert. Gemeinsam mit dem Institut AI for Health und dem Helmholtz-Zentrum München, wurde ein weiteres Helmholtz Imaging Projekt mit dem Ziel gestartet, KI-unterstützte computerbasierte Bildgebung zu entwickeln, um die Erzeugung menschlicher Lungenorganoide mit hoher Ausbeute und hoher Reproduzierbarkeit zu erleichtern, die als Modellsystem für Lungenerkrankungen, Arzneimittel-screening und Impfstoffentwicklung verwendet werden können.

Es gibt zahlreiche Synergien zwischen den Aktivitäten des **Nationales Hochleistungsrechnen (NHR)** am KIT und den Aktivitäten in P1. Gemeinsam mit dem NHR-Zentrum in Erlangen koordinierte das SCC das NHR-Pathfinder-Projekt „Energy Efficiency and Performance of AI at Scale“. Das SCC war auch am Pathfinder-Projekt „Portable and Efficient Pinning for Hybrid HPC“ beteiligt sowie an einem Projekt, das zum Thema „Benchmarks und TCO für NHR-Beschaffungen“ beitrug.

Ebenfalls wurde die **europäische Vernetzung** weiter intensiviert. Eine bilaterale Zusammenarbeit zwischen der Universität Lund und Wissenschaftler:innen aus P2 auf dem Gebiet der Oxid-Dünnschichten, der Ko-Integration von Oxiden und II-V-Halbleiter-Nanodrähten und optischer neuromorpher Schaltungen wurde eingeleitet. Ein weiteres Beispiel ist die Partnerschaft zwischen dem FZJ und der Universität Twente, die den Austausch von Personen und regelmäßige Workshops auf dem Gebiet der Energiematerialien, der Informationstechnologie und des neuromorphen Computings umfasst.

Zusätzlich wurden auch **Kooperationen außerhalb Europas** aufgebaut. Ein Beispiel dafür ist das Oak Ridge National Laboratory (Prof. Tom Beck), das derzeit die erste amerikanische Exascale-Maschine beherbergt. Hier wurde eine Zusammenarbeit auf dem Gebiet der multiskaligen biomolekularen Simulation in Richtung Exascale begonnen. Ein beträchtlicher Teil der Computerzeit für ein gemeinsames Projekt wurde gerade zugewiesen. Damit beginnt eine Zusammenarbeit mit Prof. Harry Gray (Caltech), einem der weltweit bedeutendsten Wissenschaftler auf dem Gebiet der biologischen Elektronenübertragung, sowie mit Prof. Anabella Ivancich, einer weltweiten Expertin für EPR-Spektroskopie.

Der 15. JLESC-Workshop<sup>12</sup> fand im Jahr 2023 bei INRIA Bordeaux, Frankreich, statt. Insgesamt zwölf FZJ-Forschende nahmen an dieser Veranstaltung teil, um aktuelle Themen u.a. aus den Bereichen Supercomputing und maschinelles Lernen zu diskutieren, gemeinsame Projekte zu besprechen und neue Partner zu identifizieren. Sechs dieser Projekte mit Partnern von RIKEN R-CCES (Japan), dem Barcelona Supercomputing Center (Spanien), der University of Tennessee (USA), der University of Illinois at Urbana Champaign (USA) und dem Argonne National Laboratory (USA) wurden 2023 von Mitarbeiter:innen des Programms geleitet.

Die Zusammenarbeit von Hereon mit dem Korean Research Institute of Chemical Technology, dem Gwangju Institute of Science and Technology und dem Lawrence Berkeley National Lab ist ein weiteres Beispiel und führte zum rationalen Design und Herstellung von Halogenid-Perowskit-basierten Photoanoden für die Wasseroxidation, die für die Wasserstoffproduktion relevant sind.

#### 4.3. Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft

Die Programme zielen darauf ab, ihre wissenschaftlichen Erkenntnisse der Gesellschaft auf möglichst vielen Ebenen zugutekommen zu lassen, und durch ein breit gefächertes Bildungsangebot, umfangreichen Outreach-Aktivitäten in den einzelnen Topics sowie einer engen Zusammenarbeit mit der Industrie zur Entwicklung marktfähiger Produkte in einer Reihe von Themenbereichen beizutragen. Einzelne Beispiele werden im Folgenden vorgestellt.

##### Technologietransfer

Im Jahr 2023 wurde in **P1** eine Reihe von Kooperationen mit Technologiepartnern durchgeführt. Während die Zusammenarbeit mit NVIDIA in Form des „NVIDIA Application Lab at Jülich“ in das 11. Jahr ging, war das Jahr 2023 stark von der Beschaffung des GPU-bestückten JUPITER-Systems geprägt. So konzentrierte sich die Zusammenarbeit innerhalb des Labs auf die bereits laufenden Projekte, wie die Optimierung der Partikeltransportanwendung MPTRAC auf dem JUWELS Booster<sup>13</sup>. Die Evaluierung neuartiger Hardware im Rahmen der neu geschaffenen JURECA-DC Evaluierungsplattform wurde im Berichtsjahr fortgesetzt. So wurden beispielsweise die Graphcore IPU, teilweise gemeinsam mit dem Hersteller, mit verschiedenen Workloads evaluiert. Ein Knoten mit der neuesten Generation von NVIDIA-GPUs, H100, wurde eingebaut und basierend auf wichtigen Anwendungsfällen evaluiert. Außerdem wurden Ende des Jahres zwei NVIDIA Grace-Hopper-Knoten installiert und erste Tests in enger Zusammenarbeit mit NVIDIA durchgeführt, sowohl für die neuartige „Grace“-ARM-CPU als auch für die H100-HBM3-GPU. Die Zusammenarbeit mit ARM wurde im Laufe des Jahres fortgesetzt, und die Ergebnisse wurden in regelmäßigen gemeinsamen Sitzungen erörtert.

---

<sup>12</sup> <https://jlesc.github.io>

<sup>13</sup> *Accelerating Lagrangian transport simulations on graphics processing units: performance optimizations of MPTRAC v2.6.* Preprint. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-2547>

In **P2** hat der vom FZJ und der HHU Düsseldorf entwickelte Alzheimer-Kandidat PRI-002 von der Europäischen Arzneimittelbehörde (EMA) die Zulassung für eine klinische Studie der Phase II erhalten. Ziel der Studie ist der Nachweis der Wirksamkeit von PRI-002 bei Patient:innen in einem frühen Stadium der Alzheimer-Krankheit. Die Phase II-Studie wird von PRInnovation als Sponsor in enger Zusammenarbeit mit Priavoid, einer Ausgründung des FZJ und der HHU, durchgeführt und von der Bundesagentur für Sprungbrett-Innovation SPRIND aus Mitteln des BMBF finanziert.

Die zunehmende Nutzung von KI in **P3**, ihr Einsatz bei einer schnelleren und zielgerichteten Entwicklung von Materialien mit gesuchten Eigenschaften hat nicht nur zu einer engen Kooperation zwischen experimentell und theoretisch Forschenden aus verschiedenen Instituten geführt, sondern resultierte darüber hinaus in einer fruchtbaren Zusammenarbeit und der Gründung eines Spin-Off des KIT. Die Firma Aixelo Inc. hat es sich zur Aufgabe gemacht, Chemie- und Materialunternehmen bei der Integration von KI in ihre täglichen F&E-Abläufe zu unterstützen, um die Produktentwicklung zu beschleunigen und bahnbrechende Innovationen zu ermöglichen.

Im Hereon wurden am Institut für Membranforschung eine CO<sub>2</sub>-selektive Mehrschichtkompositmembran und die dafür notwendige Herstellungs-, Membranmodul-, Anlagen- und Simulationstechnologie entwickelt und in verschiedenen, z. B. auch vom BMWK geförderten Projekten erprobt. Diese langfristigen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten führten zum erfolgreichen Abschluss einer Lizenzvereinbarung mit dem britischen Unternehmen Cool Planet Technologies und dem geplanten Aufbau großskaliger Pilotanlagen für die Abtrennung von CO<sub>2</sub> an Zementwerken.

### **Wissenstransfer zu Entscheidungsträger:innen**

In **P1** erfolgt der Wissenstransfer zu Entscheidungsträger:innen u.a. durch institutionalisierte, projektbezogene und ad hoc Politikberatung, durch die Mitarbeit von Programmteilnehmer:innen in Beratungsgremien und durch zielgruppenspezifische Informationsdienste. Im Rahmen der parlamentarischen Politikberatung des Deutschen Bundestages (TAB) und der Lenkungsgruppe zur Zukunft von Wissenschaft und Technologie (Scientific Technology Options Assessment; STOA) des Europäischen Parlaments wurden im Jahr 2023 mehrere Studien veröffentlicht. Mit direktem Bezug zu den Themen von P1 bzw. von Helmholtz Information sind hier insbesondere Studien zu den Chancen und Risiken der Digitalisierung kritischer kommunaler Infrastrukturen im Bereich der Wasser- und Abfallwirtschaft, zu Vor- und Nachteilen des E-Votings im Vergleich zu konventionellen Wahlverfahren unter besonderer Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten sowie zu Grundlagen, Anwendungspotenzialen und möglichen Auswirkungen von ChatGPT und anderen großen Sprachmodellen der Sprachverarbeitung zu nennen. Im Rahmen der Aktivitäten im Deutschen Ethikrat waren Programmwissenschaftler:innen des KIT u.a. federführend an dessen Stellungnahme „Mensch und Maschine – Herausforderungen der Künstlichen Intelligenz“ beteiligt.

Die im Rahmen von **P2** entwickelten Forschungsarbeiten zu Quantencomputern und Quantenmaterialien wurden auf verschiedenen Veranstaltungen nicht nur der wissenschaftlichen Gemeinschaft, sondern auch potenziellen wirtschaftlichen Entscheidungsträger:innen vorgestellt: Mobile World Congress (Barcelona), Quantum World Messe (München), Quantum Effects Messe (Stuttgart), EQTC (Hannover), Hannover Messe (Hannover), NRW-Nanokonferenz (Dortmund), Quantum Technologies in Europe (Madrid). Beim Tag der offenen Tür der

NRW-Landesregierung in Düsseldorf und dem Sommerfest der NRW-Landesregierung in Berlin präsentierten Jülicher Wissenschaftler:innen der breiten Öffentlichkeit ihre Forschung zu den Programmenthemen Menschliches Gehirn, KI und Quantencomputing.

Im P3 ist das Hereon stark an der Entwicklung der Advanced Materials Initiative (AMI2030) auf europäischer Ebene beteiligt und koordiniert die Arbeitsgruppe zur Digitalisierung von Materialien. Die Strategische Forschungs- und Innovationsagenda (SRIA) wird derzeit als Grundlage für die mögliche neue "Innovative Materials for EU (IM4EU)"-Partnerschaft vorbereitet.

### **Wissen für Betroffene**

Die Bereitstellung von Wissen für Betroffene, dialogorientierte Formen der Wissenschaftskommunikation, die Einbindung von Forschungsthemen, die im außerwissenschaftlichen Diskurs entstehen, in den Forschungsprozess sowie die Konzeption und Erprobung neuer Forschungsformate (wie z.B. Reallabore und Citizen-Science-Ansätze) sind wichtige Elemente in P1. Im Jahr 2023 konnte das Programm eine Vielzahl von partizipativen Forschungsformaten, Dialogangeboten und öffentlichkeitswirksamen Veranstaltungen realisieren, z. B. zu den Themen großen Sprachmodelle (large language models; LLM) oder Cybersicherheit.

### **4.4. Drittmittelinwerbung**

Um die wissenschaftlichen Ziele der PoF-IV zu ergänzen und zusätzlich zu stärken, akquirierten die Wissenschaftler:innen der Programme eine Vielzahl von Drittmittelprojekten im Jahr 2023. Einzelne Projekte werden im Folgenden genannt. Weitere Projekte und Details finden sich in den Programmfortschrittsberichten.

Bei der Auswahlrunde der **ERC Grants** im Berichtszeitraum waren Forschende aus Helmholtz Information erfolgreich. Es konnten ein Consolidator Grant (Frank Biedermann, KIT), zwei Advanced Grants (Catherine Dubourdieu und Jens Eisert, HZB), ein Proof of Concept Grant (Christian Koos, KIT) und zwei Synergy Grants (Carsten Sachse (FZJ) und Wolfgang Wernsdorfer (KIT)) eingeworben werden.

Auf **europäischer Ebene** konnten für verschiedene Projekte Mittel eingeworben werden. Die Europäische Kommission hat eine Vereinbarung zur Finanzierung von EBRAINS 2.0 mit 38 Millionen Euro bis 2026 unterzeichnet. In den nächsten drei Jahren wird die Infrastruktur die Entwicklung von Werkzeugen und Diensten fortsetzen, um die Forschungsgemeinschaften in den Neurowissenschaften, der Hirnmedizin und den vom Gehirn inspirierten Techniken umfassend zu unterstützen.

Das EU-Quantum-Flaggschiff OpenSuperQ warb eine Fortsetzung in dem erweiterten siebenjährigen Projekt Open-SuperQPlus ein, welches mit 20 Millionen Euro gefördert wird. Es vereint nun 28 europäische wissenschaftliche und industrielle Forschungspartner aus zehn Ländern, die vom FZJ koordiniert werden, mit dem gemeinsamen Ziel, einen Quantencomputer mit 1.000 Qubits zu entwickeln.

PASQuans2 ist in seine erste Projektphase gestartet. Ziel des auf sieben Jahre angelegten Forschungsprojekts ist es, leistungsfähige, programmierbare Quantensimulatoren der nächsten Generation zu entwickeln, die mit bis zu 10.000 Atomen arbeiten. PASQuans2 ist die Fortsetzung des europäischen Vorzeigeprojekts PASQuans und bringt 25 wissenschaftliche und industrielle Partner aus sechs EU-Ländern zusammen. Die Europäische Union fördert PASQuans2 in den nächsten dreieinhalb Jahren mit 16,6 Millionen Euro als Teil des Rahmenprogramms Horizon Europe.



Das von der EU mit 723 T€ geförderten Projekt TrustLLM wird eine neue Generation großer Sprachmodelle (LLM) mit verbesserter Zugänglichkeit und Zuverlässigkeit schaffen und negative Effekte wie Halluzinationen und Verzerrungen abmildern, indem GPU-basiertes LLM-Training mit Schwerpunkt auf Nordeuropa eingesetzt wird.

Rafal Dunin-Borkowski vom ER-C (FZJ) ist der Hauptkoordinator des von Horizon Europe Projekts "Interoperable electron Microscopy Platform for advanced RESearch and Services" (IMPRESS). IMPRESS zielt auf die gemeinsame Entwicklung und Bereitstellung von fortschrittlichen Instrumenten, Methoden und Werkzeugen für die Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) ab, die revolutionieren sollen, wie TEMs von neuen und etablierten wissenschaftlichen Gemeinschaften genutzt werden. Durch die Kombination der neuen Instrumente, Methoden und Werkzeuge mit anderen Instrumenten in analytischen Forschungsinfrastrukturen sollen neue Geschäftsmöglichkeiten für kleine und mittlere Unternehmen geschaffen werden.

Das vom **BMBF** mit 695 T€ geförderte „WarmWorld Verbundprojekt Modul 3 Easier Teilprojekt 4: Exascale Implementierung“ begann einen integrierten Workflow zu entwickeln, der den Informationsgehalt des ICON-Modellierungssystems zusammen mit IFS-basierten Lösungen und Beobachtungsdaten auf eine Art und Weise darstellt, die die Intuition der Nutzenden verwendet und Innovationen unterstützt, und letztlich auf prototypische Workflows auf Exascale abzielt.

Ebenfalls vom BMBF wurde das Rhein-Ruhr-Zentrum für wissenschaftliche Datenkompetenz (DKZ.2R) mit 1,3 Millionen Euro gefördert, dessen Ziel es ist, datenbezogene Hürden abzubauen und Methodenkompetenz in den Bereichen Datenwissenschaften, maschinelles Lernen, Hochleistungsrechnen und Forschungsdatenmanagement ganzheitlich zu vermitteln. Das DKZ.2R ist in den Bereichen der Lebens- und Naturwissenschaften, der Ingenieurwissenschaften, der Mathematik und der Informatik tätig.

Im neuen **BMWK**-Verbundprojekt "S3-ALU wird ein Konsortium aus Forschung (MPIE, Access e.V., Hereon) und Industrie (Volkswagen AG, Bode - die Tür GmbH, LGL Bad Langensalza GmbH) die Erstellung eines skalenübergreifenden digitalen Zwillings einer in der Automobilindustrie weit verbreiteten Aluminiumlegierung vorantreiben, um die Möglichkeit der Substitution durch Sekundäraluminium zu bewerten und damit beträchtliches Treibhausgasminderungspotenzial zu erzielen.

Wissenschaftler:innen von Helmholtz Information sind in verschiedenen von der **DFG** geförderten Aktivitäten im Zusammenhang mit der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) tätig. So dienen z.B. Aktivitäten von Base4NFDI (525 T€) dazu die Grundlage für bessere Forschungsdaten nach dem FAIR-Prinzip zu schaffen, indem es zusammen mit den Expert:innen gemeinsame technische Dienste für die Daten in den verschiedenen Forschungsdisziplinen entwickelt. Die „Nationale Forschungsdateninfrastruktur für und mit Computer Science“ (NFDIxCs); 187 T€) zielt darauf ab, Dienste zur Speicherung komplexer domänenspezifischer Datenobjekte aus der spezifischen Vielfalt der Teilgebiete der Computer Science (CS) zu identifizieren, zu definieren und einzusetzen und dabei die FAIR-Prinzipien zu verwirklichen.

Das Institut für Nanotechnologie, Arbeitsgruppe Dr. Michael Selzer, ist am neuen SFB 1574 „Kreislauffabrik für das ewige Produkt“ am KIT beteiligt. Ziel ist es, den bisherigen linearen Wirtschaftsansatz grundlegend in Richtung eines zirkulären Verfahrens der Kreislaufwirtschaft zu verändern. In der Kreislauffabrik sollen gebrauchte Produkte möglichst automatisiert so aufgearbeitet werden, dass sie als Neuprodukte die Fabrik verlassen. Weiterhin wurde das Graduiertenkolleg 2450 „Maßgeschneiderte Multiskalenmethoden für Computersimulationen von nanoskaligen Materialien“ am KIT um eine weitere Förderungsperiode verlängert.

Vom **Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalens** werden Projekte im Kontext von Quantencomputing und -technologien gefördert: Das Ziel des Projekts „Entwicklungspartnerschaft für einen Ionenfallen-Quantencomputer in NRW“ (EPIQ; 20.9 Millionen €) ist es, einen eleQtron-Quantencomputer mit Ionenfallen-Qubits aufzubauen, in JÜ-NIQ zu integrieren und den Nutzer:innen im hybriden High-Performance- und Quantumcomputing-Modus (HPC-QC) zur Verfügung zu stellen. Des Weiteren wurde das Projekt QuGrids mit einer Förderung von 3 Mio. € eingeworben. Es soll untersuchen, wie quantenbasierte Technologien (Quantencomputer und Quantenkommunikation) die Planung und den Betrieb von Energienetzen verändern können und durch die Zusammenarbeit führender Akteure in NRW einen Verbindungspunkt für Hochschulen, Forschungseinrichtungen und private Unternehmen zu schaffen.

#### 4.5. Forschungsinfrastrukturen

Die Beschaffung des ersten europäischen Exascale-Systems mit dem Namen „**JUPITER**“ (**JU Pioneer for Innovative and Transformative Exascale Research**) wurde von EuroHPC JU mit umfassender technischer Unterstützung durch das JSC durchgeführt. Nach der Bekanntgabe des ausgewählten Supercomputer-Konsortiums ParTec-Eviden im Oktober 2023 konzentrierten sich die Aktivitäten auf die Detailplanung für die Lieferung und Installation des Systems sowie auf die Vorbereitung des „Early Access Program“, um die Nutzbarkeit des Systems vom ersten Tag an sicherzustellen und den Nutzenden die bestmöglichen Bedingungen für die Skalierung ihrer Software auf JUPITER zu bieten. Darüber hinaus wurden die Beschaffungen der nächsten Generation des „Jülich Storage“ (JUST6) in Kombination mit einem Festplattenspeicher für JUPITER (ExaJUST) und des modularen Rechenzentrums (Modular Data Center; MDC) durchgeführt. Außerdem wurden Verträge für die Beschaffung von zwei digitalen Quantencomputern, einem mit supraleitenden Qubits und einem mit Ionenfallen-Qubits, unterzeichnet. Die Quantencomputer werden für hybride Quanten-HPC-Berechnungen an den Supercomputer JURECA-DC angeschlossen. Diese hybriden Berechnungen auf einem System mit einer modularen Supercomputer-Architektur, die um ein Quantenmodul erweitert wurde, haben das Potenzial, den Energieverbrauch zu senken und so zur Ökologisierung der JSC-Computerinfrastrukturen beizutragen.

Die Aufgabe der am JSC angesiedelten **Jülich UNified Infrastructure for Quantum computing (JUNIQ)** ist es, der HELMHOLTZ-Forschung sowie der deutschen und europäischen Forschung und Industrie einen Cloud-Zugang zu verschiedenen Typen von Quantencomputern der nächsten Generation zu ermöglichen und Software-Emulationen von idealen und realen Quantencomputern auf den aktuellen und zukünftigen Supercomputern der Exascale-Klasse des JSC zu betreiben. Mit dem Auftrag, eine herstellerunabhängige, umfassende Benutzerinfrastruktur bereitzustellen, entwickelt JUNIQ systemübergreifende Software-Tools, Algorithmen und Prototyp-Anwendungen. Seit Januar 2022 bietet JUNIQ einen Peer-Review-basierten Zugang zu einem Advantage-System mit mehr als 5000 Qubits von D-Wave Systems Inc. („D-Wave“) mit dem Namen „JUPSI“ (Jülich Pioneer for Spin Interference) an, das am JSC betrieben wird. Seit Anfang 2022 wird eine rollierende Ausschreibung für Rechenzeitanträge auf JUPSI angeboten. Im Jahr 2023 wurde der zweite Computerraum im JUNIQ-Gebäude für die Installation des Pasqal-Systems vorbereitet, eines Quantensimulators mit über 100 neutralen Atom-Qubits, der im Rahmen des EuroHPC JU-Projekts HPCQS angeschafft wurde. Die Lieferung und Installation des Quantensimulators wurde von Ende 2023 auf das letzte Quartal 2024 verschoben. Ende 2023 wurden zwei digitale Quantencomputer, einer mit supraleitenden

Qubits und einer mit Ionenfallen-Qubits, bestellt, um die Quantencomputer-Infrastruktur weiter auszubauen.

Im Rahmen des Projekts **TLE4HSQ** (September 2021 - August 2023) wurde am FZJ eine Anlage zur thermischen Laser Epitaxie (TLE) für die verbesserte Materialabscheidung im UHV aufgebaut, die für viele elektronische Bauelemente wie supraleitende Quantenbits entscheidend ist.

Die **Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMFi)** ermöglicht exzellente Materialforschung innerhalb von Helmholtz Information, indem sie eine High-End-Plattform für modernste Materialstrukturierungs-, Charakterisierungs- und datengesteuerte Technologien und Expertise für ein breites Spektrum an Anwendungen bereitstellt. KNMFi bedient dabei acht Helmholtz-Einrichtungen, mehr als 30 KIT-Institute sowie Technologieinitiativen wie die Exzellenzcluster POLiS und 3DMM2O. Das KNMFi ist auch Partner für die Forschungsinfrastruktur im Helmholtz JL MDMC und auf europäischer Ebene für die NFFA European Pilot Infrastructure. KNMFi zieht Nutzer:innen aus der ganzen Welt an das KIT. Der kollaborative Ansatz für den Nutzerzugang hat 268 Publikationen (2022/23) hervorgebracht, von denen ca. 50% einen Impact Factor über 5 besitzen. Im Januar 2023 fand eine Evaluierung der prioritären Infrastrukturen (PRI) am KIT statt. Die KNMFi und das geplante Karlsruhe Centre of Optics & Photonics (KCOP) wurden gemeinsam mit dem Zentrum für hochauflösende supraleitende Sensoren (HSS) evaluiert. Das Gutachtergremium befürwortete die Bildung einer gemeinsamen PRI und empfahl den Nutzerzugang (derzeit an KNMFi) fortzuführen. Derzeit werden die Organisationsstruktur und die Finanzierung der gemeinsamen PRI festgelegt.

Das **Ernst Ruska-Centrum für Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen (ER-C)** leitet die European Distributed Research infrastructure for Advanced Electron Microscopy (e-DREAM), die ein aktiver Partner im Rahmen der analytischen Forschungsinfrastrukturen in Europa (ARIE) ist. Über e-DREAM steht das ER-C in Kontakt mit politischen Entscheidungsträger:innen, die an der Entwicklung von Forschungsinfrastrukturen in Japan, Australien, den USA und Kanada arbeiten. Auf der Grundlage dieser Initiative koordiniert das ER-C auch das Projekt HORIZON-INFRA-2023-SERV-01 "Research Infrastructure Access in NANoscience & nanotechnology" (RIANA). Die Forschung in den Bereichen Nanowissenschaft und Nanotechnologie ist für die Nachhaltigkeit weltweit von entscheidender Bedeutung. Fortschritte in diesen Bereichen können nicht ohne die Nutzung von Forschungsinfrastrukturen (FIS) erzielt werden. RIANA schließt sich sieben europäischen Netzwerken von Spitzen-FIS an, um die fortschrittlichsten Techniken für Nanofabrikation, Verarbeitung/Synthese, Charakterisierung und Analyse- sowie Simulationskapazitäten abzudecken. Der hochgradig maßgeschneiderte und effiziente Zugang zu 69 Infrastrukturen wird über eine zentrale Anlaufstelle koordiniert und durch einen umfassenden Wissenschafts- und Innovationsservice von erfahrenen Wissenschaftler:innen, Anlagenexpert:innen und hochqualifizierten Nachwuchswissenschaftler:innen ermöglicht. Dieser Kern von RIANA ist darauf ausgerichtet, erfahrene und neue Nutzer:innen aus der Wissenschaft und der Industrie anzuziehen, um ihre vielversprechenden Ideen zum Erfolg zu führen und sie auf eine höhere TRL zu bringen. RIANA ist offen für aufkommende wissenschaftliche Themen und Bedürfnisse: Gemeinsam mit Interessenvertreter:innen aus der Nano-Gemeinschaft nutzt RIANA die Möglichkeit, Zugang zu zusätzlichen Infrastrukturen in und sogar außerhalb Europas anzubieten und den wissenschaftlichen Service durch zusätzlich spezialisierte Nachwuchswissenschaftler:innen anzupassen. Basierend auf den Erfahrungen der letzten vier Jahre wird das RIANA-Konsortium eine Roadmap für die Zukunft der Nanowissenschaften und Nanotechnologie an europäischen RIs entwickeln.

## 5. Erfolgsindikatoren

|                                                                                                                        | Einheit         | 2019   | 2020    | 2021   | 2022    | 2023    | Veränderung<br>2023 zu 2022<br>absolut | Veränderung<br>2023 zu 2022<br>prozentual |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|---------|--------|---------|---------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| WoS-, SCOPUS oder Open Research Europe indexierte Publikationen                                                        | Anzahl          | 2.128  | 2.110   | 2.427  | 2.528   | 2.093   | -435                                   | -17%                                      |
| ... davon Open-Access-Publikationen                                                                                    | Anzahl          | 1.391  | 1.444   | 2.143  | 2.160   |         |                                        |                                           |
| Andere referierte Publikationen                                                                                        | Anzahl          | 107    | 148     | 174    | 134     | 150     | 16                                     | 12%                                       |
| Drittmittelерträge                                                                                                     | TEUR            | 73.316 | 106.536 | 94.010 | 110.800 | 194.920 | 84.120                                 | 76%                                       |
| Abgeschlossene betreute Promotionen                                                                                    | Anzahl          | 164    | 163     | 175    | 187     | 183     | -4                                     | -2%                                       |
| Postdocs                                                                                                               | Anzahl          | 418    | 393     | 412    | 408     | 434     | 26                                     | 6%                                        |
| Nachwuchsgruppen                                                                                                       | Anzahl          | 21     | 19      | 18     | 19      | 18      | -1                                     | -5%                                       |
| Ausgewählte koordinierte, nationale und intern. Förderprogramme                                                        | Anzahl          | 125    | 140     | 146    | 173     | 183     | 10                                     | 6%                                        |
| Kooperationen mit der Wirtschaft und externen nichtwissenschaftlichen Institutionen, öffentlich oder privat finanziert | Anzahl          | 168    | 164     | 219    | 284     | 286     | 2                                      | 1%                                        |
| Ausgründungen (Spin-offs) und kompetenzbasierte Gründungen (Start-ups)                                                 | Anzahl          | 5      | 1       | 4      | 4       | 5       | 1                                      | 25%                                       |
| Wissenstransferaktivitäten                                                                                             | FTE/Mio.<br>EUR | 4      | 4       | 17     | 36      | 40      | 4                                      | 11%                                       |
| Kapazität der grundfinanzierten Wissenschaftler                                                                        | PJ              | 902    | 920     | 1.019  | 906     | 958     | 52                                     | 6%                                        |
| Kapazität der drittmittel-finanzierten Wissenschaftler                                                                 | PJ              | 401    | 450     | 436    | 595     | 625     | 30                                     | 5%                                        |
| Summe Wissenschaftler                                                                                                  | PJ              | 1.303  | 1.370   | 1.455  | 1.500   | 1.584   | 84                                     | 6%                                        |

### Publikationen:

Die Anzahl der WoS-, SCOPUS oder Open Research Europe indexierten Publikationen ist im Vergleich zum Vorjahr um 17 % gesunken. Der Grund für den Rückgang der Publikationszahlen ist multifaktoriell. Eine detaillierte Analyse der Ursachen liegt zurzeit noch nicht vor. Allerdings ist zu beobachten, dass nach einem deutlichen Anstieg der Publikationszahlen während der Pandemiejahre 2021 und 2022, sich die Anzahl der Veröffentlichungen nun wieder einem Niveau vor der Pandemie annähert.

### Drittmittelерträge:

Der Anstieg der Drittmittelерträge in Helmholtz Information von ~111 Mio. EUR auf 195 Mio. EUR (+76 %) ist durch Erlöse großer Drittmittelprojekte (beispielsweise für HPC-Systeme wie JUPITER) zu erklären.

### Abgeschlossene Promotionen:

Die Anzahl der Promotionen ist im Vergleich zum Vorjahr mit einer Anzahl von 187 nahezu unverändert und in allen Programmen relativ konstant.

#### Grundfinanzierte Wissenschaftler:innen:

Die Anzahl der grundfinanzieren Wissenschaftler:innen ist im Vergleich zum Vorjahr um 52 PJ (+6 %) auf 958 PJ gestiegen. Die Veränderung liegt im Bereich der üblichen Schwankungen und spiegelt die Entwicklung auf Programmebene wider.

#### Drittmittel-finanzierte Wissenschaftler:innen:

Die Anzahl der Drittmittel-finanzierten Wissenschaftler:innen ist im Vergleich zum Vorjahr um 31 Personenjahre (PJ) (+5 %) auf 625 PJ gestiegen. Die Veränderung liegt im Bereich der üblichen Schwankungen.

### III. Forschungsbereich Materie: Bericht des Koordinators an den Senat

Koordinator: Prof. Dr. Helmut Dosch (DESY)

**Beteiligte Helmholtz-Zentren:** DESY, FZJ, GSI, HZB, HZDR, Hereon, KIT

#### Präambel

Der vorliegende **Bericht des Koordinators des Forschungsbereichs Materie** ist das Dachpapier für die **Fortschrittsberichte der drei Programme** des Forschungsbereichs. Mit Erreichen der Halbzeit der vierten Programmperiode soll in dem vorliegenden Fortschrittsbericht wie auch in den Programmfortschrittsberichten neben Highlights und besonderen Vorkommnissen des Jahres 2023 auch eine kurze **Zwischenbilanz hinsichtlich der im Zeitraum von 2021 bis 2023 erfolgten Erreichung der forschungspolitischen Zielvereinbarungen** dargestellt werden.

Die forschungspolitischen Zielvereinbarungen bildeten den Ausgangspunkt und den Rahmen für die Ausgestaltung der drei Programme des Forschungsbereichs Materie für die vierte Programmperiode der Helmholtz-Gemeinschaft. Der vorliegende Bericht des Forschungsbereichskoordinators greift insbesondere die übergeordneten Ziele im Forschungsbereich Materie auf und stellt das Erreichte dar. Weitere Ergebnisse zu **übergreifenden Zielen der Helmholtz-Gemeinschaft** werden im **Bericht zum „Pakt für Forschung“** dargelegt. Programmspezifische Ergebnisse und Erläuterungen zur Zielerreichung finden sich in den entsprechenden Fortschrittsberichten der drei Programme. Darüber hinaus stellen die sieben Zentren des Forschungsbereichs Materie in ihren **Zentrumsfortschrittsberichten** ausführlich das im Berichtsjahr 2023 erreichte dar und gehen konkret auf die Zielerreichung ein.

In **Kapitel 1** des vorliegenden Berichts werden die globalen Ziele (Auftrag und Aufgaben, Themen und Vorhaben) im Forschungsbereich Materie kurz beschrieben, der Forschungsbereich vorgestellt und über allgemeine Entwicklungen berichtet. Dies beinhaltet auch eine Bezugnahme auf Schnittstellen zu anderen Forschungsbereichen der Helmholtz-Gemeinschaft und darüber hinaus.

In **Kapitel 2** wird aus den Gremien des Forschungsbereichs berichtet, aber insbesondere auf aktuelle Entwicklungen im Forschungsbereich Materie Bezug genommen und in den Kontext der bis Ende 2023 erfolgten Umsetzung der **programmübergreifenden Senatsempfehlungen** gestellt. **Spezifische (Forschungsbereichs-weite) forschungspolitische Zielvereinbarungen** werden ebenfalls in diesem Kapitel aufgeführt und ihre Umsetzung in der ersten Hälfte der vierten Programmperiode dargelegt.

In **Kapitel 3 und 4** werden die Entwicklungen im Rahmen der programmübergreifenden Aktivitäten und die strategischen Themen (die aus Sicht des Senats der Helmholtz-Gemeinschaft von herausragender Bedeutung sind) ausführlich beschrieben. Beide Kapitel greifen die forschungspolitischen Zielvereinbarungen zu strukturellen Zielen und gemeinsamen Initiativen des Forschungsbereichs zu bereichsübergreifend Aktivitäten direkt auf und konkretisieren diese, beispielsweise mit den Themenfeldern Talentmanagement, Vernetzung, Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft, Drittmittelinwerbung und den Forschungsinfrastrukturen.

In **Kapitel 5** werden die wissenschaftsadäquaten Kennzahlen ausgewiesen, die den Fortschritt anhand von Schlüsselparametern quantifizieren.

Im **Anhang** wird zum aktuellen Stand der mit dem Forschungsbereich Materie assoziierten internationalen Forschungsinfrastrukturen European XFEL und FAIR vor dem Hintergrund der ursprünglichen forschungspolitischen Zielvereinbarungen berichtet.

## 1. Der Forschungsbereich im Überblick

Die Erforschung der Materie reicht von der Untersuchung ihrer Grundbausteine und den fundamentalen Kräften über die Erforschung der kosmologischen Entwicklung des Universums bis hin zur Entschlüsselung der Struktur von neuen Materialien und Wirkstoffen sowie den Prozessen in Nanosystemen und in großen Ensembles von Atomen und Molekülen. Der **Forschungsbereich Materie** erfordert eine komplexe Wissenschaftsinfrastruktur sowie wissenschaftliche Großgeräte, die im Rahmen großer, themenübergreifender, in vielen Fällen internationaler Projekte konzipiert, gebaut und betrieben werden. Seit der dritten Periode der **Programmorientierten Förderung (PoF)** ist der Forschungsbereich Materie in einer Struktur aufgestellt, die sich an Forschungsthemen orientiert. Daher werden die Forschungsaktivitäten in drei interdisziplinären Programmen koordiniert: **Materie und Universum (MU)**, **Materie und Technologien (MT)** und **Von Materie zu Materialien und Leben (MML)**. Neben der **Forschung (LK I)** zu diesen Programmen ist der **Bau und Betrieb von Großgeräten (LK II)** als nationale und internationale Forschungsinfrastrukturen eine zentrale Aufgabe des Forschungsbereichs.

In PoF IV sind die am Forschungsbereich Materie beteiligten Zentren das Deutsche Elektronen-Synchrotron **DESY**, das Forschungszentrum Jülich (**FZJ**), das **GSI** Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung mit seinen beiden Helmholtz-Instituten in Mainz (**HI Mainz**) und Jena (**HI Jena**), das Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (**HZB**), das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (**HZDR**) sowie das Helmholtz-Zentrum **Hereon** und das Karlsruher Institut für Technologie (**KIT**).

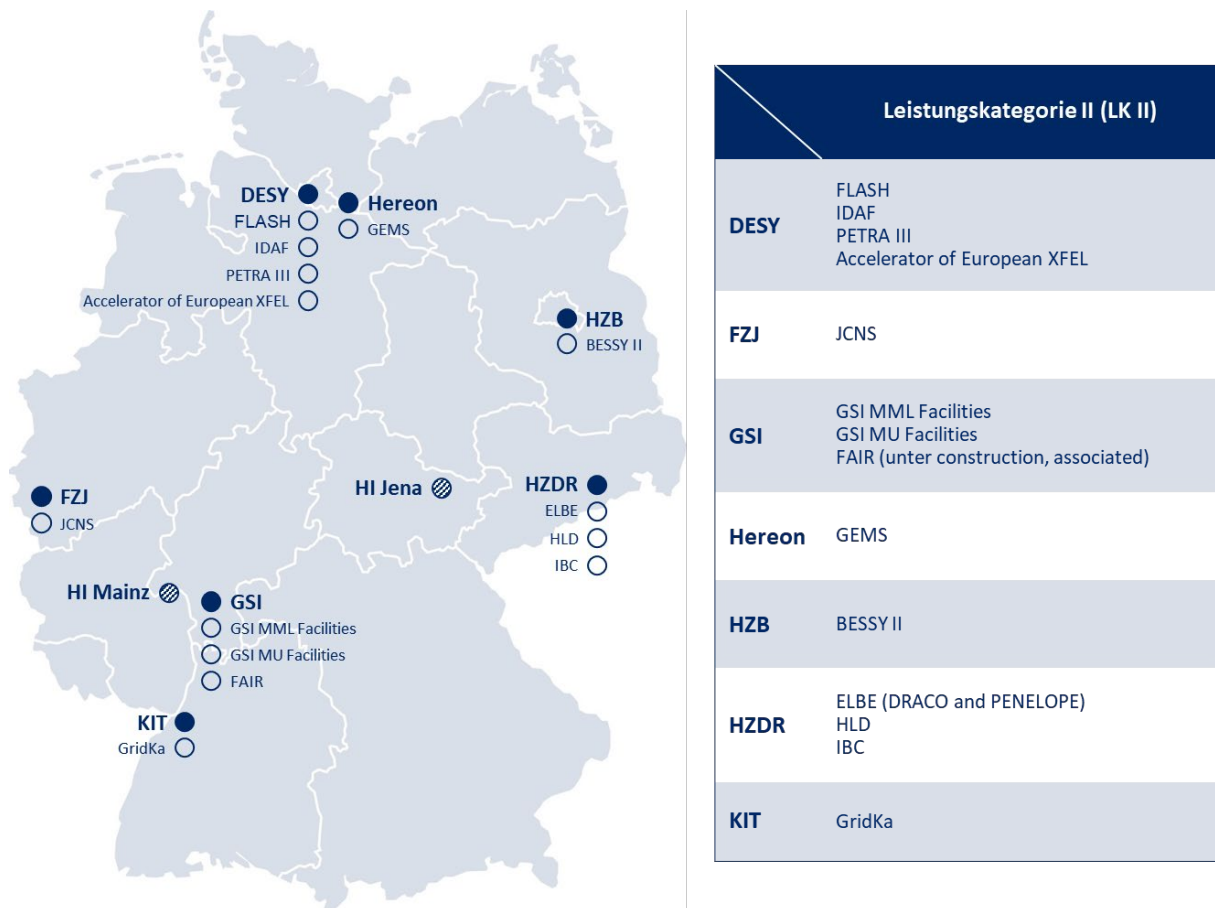


Abbildung 1: Die Helmholtz-Zentren (●), Helmholtz-Institute (◐) und LK II-Forschungsinfrastrukturen (○) sowie die assoziierten Forschungsinfrastrukturen des Forschungsbereichs Materie in PoF IV

Das **Programm MU** verbindet die Kompetenzen der Elementarteilchenphysik, Astroteilchenphysik, Physik der Hadronen und Kerne sowie der Plasmaphysik, um Antworten auf fundamentale Fragen im Verständnis des Quantenuniversums zu finden. Das **Programm MT** vereint technologische Kompetenzen der verschiedenen Helmholtz-Zentren und bildet die Grundlage zur Erarbeitung einer kohärenten Strategie für die Erforschung und Entwicklung neuer Beschleuniger- und Detektortechnologien, sowie neuer Datenmanagement-Systeme. Das **Programm MML** widmet sich der Analyse und Kontrolle der Struktur, Dynamik und Funktion von Materie und Materialien unter Nutzung großer Forschungsinfrastrukturen in enger Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen und industriellen Nutzer:innen.



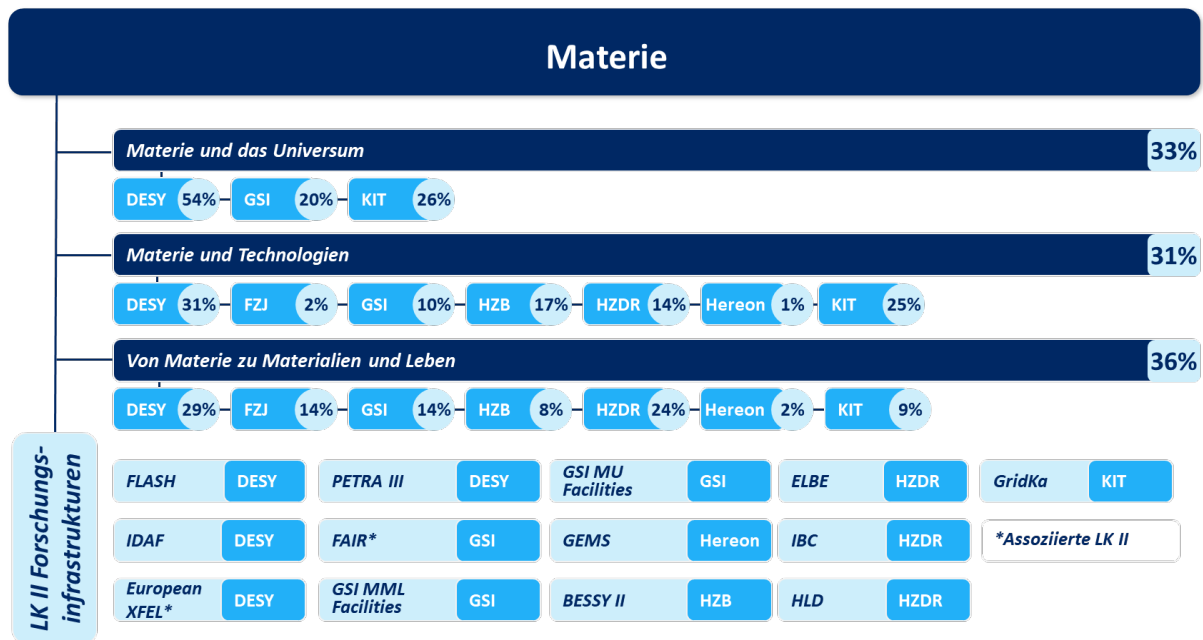


Abbildung 2: Schematische Übersicht der Struktur des Forschungsbereichs Materie mit seinen drei Programmen und den Forschungsinfrastrukturen. Prozentzahlen: Beiträge (Programmanteile) der Forschungszentren an den Programmen auf Grundlage der über die vierten Programmperiode gemittelten Vollkosten laut Plan.

## 1.1 Neuigkeiten aus den Gremien des Forschungsbereichs

Das Managementboard des Forschungsbereichs Materie traf sich 2023 zu drei virtuellen Sitzungen und einer ganztägigen Klausur in Präsenz. Ein wichtiges Thema in allen Sitzungen war der beginnende Strategieprozess im Forschungsbereich, der parallel zu den Strategieprozessen in den Zentren und der Helmholtz-Gemeinschaft angelaufen ist. Die erarbeiteten Strategien legen das Fundament für die nächste Periode der programmorientierten Förderung und beinhalten auch vorgeschlagene Änderungen im Forschungsbereich. Dies betrifft u.a. die Querschnittsthemen und Cross-Cutting Activities, die Helmholtz-Roadmap, strukturelle Verschiebungen und Änderungen in der Organisation des Forschungsbereichs, aber auch die neue Aufstellung von Sprecher:innen für die Programme und Topics.

Der Lenkungsausschuss Materie als wichtige Austauschplattform der Wissenschaftler:innen des Forschungsbereichs mit dem Managementboard, allen Programm- und Topic-Sprecher:innen, deren Vertretungen sowie dem Coordination Board kam zu einer virtuellen Sitzung am 30.03.2023 und einer Klausur in Präsenz am 07.-08.09.2023 zusammen. In den Sitzungen wurde wertvoller Input *bottom-up* für die laufenden Strategieprozesse eingebracht.

Die Mitglieder der Forschungsbereichsplattform Materie fanden sich im Jahr 2023 am 13.03. (virtuell) und am 25.09.2022 (in Präsenz) zu gemeinsamen Sitzungen zusammen. Die Plattformen als zentrales Austauschorgan von wissenschaftlichem Management und Zuwendungsgebern behandelten als Themen die strategischen Vorbereitungen des Forschungsbereich Materie in für die nächste PoF-Periode, die Aktualisierungen der Helmholtz-Roadmap, sowie die Nachhaltung der Forschungspolitischen Ziele von PoF IV.

Der Strategische Beirat tagte am 02.-03.05.2023 am DESY in Hamburg. Er bescheinigte dem Forschungsbereich Materie eine sehr erfolgreiche Entwicklung in den letzten Jahren. Bei der Besprechung der Strategie des Forschungsbereich Materie hat der Strategische Beirat u.a. die zentrale Rolle von Grundlagenforschung betont. Besonderes Augenmerk der Sitzung lag im Jahr 2023 auf den Themen Nachhaltigkeit und Talentmanagement. Auf der Sitzung wurde

zudem *High-Impact Research* im Rahmen einer Postersession vorgestellt. Als besonderes Highlight haben sechs für den Helmholtz-Promotionspreis nominierte Nachwuchsforscher:innen (inkl. der beiden Preisträger:innen) ihre Forschungsarbeiten vorgestellt.

## **1.2 Entwicklungen aufgrund der Preis- und Energiekrise**

Die drei Programme des Forschungsbereichs Materie haben ihre Arbeit 2023 noch weitgehend planmäßig fortgesetzt. Es besteht jedoch zunehmend das Risiko, dass in den kommenden Jahren Mittel für die Erreichung der wissenschaftlichen und strategischen Ziele fehlen werden. Aufgrund der Inflation, der Energiekostensteigerungen, Lieferschwierigkeiten und Preisexplosionen bei kritischen Produkten (z.B. beim Betriebsgas Helium) und der Tarifsteigerungen im öffentlichen Dienst sind die Zentren derzeit in einer äußerst schwierigen finanziellen Situation. Obwohl die Zentren in den zurückliegenden Monaten vorsichtig gewirtschaftet haben, sind kurz- und langfristige Auswirkungen auf die Wissenschaft und die Mitarbeitenden absehbar. Das betrifft derzeit den Bereich der zeitlich befristeten Stellen, insbesondere die Positionen für Doktoranden und Postdoktoranden, der bedauerlicherweise stark von den erforderlichen Sparmaßnahmen betroffen ist und im Grundhaushalt deutlich reduziert werden musste. In einigen Zentren des Forschungsbereichs mussten aufgrund fehlender Ressourcen Bau- und Forschungsvorhaben annulliert werden, mit Konsequenzen für die strategische Aufstellung für die nächste Periode der Programmorientierten Förderung.

## **2. Stand der Umsetzung der programmübergreifenden Senatsempfehlungen und der spezifischen Forschungspolitischen Ziele**

Es folgt ein kurzer Bericht zum Stand der laufenden Strategieplanung und der Umsetzung der programmübergreifenden Senatsempfehlungen sowie von spezifischen (Forschungsbereichsweiten) Forschungspolitischen Zielen; über die Umsetzung der Empfehlungen und Ziele zu den einzelnen wissenschaftlichen Programmen (LK I) und den zugehörigen Forschungsinfrastrukturen (LK II) wird in den entsprechenden Programmfortschrittsberichten informiert

### **2.1 Programmübergreifende Senatsempfehlungen**

#### **Offen bleiben für neue Forschungslinien und neue Themen**

Der Forschungsbereich ist an nationalen, europäischen und internationalen Strategieprozessen aktiv beteiligt. So wurden z.B. in den Bereichen der Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik (European Strategy, US "Decadal Survey on Astronomy and Astrophysics" und "Snowmass"- und "P5"-Prozesse) an Strategieprozessen mitgewirkt oder es wurden in den jeweiligen wissenschaftlichen Communities White Paper verfasst (White Paper Quantencomputing (arxiv: 2307.03236) und White Paper Strahlenforschung (doi:10.15120/GSI-2023-00685) (siehe Kapitel 3). Im Bereich Photon Science sind mehrere Zentren Mitglied des europäischen LEAPS-Konsortiums, das 2022 ein europäisches Strategie-Dokument (ESAPS 2022) der europäischen Kommission vorgestellt hat.

Exemplarisch sollen nun drei Projekte und Kooperationen genannt werden, mit denen der Forschungsbereich Materie neue Themen aufgreift und damit seine Vielfalt in der Forschung (und Öffentlichkeitsarbeit) darstellt:

Im Rahmen der jüngsten Aktivitäten im Bereich der Lebensmittelwissenschaften am JCNS des FZJ gehörte die Einrichtung eines Lebensmittellabors. Dies wurde in Zusammenarbeit mit der

Formo GmbH und der Friesland Campina durchgeführt, um Käse, Milchpulver und Emulsionssysteme für mögliche Anwendungen in der veganen Ernährung zu untersuchen und zu charakterisieren. Das JCNS arbeitet darüber hinaus mit den Unternehmen Lipoid GmbH, Rubisco Food NV und IOI Oleo GmbH der Charakterisierung von Phospholipiden, Proteinen und Ölen zusammen (siehe Kapitel 4).

In Zusammenarbeit mit dem KIT organisierte das Naturkundemuseum Stuttgart 2023 die Ausstellung „Museum spezial – Die Anderen Wespen“, um die riesige Vielfalt von ca. 8000 Wespenarten und deren Bedeutung für das Ökosystem zu zeigen. Im Mittelpunkt standen dabei u.a. eine neuentdeckte Wespenart und eine sehr ungewöhnliche „Geweihwespe“, die beide kürzlich gemeinsam mit den Röntgenmethoden in 3D analysiert und beschrieben wurden. In der Ausstellung wurden dazu auf Tomographiedaten basierende interaktive VR-Modelle und realistische, überlebensgroße Exponate präsentiert. Außerdem wurde in einem Film gezeigt, wie winzige schlüpfende *Trichogramma*-Wespen aus ihren Wirten schlüpfen. Die Aufnahmen basieren auf den Einsatz einer vom KIT neu entwickelten, hoch dosiseffizienten Röntgenbildgebungstechnik (siehe Kapitel 4).

Das Ziel des europäischen Forschungsprojekts *artEmis*, an dem GSI gemeinsam mit zwölf anderen Instituten beteiligt ist, ist ein zuverlässiges Frühwarnsystem für Erdbeben: Ein Netzwerk von Sensoren, die den Radongehalt und andere Parameter in ausgewählten Wasserquellen in Europa messen, soll Erdbeben mehrere Tage im Voraus erkennen können. Hierbei spielt GSI eine Schlüsselrolle in der Sensorik und Analytik, und bringt Kenntnisse basierend auf Teilchen- und Strahlungsdetektoren, Signalverarbeitungselektronik und Datenverarbeitungssystemen für kernphysikalische Experimente und Methoden der KI ein.

Die Forschung zu Quantentechnologien (u.a. Quanten-Computing, Quanten-Materialien und Quanten-Sensoren) rückt immer stärker in den Fokus und wird mittlerweile als Helmholtz-weit in der neu eingerichteten strategischen Plattform Helmholtz-Quantum organisiert. Auch befassen sich mehrere Projekte des Innovationspools des FB Materie mit dem Thema Quantenforschung (siehe Kapitel 3).

Eine weitere erfolgreiche Initiative, an der der Forschungsbereich Materie maßgeblich beteiligt war, ist die geplante Gründung des Deutschen Zentrum für Astrophysik (DZA), welches durch das „Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen“ in der sächsischen Lausitz gebaut werden wird. Das DZA wird Grundlagenforschung mit internationaler Strahlkraft betreiben, ressourcensparende Digitalisierung vorantreiben und neue Technologien entwickeln und damit wirtschaftliche Perspektiven über die Wissenschaft hinaus in die Regionen tragen. Das Projektbüro ist bei DESY angesiedelt und hat die Berufung des designierten Gründungsdirektors, dem wissenschaftlichen Direktor der Europäischen Weltraumorganisation ESA, Günther Hasinger, zum 1. Juni 2023 abgeschlossen (siehe Kapitel 4).

Aktuelle Forschungsthemen und -ideen werden zudem – in den meisten Fällen als Kooperation mehrerer Helmholtz-Zentren - als Projektvorschläge für die Helmholtz Roadmap erarbeitet.

Weitere neue Projekte und Initiativen werden in Kapitel 4.4 *Drittmittelleinwerbung* vorgestellt (z.B. DarkQuantum, RIANA, O.S.C.A.R.S., eRImote, VIPR, PROMISE, HEARTS, EASI-STRESS, iSAS, KI4D4EAW, KI-Morph, KI4D4E, QUASY und die beiden Sonderforschungsbereiche 1245 und 1636).

Der Innovationspool des Forschungsbereichs Materie ist ein effizientes Werkzeug, um neu aufkommende, strategisch wichtige Wegbereiterprojekte zu bearbeiten. Der Innovationspool

ermöglicht, auf gesellschaftlich relevante Themen zu reagieren und meist stark interdisziplinäre und innovative Aktivitäten außerhalb der (langjährig geplanten) programmorientierten Förderung zu finanzieren. Dabei stehen programm- und forschungsbereichsübergreifende Projekte im Vordergrund. In bisher zwei Ausschreibungsrunden (2019-2020 und 2021-2024) wurden insgesamt 17 Projekte gefördert.

Der Innovationspool speist sich aus 1% der LK I-Mittel aller Zentren (für 2023 ca. 4,5 Mio. Euro), aus Eigenmitteln der Zentren (für 2023 ca. 2,2 Mio. Euro) sowie aus Mitteln von externen Kooperationspartnern (für 2023 ca. 0,5 Mio. Euro). Die Projektauswahl erfolgt gemeinsam durch das Management der Programme, die Zentrenvorstände und Zuwendungsgeber.

Die Zentren des Forschungsbereichs Materie erarbeiteten im Jahr 2023 ihre Zentrenstrategien und – im regelmäßigen Austausch – auch die gemeinsame Strategie des Forschungsbereichs Materie. Die Strategieprozesse führen oft zu den in der Folge vom Innovationspool geförderten Wegbereiterprojekten. Der Innovationspool stellt somit gewissermaßen ein Bindeglied zwischen den einzelnen PoF-Perioden dar, mit dem man neu aufkeimende Fragestellungen oder technologische Innovationen in die kontinuierliche Gestaltung der programmorientierten Forschung integrieren kann.

Attraktiv sein für junge und aufstrebende Wissenschaftler:innen, sowie eine Vorbildfunktion übernehmen für durchschlagende Maßnahmen im Umgang mit der gesellschaftlichen Vielfalt

Der Forschungsbereich Materie strebt nachhaltige Personalentwicklung sowie eine diverse und inklusive Belegschaft in seinen Zentren an. Entsprechende Ziele und Maßnahmen sind in den Strategien der Zentren detailliert aufgeführt. Darüber hinaus arbeiten in einer Forschungsbereich Materie-weiten Arbeitsgruppe Fachexpert:innen aller Zentren zusammen. Diese tauschen sich über den Status Quo in den Zentren aus und entwickeln Impulse für mögliche neue Maßnahmen. Ein erstes Konzeptpapier *Talentmanagement für den Forschungsbereich Materie: Bestandaufnahme und Empfehlungen für die Zukunft* wurde von der Arbeitsgruppe in den Gremien des Forschungsbereichs vorgestellt und diskutiert.

Der Großteil aller Maßnahmen an den Zentren richtet sich auf die Entwicklung von Studierenden, Promovierenden und Nachwuchswissenschaftler:innen. Es werden aber auch allgemeinere Initiativen und Maßnahmen umgesetzt, z.B. die Konzeption einer Arbeitgebermarke (Employer Branding), das Zertifikat „berufundfamilie“, die Unterzeichnung der Charta der Vielfalt / Diversitätssiegel oder Onboardingprozesse für neue Mitarbeiter:innen. Daneben haben alle Zentren des Forschungsbereichs Materie zur Erhöhung der Diversität der Belegschaft eigene Gleichstellungspläne verfasst, die regelmäßig evaluiert und aktualisiert werden. Die darin festgehaltenen Maßnahmen sind sehr konkret formuliert und leisten einen wichtigen Beitrag zur Gleichstellung der Geschlechter an den Zentren. In der Helmholtz-Gemeinschaft und im Forschungsbereich werden auch konkrete Maßnahmen zur Frauenförderung umgesetzt, wie die gezielte Berufung von exzellenten Wissenschaftlerinnen auf W2- und W3-Professuren. Für eine detaillierte Beschreibung siehe auch Kapitel 2 zum Forschungspolitischen Ziel *Talentmanagement*.

Highlights der genannten Maßnahmen für das Berichtsjahr 2023 sind im Kapitel 4.1 *Talentmanagement* zusammengefasst.

Industriekontakte innerhalb der verschiedenen Projekte konkret implementieren

Im Forschungsbereich Materie wird das strategisch wichtige Thema *Innovation und Transfer* auf Zentren-Ebene organisiert. Jedes Zentrum arbeitet mit einer eigenen Transferstrategie und besitzt Stabsstellen wie z.B. *Industrial Liaison Officers* (ILO), *Chief Technical Officers* (CTO)

oder ganze Transfer-Abteilungen. Diese Einheiten sind substantiell mit Ressourcen hinterlegt (zwischen 10 und 33 FTE in den Zentren des Forschungsbereichs). Sie bieten für konkrete Forschungsprojekte Hilfestellung, Transferaspekte schon bei der Antragstellung zu berücksichtigen und Industriekontakte als Kooperationspartner für die Projekte zu vermitteln. Für den wissenschaftlichen Nachwuchs gibt es eine Reihe von *Helmholtz Transfer Akademien*, die größtenteils Zentren-übergreifend arbeiten: InnoSuper (FZJ, GFZ, HZDR, KIT), HAFIS (KIT, FZJ, GSI, HZDR), Future Innovators (DLR, DESY), HZDR Innovators School (HZDR), CAROTS Start-Up School (DESY, Hereon) und Hereon Innovation Lab (Hereon). Die Akademien vermitteln niederschwellig die Grundlagen von Wissens- und Technologietransfer, aber auch Teamführungskompetenzen und Hilfestellung in rechtlichen Fragen und fördern so die Grundlage für konkrete Industriekontakte.

Die leitenden Transferexpert:innen der Zentren arbeiten in einer Forschungsbereichs-weiten Arbeitsgruppe *Innovation* zusammen. Diese hat ein Papier *Eckpunkte des Forschungsbereichs Materie im Bereich Innovation 2021 – 2027 (PoF IV)* erarbeitet und in den Gremien des Forschungsbereichs diskutiert. Darüber hinaus hat die Helmholtz Gemeinschaft auch eine zentrale, übergreifende Transferstrategie, die den Rahmen für die Aktivitäten im Forschungsbereich und den Zentren setzt.

Ein Leuchtturmprojekt für den Technologietransfer im Forschungsbereich Materie ist die Helmholtz-Innovationsplattform für beschleunigerbasierte Technologien und Lösungen Hi-Acts (siehe Kapitel 3.16). Die Betreiber dieser Plattform DESY, GSI, Hereon, HZB und HZDR haben sich zum Ziel gesetzt, Beschleunigertechnologien über Hi-Acts gemeinsam weiteren Bereichen der Gesellschaft zugänglich zu machen. Dabei stehen die Vertiefung bestehender und die Anbahnung neuer Industriekontakte im Fokus. Dadurch trägt Hi-Acts signifikant zur Erreichung der forschungspolitischen Ziele im Forschungsbereich Materie bei.

Exemplarisch sollen nun drei Projekte und Kooperationen genannt werden, in denen der Forschungsbereich Materie besonders eng und konkret mit der Industrie zusammenarbeitet:

Das HZDR und der Halbleiterhersteller GlobalFoundries haben im Sommer 2023 eine strategische Partnerschaft in einem *Memorandum of Understanding* vereinbart. Gemeinsam soll die bereits bestehende Kooperation auf allen Ebenen intensiviert werden: in den Bereichen Wissenstransfer, Technologieentwicklung, Nachwuchsförderung, Willkommenskultur und Vernetzung. Zudem gibt es auch konkrete gemeinsame Forschungsvorhaben, wie das EU-Projekt NIMFEIA zur Nutzung von magnonischen Anregungen für Rechenoperationen ohne energieverbrauchenden Informationstransport innerhalb der Chipstruktur

Das FZJ (JCNS) arbeitet im Rahmen seines im Jahr 2022 eingerichteten Lebensmittellabors intensiv mit den Firmen Formo GmbH und Friesland Campina zusammen, um Käse, Milchpulver und Emulsionssysteme für mögliche Anwendungen in der veganen Ernährung zu untersuchen. Darüber hinaus bestehen enge Kontakte mit den Unternehmen Lipoid GmbH und Rubisco Food NV und IOI Oleo GmbH zur Charakterisierung von Phospholipiden, Proteinen und Ölen.

Das DESY, EMBL und Hereon haben eine strategische Partnerschaft mit der Fraunhofer-Gesellschaft, initiiert, deren Ziel eine intensivere Nutzung der Beamlines durch Fraunhofer-Institute im Zusammenhang mit ihren Industrieprojekten ist. Beginnend ab der zweiten Jahreshälfte 2024 können Forschende aus Fraunhofer-Instituten über einen gesonderten Zugang Strahlzeit für gemeinsame Projekte an der Synchrotron-Lichtquelle PETRA III beantragen.

Eine detaillierte Beschreibung von erfolgreichen Transfermaßnahmen des Jahres 2023 sind in den Kapiteln 4.2 *Vernetzung* und 4.3 *Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft* zu finden.

Die Koordination der Forschungsgemeinschaft in Deutschland stärken und verstärkt übernehmen, um die Ziele der Helmholtz-Gemeinschaft (auch in den Bereichen Gesundheit, Energie usw.) zu fördern

Die Forschungsinfrastrukturen des Forschungsbereichs Materie sind das Kernelement der nationalen und internationalen Vernetzung mit Universitäten, anderen außeruniversitären Forschungseinrichtungen oder Industriepartnern. Die großen Nutzeranlagen stehen einer Vielzahl von akademischen und nicht-akademischen Personen aller Fachrichtungen für ihre Forschung zur Verfügung und bilden mit den vielseitigen Messmöglichkeiten auch Kondensationspunkte in der Strategieentwicklung von Wissenschaftseinrichtungen.

Für den Forschungsbereich Materie spielen auch die Cross-Cutting Activities eine wichtige Rolle, die die Zusammenarbeit des innerhalb des Forschungsbereichs und darüber hinaus in fünf zentralen strategisch wichtigen Querschnittsthemen organisieren (siehe Kapitel 3). Zudem beteiligt sich der Forschungsbereich aktiv an verschiedenen Strategieprozessen. Dazu zählen die Digitalisierungsstrategie, Quantenstrategie, Materialforschungsstrategie, die Helmholtz Photon Science Roadmap und das Gesamteuropäische Strategiedokument für Photonenquellen, die White Paper Strahlenforschung und Quantencomputing.

Die Zentren des Forschungsbereichs Materie sind Gründer und/oder Mitglied von einer Reihe von nationalen und internationalen Zusammenschlüssen. Darunter fallen die *League of European Accelerator-based Photon Sources* (LEAPS), die *League of Advanced European Neutron Sources* (LENS), die *Astroparticle Physics European Consortium* (APPEC), die *European Strategy for Particle Physics* (ESPP), die *European Low Energyaccelerator-based Neutron facility Association* (ELENA). Mitglieder des Forschungsbereichs Materie besetzen zudem zentrale Management- und Beratungspositionen (oder andere Schlüsselpositionen) in den Komitees/Organisationen KFN, KET, KAT, KHuK, ErUM-Data, NFDI, ECFA Detector Roadmap, Future Colliders Forum, APPEC, NuPPEC, ICFA, IUPAP-C4, P5. Aufgrund dieser Positionen und des Einflusses der wissenschaftlichen Beiträge des Forschungsbereichs Materie ist die konstitutive Gestaltung der Forschungslandschaft gewährleistet.

Schließlich sollen - angesichts der Entwicklung in der Informatik und der Datenwissenschaft, die sich auf alle Facetten der Wissenschaftsprogramme auswirkt und wertvolle Synergien zwischen den Forschungszentren und den Einrichtungen schafft – die Planung und Bereitstellung ausreichender Ressourcen für die Datenverarbeitung und -berechnung vorangetrieben werden

Datenmanagement und -analyse sind im Forschungsbereich Materie zentral im Topic MT-DMA verankert. Ein weiterer Baustein ist die Cross-Cutting Activity *Information and Data Management*, die in Zusammenarbeit mit den Forschungsbereich Information Synergien hebt. Als Helmholtz-weite Aktivitäten sind die (auch von Zentren des Forschungsbereichs Materie koordinierten) Helmholtz Inkubatorplattformen Helmholtz.AI, Helmholtz Federated IT Services (HIFIS), Helmholtz Metadata Collaboration (HMC), Helmholtz Imaging und Helmholtz-Data Federation (HDF) zu nennen, sowie die Helmholtz Information & Data Science Academy (HIDA) mit ihren Schools für Promovierende und Postdocs. Die Helmholtz Inkubatorplattformen, die teilweise auch von externen Partnerorganisationen genutzt werden können, wurden 2023 alle positiv evaluiert und verlängert. Als verbindendes und strukturgebendes Element setzt eine forschungsbereichsweite Digitalisierungsstrategie den organisatorischen und wissenschaftlichen Rahmen in Helmholtz.



Als Forschungsinfrastrukturen für Datenmanagement und -analyse betreibt der Forschungsbereich Materie IDAF (DESY), GridKA (KIT) und den Green IT Cube (GSI). Zudem wurde ein Update des Grid-Computing für den High-Luminosity LHC auf der Helmholtz Roadmap vorgeschlagen, um die Kapazitäten zu erhöhen, die im High-Luminosity-Betrieb des LHC notwendig sind.

Auch strukturell setzt der Forschungsbereich auf eine Stärkung des Datenmanagements und -analyse. So soll das polnisch-deutsche Forschungszentrum für datenintensive Systemforschung in Görlitz (Center for Advanced System Understanding, CASUS) künftig an MT-DMA assoziiert werden, auch wenn die eigentliche, offizielle Eingliederung in die Helmholtz-Gemeinschaft erst in 15 Jahren erfolgt. Zudem hat das KIT mittelfristig eine Beteiligung an MT-DMA beschlossen (zu PoF V), womit dann alle Zentren des Forschungsbereichs Materie an MT-DMA beteiligt sein würden.

Eine halbjährliche Erhebung des Forschungsbereichs Materie des personellen, technischen und finanziellen Bedarfs für die Digitalisierung und Automatisierung seiner Beamlines an den Forschungsinfrastrukturen zeigt allerdings, dass eine weitere Steigerung der Zahl an *remote*-, *mail-in*- und *staff-assisted*-Experimenten nicht ohne neue Investitionen erreicht werden kann. Bei den Nutzer:innen scheint insbesondere die Möglichkeit für Experimente im *hybrid*- und *remote*-Modus an den Forschungsinfrastrukturen attraktiv zu sein. Ein Pilotprojekt für eine Umstellung auf einen ferngesteuerten, automatisierten Messbetrieb ist die in Kapitel 3.17 vorgestellte Demonstrator Beamline ROCK-IT, die explizit auf KI-Methoden setzt.

Weitere konkrete Projekte (z.B. PUNCH4NFDI, BASE4NFDI, DAPHNE4NFDI, ErUM-DataHub (z.B. VIPR), die auf die Umsetzung der FB Materie-Digitalisierungsstrategie einzahlen und die Entwicklung von Methoden zur Analyse von Big Data oder die Entwicklung von digitalen Zwillingen thematisieren, sind u.a. in Kapitel 4.2 Vernetzung und 4.5 Forschungsinfrastrukturen aufgeführt.

## 2.2 Spezifische forschungspolitische Ziele

In den *Forschungspolitischen Ziele des Forschungsbereichs Materie der Helmholtz-Gemeinschaft für die IV. Periode der Programmorientierten Förderung* hat der Forschungsbereich Materie zusammen mit den Zuwendungsgeber wichtige forschungspolitische Ziele für die Forschungsprogramme und den Forschungsbereich vereinbart, die den forschungspolitischen Rahmen der Arbeit der Zentren vorgeben. In diesem Koordinatorenbericht wird über die Umsetzung von spezifischen (forschungsbereichsweiten) forschungspolitischen Zielen in der ersten Hälfte der vierten Programmperiode berichtet. Sie umfassen die prioritären forschungspolitischen Ziele sowie strukturellen Ziele (insbesondere Technologietransfer, Materialforschung, Digitalisierung).

### Prioritäre forschungspolitische Ziele des Forschungsbereichs Materie

(a) Die prioritären Ziele des Forschungsbereichs umfassen die optimierte Nutzung internationaler Großforschungsanlagen in den Bereichen Teilchen-, Hadronen- und Astroteilchenphysik, sowie die verstärkte Nutzung des europäischen Röntgenlasers XFEL, der European Spallation Source (ESS), der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) sowie des Instituts Laue-Langevin (ILL) in der Materialforschung und Molekularbiologie, auch mit Blick auf industrielle Anwendungen.

(b) Ein weiteres prioritäres Ziel ist die fortlaufende Weiterentwicklung unserer Großforschungseinrichtungen, um unsere weltweite Führungsposition zu sichern. Dies beinhaltet die Entwicklung und Implementierung von neuen, zukunftsweisenden Technologien. Besonderes Augenmerk liegt auch auf der Entwicklung von ultra-kompakten Beschleunigern, die breite Anwendungsmöglichkeiten in Wissenschaft, Industrie und Medizin finden sollen, sowie auf der Entwicklung innovativer Detektoren und fortschrittlicher Datensysteme.

Der Status der Zielerreichung zu den prioritären Zielen (a) wird ausführlich in den Programmfortschrittsberichten „Materie und das Universum (MU)“ und „Von Materie zu Materialien und Leben (MML)“ ausgeführt. Als Koordinator möchte ich hervorheben, dass die Beteiligung an internationalen Großforschungsanlagen zu herausragenden wissenschaftlichen Ergebnissen geführt hat. Besonders in den Programmen MU und MML sind die wissenschaftlichen Erfolge auch und in vielen Fällen direkt auf das starke Engagement des Forschungsbereichs in diesen internationalen Einrichtungen zurückzuführen. Allerdings müssen Einschränkungen bei der Europäischen Spallationsquelle (ESS) und dem FAIR-Projekt gemacht werden, die sich weiterhin noch im Bau befinden und voraussichtlich bis zum Ende von PoF IV keine oder nur im geringen Maße wissenschaftlichen Experimente ermöglichen werden.

In Bezug auf die prioritären Ziele (b) dokumentiert der Fortschrittsbericht des Programms „Materie und Technologien (MT)“ die beeindruckenden Erfolge in der Entwicklung neuer Technologien für kompakte Beschleuniger und innovative Detektorkonzepte. Ein wesentlicher Punkt ist jedoch, dass das geplante Distributed Detector Lab (DDL) leider keine Förderung durch die Helmholtz-Gemeinschaft erhalten hat und die entsprechende Empfehlung des Senats somit nicht umgesetzt werden konnte. Priorität hat weiterhin die Umsetzung der Photon Science Roadmap, d.h. des Upgrades der drei beschleunigerbasierten Lichtquellen PETRA III, BESSY II und ELBE des Forschungsbereichs. Bedauerlicherweise verzögert sich das nationale Roadmapverfahren, was das Risiko birgt, dass wir bei diesen Großforschungsanlagen im internationalen Vergleich, insbesondere mit den USA und China, zurückfallen werden.

Nationale und internationale Zusammenarbeit: Erweiterung der Möglichkeiten des Betriebs der Großgeräte des Forschungsbereichs im Hinblick auf Nutzergruppen aus Wissenschaft und Wirtschaft.

Dieses forschungspolitische Ziel fokussiert primär auf den Nutzerbetrieb der Großforschungsanlagen im Rahmen des Programms *Von Materie zu Materialien und Leben (MML)*.

Während des Berichtszeitraums konzentrierten sich die Anstrengungen darauf, insbesondere Wirtschaftsakteuren den Zugang zu diesen Forschungsinfrastrukturen zu ermöglichen und zu vereinfachen. Die Details hierzu finden sich im forschungspolitischen Ziel „Stärkung des Technologietransfers in Wirtschaft und Gesellschaft“, gegliedert in die Abschnitte 1) Öffnung von Forschungsinfrastrukturen, 2) Strategische Wirtschaftspartnerschaften, 3) Entwicklung geeigneter Strukturen und 5) Maßnahmen zur gezielten Ansprache von KMUs.

Ein in diesem Zusammenhang herausragendes Projekt ist die Helmholtz-Innovationsplattform für beschleuniger-basierte Technologien und Lösungen (HI-ACTS), die eine nachhaltige, branchenübergreifende Innovationsplattform für wegweisende Anwendungen von Beschleunigertechnologien erreichen soll. Ziel ist es, die Entwicklung von Systemlösungen für drängende gesellschaftliche Herausforderungen durch schnellere Nutzung der einmaligen Anlagen in Industrie, Medizin und angewandter Forschung zu erreichen. Weitere Details zu HI-ACTS finden sich in Kap. 3 unter 3.16.



Schaffung und Erhaltung eines attraktiven wissenschaftlichen Umfelds: Im Wettbewerb um die besten Köpfe auf internationaler Ebene weiterhin besondere Anstrengungen unternehmen

Die Rekrutierung der besten Talente weltweit ist zentral für den Forschungsbereich. Zur Entwicklung einer gemeinsamen Strategie wurde die Arbeitsgruppe „Talentmanagement“ eingesetzt, die im Berichtszeitraum eine Aktionsliste für künftige Handlungsfelder entwickelt hat, die nachfolgend kurz skizziert wird:

### **1) Rekrutierung von Experten für Großforschungsanlagen**

Es ist entscheidend, Fachkräfte für den Betrieb dieser Anlagen zu gewinnen und zu binden, wobei der Fokus auf effektives Personalmarketing und attraktive Arbeitgeberpositionierung gelegt werden sollte. Angesichts des hohen Bedarfs am Arbeitsmarkt müssen attraktive Anreize geschaffen werden, um wissenschaftliche, technische und administrative Fachkräfte anzuziehen.

### **2) Internationale Netzwerke und Wettbewerb um Talente**

Die Zentren arbeiten zusammen, stehen jedoch auch im Wettbewerb um internationale Spitzenkräfte. Vielfalt als Teil der Unternehmenskultur zu etablieren, ist entscheidend, um international wettbewerbsfähig zu bleiben und den Frauenanteil in MINT-Berufen zu erhöhen.

### **3) Entwicklungsmöglichkeiten und Karrierepfade**

(a) Wissenschaft: Maßnahmen richten sich vorrangig an wissenschaftliches Personal, mit spezifischen Karriereoptionen durch Kooperationen mit Universitäten und der Industrie.

(b) Technik, IT, Verwaltung: Für den Betrieb der Großforschungsanlagen, die essentiell für den Forschungsbereich sind und oft rund um die Uhr laufen, sind spezifische Anreize für diese Berufsgruppen notwendig.

### **4) Wissenschafts- und Technologietransfer**

Talentmanagement ist verantwortlich für die Rekrutierung kompetenter Mitarbeiter und die Entwicklung bestehender Kompetenzen. Die Einbindung von Alumni als externe Kooperationspartner spielt ebenfalls eine wichtige Rolle.

### **5) Förderung junger Talente für MINT-Bereiche**

Der Forschungsbereich zielt darauf ab, junge Talente für MINT-Fächer zu begeistern und für zukünftige Aufgaben im Bereich zu gewinnen, um langfristig innovative und interdisziplinäre Projekte voranzutreiben.

Siehe hierzu auch die weiter unten stehenden detaillierteren Erläuterungen zum Forschungspolitischen Ziel *Talentmanagement* des Forschungsbereichs.

Etablierung eines transparenten Prozesses zur Entwicklung des Portfolios der Helmholtz-Forschungsinfrastrukturen unter Einbeziehung der potenziellen Nutzer. In diesem Prozess sollen Prioritäten im Hinblick auf zukünftige Forschungsinfrastrukturen des Forschungsbereichs Materie definiert werden, einschließlich einer strategischen Einordnung und Integration dieser Forschungsinfrastrukturen in die internationale Forschungsinfrastrukturlandschaft

Im jährlichen PAKT-Bericht wird detailliert anhand von sechs konkreten Einzelmaßnahmen auf die Entwicklung der Helmholtz-Forschungsinfrastrukturen eingegangen. Der folgende Abschnitt stellt eine Zusammenfassung des entsprechenden Berichts aus Sicht des Forschungsbereichs Materie dar. Im Kapitel 4.5 im vorliegenden Koordinatorenbericht findet sich überdies eine Übersicht der Maßnahmen und Projekte des Berichtsjahres 2023.

Zusammenfassung: Die Konzeption, der Bau und der Betrieb von großen Forschungsinfrastrukturen, Nutzeranlagen und wissenschaftlichen Großgeräten für die universitäre Nutzerschaft wie für die eigene Forschung ist Kernelement der Mission der Helmholtz-Gemeinschaft. Die vergangenen Jahre der 4. Programmperiode, in die auch die vorliegende Berichterstattung fällt, ist von diversen Umbrüchen und Veränderungen gekennzeichnet. Zum einen haben Themen wie Digitalisierung, Wissens- und Technologietransfer zunehmend Einzug gehalten in die Kernaktivitäten der Gemeinschaft. Zum anderen hat sich aus verschiedenen Gründen die globalpolitische Ausgangslage signifikant verändert, was sowohl starken Einfluss hat auf die Wissenschaft der Helmholtz-Gemeinschaft als auch auf die von ihr und ihren strategischen Partnern betriebenen Forschungsinfrastrukturen. Hier stehen die Covid-19-Pandemie, der russische Angriffskrieg, Klimawandel und Energiewende symptomatisch für gravierende Umwälzungen in der Wissenschafts- wie der Zivilgesellschaft, die verständlicherweise auch einen markanten Einfluss auf die großen wissenschaftlichen Vorhaben der Helmholtz-Gemeinschaft haben. Unsere Forschungszentren haben auf diese Herausforderungen bestmöglich reagiert. Allerdings müssen wir davon ausgehen, dass die mit den Veränderungen korrespondierenden Prozesse nicht abgeschlossen sind. Die geänderten Rahmenbedingungen erzwingen eine Intensivierung des Portfoliomanagements der Helmholtz-Gemeinschaft, ebenso die Abstimmung mit den strategischen Partnern auf nationaler und internationaler Ebene. Einerseits geht dies mit Reduktion von Planungen einher, andererseits mit einer Verstärkung der Einbeziehung der Strategischen Partner. Obwohl die Gesamtsituation damit herausfordernder ist als in den vorangegangenen Jahren, unterstreicht die Unterstützung der externen Nutzerschaft der Forschungsanlagen deren Bedeutung für die Wissenschaft. Nicht zuletzt kommt dies auch durch eine spürbare Verstärkung der forschungsbereichsübergreifenden Aktivitäten innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft zum Ausdruck. Themen wie Nachhaltigkeit, Digitalisierung und KI können und müssen forschungsbereichsübergreifend angegangen werden, und sie betreffen insbesondere die Forschungsinfrastrukturen.

Wissenschaftliche Highlights 2023: Als wissenschaftliche Highlights in Verbindung mit großen Forschungsinfrastrukturen im Jahr 2023 können folgende Beispiele angeführt werden: An der Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III konnten erstmalig die Versetzungen sog. kristalliner Defekte in 3D-gedruckten Metalllegierungen während des Herstellungsprozesses untersucht werden. An der vom Hereon betriebenen Mikrotomographie-Station von PETRA III konnte der Einfluss von Mikrostrukturen in regenerierten Knochen bei der Stabilität von Schraubenimplantaten aus verschiedenen Materialien vermessen werden. Ergebnisse des Jahres 2023 am BESSY III haben die Entwicklung von effizienten Photoelektroden für die Produktion von grünem Wasserstoff verbessert. Am Hochfeldmagnetlabor Dresden (HLD) konnten in internationaler Zusammenarbeit neue Quanten-Zustände in einem magnetischen Material bei sehr hohen Magnetfeldern nachgewiesen werden. Am „Smart Energy System Simulation and Control Center“ des KIT wurde zusammen mit der Synchrotronstrahlungsquelle KARA eine neue Forschungsinfrastruktur KITTEN eingerichtet, die eine Brücke zwischen Energieforschung und Teilchenphysikforschung in Beschleunigern schlägt und sich auf die Nachhaltigkeit und Energieeffizienz von Beschleunigern konzentriert. Die Messungen am Massespektrometer KATRIN zur Bestimmung der oberen Massengrenze der Neutrinos fand internationale Aufmerksamkeit. Grundlage für das Experiment ist die Messung des Massespektrums von Elektronen aus dem Beta-Zerfall einer Tritiumquelle, die vom Tritium-Labor Karlsruhe (TLK), das direkt an KATRIN angeschlossen ist, zur Verfügung gestellt wird. Die im Forschungsbereich Energie verorteten Aktivitäten des TLK sind neben KATRIN insofern auch für den Forschungsbereich Materie von

hoher Relevanz, weil 2023 eine Zusammenarbeit auf dem Gebiet der laserbasierten Fusionsforschung zwischen den Forschungsbereichen Energie, Information und Materie angestoßen wurde.

Roadmaps: Aus Sicht der Helmholtz-Gemeinschaft gibt es drei wesentliche Listen, worin die Planung und das Portfolio der Helmholtz-Gemeinschaft zum Ausdruck kommt. Auf europäischer Ebene die ESFRI-Liste (Liste des European Strategy Forum for Research Infrastructures der EU-Kommission). Diese wird turnusmäßig aktualisiert. Auf nationaler Ebene die Nationale Roadmap des BMBF für große strategische Vorhaben. Die letzte Aktualisierung erfolgte während der 3. Programmperiode. Auf Ebene der Helmholtz-Gemeinschaft die Helmholtz Roadmap, die zu Beginn der 4. Programmperiode im Rahmen eines öffentlichen Symposiums vorgestellt und mit den strategischen Partnern des deutschen Wissenschaftssystems erörtert wurde. Dies ging einher mit einer intensiven Abstimmung innerhalb der Forschungsbereiche, was erstmals eine abgestimmte Prioritätensetzung innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft ermöglicht. Seitdem wird die Helmholtz-Roadmap jährlich aktualisiert. Darunter fallen auch die Planungen im Bereich der Forschung mit Photonen (PETRA IV, BESSY III und DALI) und Neutronen (High Brilliant Neutron Source, HBS). Für das letztgenannte Forschungsgebiet wurde die Nutzerbefragung abgeschlossen. Alle diese Aktivitäten konnten im Zeitraum 2021 bis 2023 durch Erstellung von sog. „Conceptional Design Reports“ (CDR) und „Technical Design Reports“ (TDR) im Rahmen eines – an US-amerikanischen Standards orientierten – Critical Decision Process (CDP) konkretisiert werden. Parallel dazu wurde die Planung zu FAIR im Jahr 2022 im Auftrag des FAIR Council nochmals international evaluiert mit dem Ergebnis einer Prioritätensetzung der vier „Research Pillars“. Die dabei identifizierten Mehrkosten i. H. v. etwa einer halben Milliarden Euro zur Finanzierung der Ausbaustufe „First Science“ wurden 2023 Helmholtz-intern intensiv diskutiert, auch aufgrund des Investitionsstaus für die beschleunigerbasierte Forschung mit Photonen. Die Helmholtz-interne FIS-Kommission hat angesichts der Baukostenentwicklung eine beständige Abwägung der avisierten Projekte empfohlen und angemerkt, dass der „Science Case“ auch bei fortgeschrittener Planung einer Maßnahme stets hinterfragt werden muss. Erfreulicherweise konnte für den Bundeshaushalt 2024 eine Anschubfinanzierung für PETRA IV am DESY i. H. v. 40 Mio. Euro beschlossen werden, was den Bau des Laser-Plasma-basierten Injektors für PETRA IV ermöglichen soll. Dies wäre weltweit das bisher größte Beschleunigervorhaben auf Grundlage dieser neuen Technologie. Zur Erstellung einer Übersicht des Portfolios der Forschungsinfrastrukturen wurde 2023 eine „Landscape“-Analyse durchgeführt, die eine Abstimmung innerhalb der verschiedenen Methodengebiete einbezieht. Die Photon-Science Roadmap wird derzeit fortentwickelt. Großer Bedarf besteht in der Konkretisierung und Umsetzung einer Nationalen Roadmap. Eine solche Nationale Roadmap muss auch die Beteiligung an internationalen Forschungsinfrastrukturen einbeziehen. Das hierzu erstellte Positionspapier der Allianz der Wissenschaftsorganisationen zu Beiträgen an internationalen Forschungsinfrastrukturen harrt noch einer Umsetzung einschließlich der Einrichtung eines von der Allianz vorgeschlagenen internationalen FIS-Finanzkorridors.

Strategische Konsortien: Derweil sind die Einrichtung und Etablierung der europäischen Konsortien LEAPS, LENS und u. a. auch ARIE unter Mitwirkung und teilweise in Koordination durch Forschungszentren der Helmholtz-Gemeinschaft weit fortgeschritten. Die ist mit einer großen Integrationsleistung der Helmholtz-Forschungsinfrastrukturen verbunden. So wurden bspw. Planungen für das umfassende Upgrade von BESSY II und für BESSY III in einer Sonderausgabe des European Physical Journal (EPJ) zur LEAPS „European Strategy for Accelerator-based Photon Science“ veröffentlicht. Die Integration zahlt sich auch unmittelbar bei

der Einwerbung von EU-Drittmittelprojekten aus. Gleiches gilt mit Blick auf die NFDI im Bereich der forschungsbereichsübergreifender Data Science. Ein Höhepunkt bei den internationalen Absprachen zur Entwicklung großer Forschungsinfrastrukturen bildete 2022 der gemeinsame Workshop mit dem US-amerikanischen „Department of Energy“ (DoE) in Washington zu den Forschungsbereichen Materie, Energie und Information, der mit einem gemeinsamen „Follow-up“-Programm im Jahr 2024 verbunden ist. Darüber hinaus hat die Helmholtz-Gemeinschaft 2023 ein forschungsbereichsübergreifendes Positionspapier zu möglichen Aktivitäten der Gemeinschaft auf dem Gebiet der lasergetriebenen Kernfusion erarbeitet, siehe oben. Wichtiger strategischer Partner ist hierbei das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP). Die erwähnten Foren LEAPS, LENS und ARIE für die europäische Forschung mit Photonen, Neutronen und hohen Magnetfeldern wurden seit Vereinbarung der Pakt-Ziele maßgeblich von unseren Forschungszentren organisiert und gestaltet. Nationale Netzwerke wie NFDI und „Exascale“-Rechner machen sich bereits bezahlt. Hier zeichnet sich u. a. auch die Einbeziehung der Aktivitäten zu Leistungs-Laser-Anlagen und Photonics sowie Hochenergie-Dichte-Aktivitäten (HED) im Zusammenspiel mit der Kernfusion ab. An Bedeutung gewonnen hat zudem die Verbindung zum ELI-Konsortium.

FIS-Kommission: Durch die eine mit internen und externen Mitgliedern besetzte Kommission zur Begleitung der Planung großer Forschungsinfrastrukturen, die sogenannte FIS-Kommission der Helmholtz-Gemeinschaft, erfolgt seit der PoF IV eine zunehmend konsolidierte Abstimmung bei Planung und Bau von strategischen Ausbauvorhaben. Überdies gibt es erfolgreiche Beispiele bei Abstimmung und Lösung offener Finanzierungsfragen beim Betrieb von Vorhaben, wie z. B. die Übernahme der bisher universitär betriebenen Massenspeicher beim Grid-Computing für den Large Hadron Collider (LHC) durch die Forschungszentren DESY und KIT mit dem Komitee für Teilchenphysik (KET). Die konzertierte Abstimmung zu Planung, Bau von strategischen Ausbauvorhaben erfolgt inzwischen systematisch und regelmäßig mit dem Ziel einer abgestimmten Initiierung neuer Vorhaben der Helmholtz-Gemeinschaft im Rahmen eines gegebenen Finanzierungskorridors. Daneben läuft die Abstimmung zu Fragen der Finanzierung des Betriebs und Realisierung von Einzelinitiativen auch multilateral. Auch diese Aktivitäten werden von der FIS-Kommission eng begleitet. Bedeutsam sind hier insbesondere Regelungen zur auskömmlichen Finanzierung des Betriebs der Anlagen, ebenso Prüfungen zu Planungen und Umsetzungen für einen nachhaltigen Betrieb künftiger Forschungsinfrastrukturen.

Data Science: Die digitale Transformation, in der PoF III bereits ein unter dem Begriff „Big Data Science“ von großer Relevanz, wird seit der PoF IV in der Helmholtz-Gemeinschaft auf allen Ebenen und in allen sechs Forschungsbereichen intensiv vorangetrieben. Nicht zuletzt ist sie eines der bedeutsamsten forschungsbereichsübergreifenden Themen im Senat der Helmholtz-Gemeinschaft. Dementsprechend intensiv wird die Digitale Transformation auf allen Ebenen der Gemeinschaft verfolgt. Sie ist auch für die Forschungsinfrastrukturen und Nutzeranlagen von herausragender Bedeutung. Die Covid-19-Pandemie hat die ohnehin großen Bedarfe (bspw. die Implementierung von FAIR-Prinzipien) im Bereich des „Remote Access“ noch einmal verstärkt. Viele Experimente und Messungen an den großen Forschungsinfrastrukturen wurden dabei auf einen Remote-, Mail-in- und Staff-assisted-Betrieb umgestellt. Ein Pilotprojekt für eine Umstellung auf einen ferngesteuerten, automatisierten Messbetrieb ist die Demonstrator-Beamline ROCK-IT (remote, operando controlled, knowledge-driven, IT-based), die zentrenübergreifend aufgesetzt wird, und 2023 erfolgreich gestartet wurde. Ergänzt werden die Aktivitäten durch Maßnahmen zur Realisierung und Verbesserung des FuE- sowie

Serviceangebots der IT auf verschiedenen Ebenen durch die zentrenübergreifenden Plattformen des Inkubators (HIDA, HIFIS, HIP, HMC und Helmholtz AI). Große Dynamik hat das digitale Forschungsfeld durch die Einführung von Datenbasis-Modellen und der „Generative AI Data Science“ gewonnen. Flankiert werden diese Aktivitäten durch die Zusammenarbeit mit den NFDI Plattformen, bspw. am KIT zu NFDI4ing und NFDI4chem. 2023 wurden überdies Konzepte zum nachhaltigem Nutzerbetrieb mit „Mail-in“-Option, „Remote“-Betrieb sowie KI-basierter Datenanalyse erarbeitet. Als Beispiel kann hier das Konzept für einen Datenlebenszyklus an der Strahlungsquelle ELBE genannt werden. Von der oben beschriebenen Zusammenarbeit mit NFDI und dem Projekt ROCK-IT, über die Inkubator-Plattformen mit einem breiten Portfolio an Service- und FuE-Aktivitäten im IT-Bereich, die daran anschließende HIDA zur maßgeschneiderten Ausbildung auf diesem Gebiet, bis hin zu „Open Science“-Aktivitäten und Implementierung der FAIR-Prinzipien ist eine intensive Mitgestaltung der Digitalisierung der Forschung an den großen Forschungsinfrastrukturen festzuhalten. Trotz dieser beeindruckenden Aktivitäten sind die internationalen Entwicklungen auf dem Gebiet von Digitalisierung und „Generative Data Science“ rasant. Die damit verbundenen Chancen und Risiken erscheinen mannigfaltig. Die Helmholtz-Gemeinschaft hat deshalb kurzfristig die Aufsetzung von Projekten zur Implementierung der sog. „Foundation Models“ mit einem Call initiiert. Parallel dazu werden Regeln zu gutem wissenschaftlichen Umgang mit Formaten wie ChatGPT erarbeitet.

Industriepartner und Technologietransfer: Sowohl die strategischen Beiräte der Forschungsbereiche und die Forschungsbereichsplattformen als auch der Helmholtz-Senat fokussieren im Rahmen ihres wissenschaftsadäquaten Controllings verstärkt auf den Technologietransfer. Dementsprechend sind intensive Aktivitäten unserer Zentren auf diesem Gebiet auch an den Forschungsinfrastrukturen und Nutzeranlagen festzustellen. Zudem zeichnet sich eine Verstärkung der Ausgründungsaktivitäten im Bereich der IT sowie beim Aufbau von Pilotanlagen zu Forschungsinfrastrukturen mit der Industrie ab. Signifikant unterstützt wird dies durch die Einrichtung von Förderplattformen für die Forschungsbereiche Energie, Erde und Umwelt sowie Materie zur Unterstützung von FuE in Kooperation mit Industrie an den Nutzeranlagen. Namentlich zu nennen sind dabei die aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds finanzierten Plattformen SOLAR-TAP, SOOP und HI-ACTS, letztere für den Forschungsbereich Materie.

Strategie der Zusammenarbeit: Vorlage einer Kooperationsstrategie nach zwei Jahren des PoF-Zeitraums, die während des gesamten PoF-Zeitraums umgesetzt werden soll

Die Kooperationsstrategie des Forschungsbereichs Materie erstreckt sich über drei Ebenen:

### **1) Forschungsbereichs-interne und Helmholtz-Gemeinschaftskooperationen**

Diese Strategie ist fest in der Programmatik des Forschungsbereichs und in ausgewählten Querschnittsthemen verankert.

### **2) Regionale und nationale Kooperationen**

Die Zentren organisieren und planen diese Kooperationen in ihrem direkten Umfeld. Ein herausragendes Beispiel für den Erfolg dieser Strategien sind die universitären Exzellenzcluster, die in enger Zusammenarbeit mit den Zentren entwickelt wurden.

### **3) Internationale Kooperationen**

Angesichts geopolitischer Verwerfungen und einer zunehmend multipolaren Welt stehen internationale Kooperationen unter verstärkter Beobachtung. Die Forschungsk Kooperationen mit russischen Organisationen wurden aufgrund des Überfalls Russlands auf die Ukraine ausgesetzt. Zudem werden Fragen zur Zusammenarbeit mit Forschungsorganisationen in Ländern, die westliche Werte nicht teilen, intensiv diskutiert.

Während des Berichtszeitraums war ein Schlüsselprojekt des Forschungsbereichs das vom BMBF unterstützte Projekt WIKOOP-INFRA, geleitet vom DESY. Es steht für *Handlungs- und Orientierungssicherheit in wissenschaftlichen Kooperationen mit China – Untersuchungen an analytischen Forschungsinfrastrukturen* und war eines der ersten, das sich intensiv und umfassend mit Forschungssicherheit auseinandergesetzt hat. WIKOOP-INFRA zielt darauf ab, die Handlungskompetenz von Forschenden zu stärken und internationale wissenschaftliche Zusammenarbeit auch unter schwierigen Bedingungen zu ermöglichen. Die Ergebnisse und Empfehlungen des WIKOOP-INFRA Projekts sind von zentraler Bedeutung für den international vernetzten Forschungsbereich Materie und haben im Berichtszeitraum besondere Beachtung gefunden. Weitere Details sind zu finden unter: <https://www.wikoop-infra.de>.

Die spezifische Innovationsstrategie [...] wird spätestens ein Jahr nach Beginn der PoF-Laufzeit vorgelegt

Die ursprüngliche Vereinbarung in den Forschungspolitischen Zielen, eine eigene Innovationsstrategie für den Forschungsbereich Materie zu verfassen, wurde in einer gemeinsamen Entscheidung von Zuwendungsgebern, Helmholtz-Präsidium und dem Forschungsbereich Materie nachträglich zurückgezogen (vergleiche Protokoll der Forschungsbereichsplattform Materie vom 21.03.2022). Neben den Zentrenstrategien existiert auch eine Helmholtz-weite Transferstrategie, so dass eine weitere Strategie auf der Zwischenebene des Forschungsbereichs als nicht notwendig erachtet wurde. Stattdessen wurde vereinbart, in der Forschungsbereichsplattform Materie regelmäßig und systematisch zu berichten, inwiefern die sieben Forschungspolitischen Ziele zu Transfer und Innovation erreicht werden. Dies wurde ausführlich in den Forschungsbereichsplattformen am 22.03.2022 und am 04.11.2022 durchgeführt und wird erneut in einer der nächsten Sitzungen erfolgen.

Die Forschungsbereich Materie hat nichtsdestotrotz in der Arbeitsgruppe *Innovation* ein Eckpunktepapier *Eckpunkte des Forschungsbereichs Materie im Bereich Innovation 2021 – 2027 (PoF IV)* erarbeitet und Anfang 2022 vorgelegt, das den Rahmen für die Aktivitäten des Forschungsbereichs setzt und Basis für die oben erwähnte regelmäßige Berichterstattung darstellt (siehe auch Senatsempfehlung *Industriekontakte innerhalb der verschiedenen Projekte konkret implementieren*).

Der Transfer von Technologie in die Wirtschaft und Gesellschaft wird gestärkt

### 1) Öffnung von Forschungsinfrastrukturen

Im Berichtszeitraum wurden folgende Industrie-Liaison-Strukturen etabliert, um die Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und der Industrie zu stärken und zu formalisieren:

Am DESY wurde die Position des BDO/Industrial Liaison Managers geschaffen, um direkte Ansprechpartner für Industriepartner bereitzustellen. Das Hereon hat einen Industrial Relations Officer eingeführt, der als zentraler Kontaktpunkt für industrielle Beziehungen dient. Das FZJ hat geregelte Prozesse für externe Nutzer implementiert, um die Nutzung seiner Einrichtungen durch Industrievertreter zu erleichtern.

Am KIT wurde eine spezielle Kontaktstelle für Industrial Affairs eingerichtet sowie eine Accelerator Technology Platform (ATP) ins Leben gerufen, um den Austausch und die Kooperation im Bereich der Beschleunigertechnologien zu fördern. Das HZB bietet einen Direktzugang für Industrieaufträge über seine Homepage an, was den Kommunikationsprozess vereinfacht und beschleunigt. Schließlich wurde die HZDR Innovation GmbH am HZDR gegründet, um

innovative Technologien effektiv zu kommerzialisieren und die Zusammenarbeit mit der Industrie zu intensivieren. Diese Strukturen sind Ausdruck des Engagements der Forschungszentren, ihre technologischen und wissenschaftlichen Kapazitäten aktiv in die industrielle Anwendung zu überführen und die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft weiter zu vertiefen.

## **2) Strategische Partnerschaften mit der Wirtschaft**

Im Laufe des Berichtszeitraums haben die Forschungszentren signifikante strategische Partnerschaften initiiert, um ihre Technologietransferaktivitäten und industriellen Kooperationen zu stärken.

DESY hat dabei mehrere Innovations- und Industrieplattformen ins Leben gerufen, darunter den Antrag HI-ACTS und eine Innovationspartnerschaft mit dem Discovery Partners Institute (DPI) in Chicago, die darauf abzielen, die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zu beschleunigen und neue technologische Durchbrüche zu fördern.

Das Hereon hat seine Zusammenarbeit durch Kooperationen mit verschiedenen Fraunhofer-Zentren und privaten Dienstleistern erweitert, wodurch synergetische Beziehungen geschaffen wurden, die die Anwendung wissenschaftlicher Forschung in industriellen Kontexten unterstützen.

Das Forschungszentrum Jülich (FZJ) plant, erfolgreiche Praktiken anderer Zentren zu übernehmen, um seine eigenen Kooperationsprozesse und die Integration von Industriepartnern zu optimieren.

Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) hat strategische Partnerschaften mit namhaften Unternehmen wie ABB, BASF, Bosch, SAP, Schaeffler und Zeiss etabliert. Diese Partnerschaften konzentrieren sich auf gemeinsame Forschungsprojekte und den Austausch von Fachwissen, die wesentlich zur Entwicklung neuer Technologien und Innovationen beitragen.

Das Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) hat über 80 langfristige strategische Kooperationsverträge mit Industriepartnern abgeschlossen, die eine nachhaltige Zusammenarbeit und den Technologietransfer in verschiedenen wissenschaftlichen und technischen Bereichen fördern.

Schließlich hat das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) seine industriellen Partnerschaften weiter ausgebaut, mit namhaften Firmen wie Zeiss, Research Instruments und Bosch. Diese Partnerschaften ermöglichen es dem HZDR, seine Forschungskapazitäten zu erweitern und gleichzeitig praxisnahe Lösungen zu entwickeln.

Diese strategischen Initiativen verdeutlichen das Engagement der Forschungszentren, durch Kooperationen mit der Industrie ihre Innovationskraft zu steigern und konkurrenzfähig zu bleiben.

## **3) Schaffung von geeigneten Strukturen**

Um das Innovationsgeschehen wirksam zu operationalisieren und die Überführung von Forschungsergebnissen in marktfähige Anwendungen zu beschleunigen, haben die Materie-Zentren geeignete Strukturen und Rollen geschaffen, um eine stärkere Anbindung an die Industrie und den Technologietransfer zu gewährleisten.

Bei DESY wurde zur Stärkung des Innovationsmanagements bereits 2019 ein Chief Technology Officer (CTO) eingeführt. Zusätzlich wurde eine neue Abteilung für Innovation und Technologietransfer (ITT) geschaffen. Diese Maßnahmen sind Teil eines Transformationsprojekts, das darauf abzielt, die Einrichtung für Nutzer außerhalb der Photon Science Community zu öffnen und somit die Anwendungsbreite der DESY-Technologien zu erweitern.

Das Hereon hat die Position eines Industrial Relations Officer eingeführt, um die Schnittstelle zwischen Forschung und Industrie effizient zu gestalten und die Kooperationsmöglichkeiten mit industriellen Partnern zu verbessern.

Das Forschungszentrum Jülich (FZJ) hat seine Transferstelle ausgebaut, um den Wissenstransfer zu intensivieren und technologische Innovationen schneller in die Praxis umzusetzen.

Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wurde die Rolle des Vizepräsidenten für Transfer und Internationales geschaffen, um eine zentrale Anlaufstelle für alle Transferaktivitäten und internationalen Kooperationen zu bieten. Darüber hinaus unterstützt eine spezielle Dienstleistungseinheit für Innovations- und Relationsmanagement das KIT bei der Anbahnung und Pflege von Industriekontakten sowie bei der Verwaltung von Innovationsprojekten.

Das Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) hat ebenfalls die Position eines CTO eingeführt und eine Stabsabteilung für Technologietransfer und Innovation eingerichtet, die im Jahr 2022 personell verstärkt wurde, um die Kapazitäten im Bereich Innovation weiter zu entwickeln und zu fördern.

Am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) wurden die Helmholtz Innovation Labs etabliert, die eine Plattform für kooperative Forschung und Entwicklung bieten, um neue Technologien in enger Zusammenarbeit mit der Industrie zu entwickeln.

Diese strategischen Entwicklungen unterstreichen das Engagement der Forschungseinrichtungen, Innovationsprozesse zu institutionalisieren und die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft zu intensivieren. Sie reflektieren eine klare Richtung zur Stärkung des Technologietransfers und zur Förderung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Forschungslandschaft im internationalen Umfeld.

#### **4) Förderung von Ausgründungen und Startups**

Ein wesentlicher Aspekt des Innovationsgeschehens ist die Förderung von Deeptech-Ausgründungen und Startups, um die wirtschaftliche Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse zu beschleunigen und technologische Innovationen zu fördern. Die Materie-Zentren haben in diesem Zusammenhang spezifische Maßnahmen ergriffen, um ein günstiges Umfeld für Unternehmensgründungen zu schaffen und die Entwicklung von Startups zu unterstützen.

Am DESY wurde ein umfangreiches Unterstützungsnetzwerk für Startups entwickelt. Dazu gehören das Start-up Office, das Programme wie die Academy und beyourpilot umfasst, die Gründungsinteressierten Beratung und Unterstützung bieten. Zudem wurde die Infrastruktur für Startups durch die Einrichtung von Start-up Labs im Jahr 2021 und eines Makerspace im Jahr 2022 erheblich ausgebaut. Eine Kooperation mit der Technischen Hochschule Wildau fördert zusätzlich den Technologietransfer und die Zusammenarbeit in Forschung und Entwicklung.

Das Hereon hat ein Business Lab eingerichtet und bietet Fortbildungsprogramme an, die auf die spezifischen Bedürfnisse von Gründungsinteressierten und jungen Unternehmen zugeschnitten sind, um praktische Fähigkeiten und unternehmerisches Wissen zu vermitteln.

Das Forschungszentrum Jülich (FZJ) unterstützt potenzielle Gründerinnen und Gründer durch eine intensive Vorgründungsberatung und stellt über den Innovationsfonds Mittel zur Verfügung, um vielversprechende Projekte zu fördern. Nach der Gründung bietet das FZJ Unterstützung durch Modelle wie "virtual shares", die eine Beteiligung an der kommerziellen Nutzung von Innovationen ermöglichen.



Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) hat die Plattform KIT-Gründerschmiede ins Leben gerufen, die als zentrale Anlaufstelle für Gründungsinteressierte dient und umfassende Unterstützung von der Ideenfindung bis zur Markteinführung bietet.

Das Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) hat standardisierte Nutzungsvereinbarungen für seine Infrastrukturen implementiert, die es externen Nutzern und Startups erleichtern, hochmoderne Forschungseinrichtungen für die Entwicklung neuer Technologien zu nutzen.

Schließlich fördert das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) die Ausgründung von Unternehmen wie die i3 Membrane GmbH, die innovative Lösungen in spezialisierten technologischen Bereichen entwickeln.

Durch diese Maßnahmen schaffen die Forschungseinrichtungen ein dynamisches Ökosystem, das die Entstehung und das Wachstum von Deeptech-Unternehmen und Startups unterstützt und fördert. Sie tragen damit wesentlich zur Stärkung der technologischen Kapazitäten und zur Förderung der wirtschaftlichen Verwertung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse bei.

## **5) Maßnahmen zur Ansprache KMUs**

Ein entscheidender, jedoch herausfordernder Aspekt der Forschungsk Kooperation mit der Industrie, insbesondere mit kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), ist der Abbau von Zugangsbarrieren zu Forschungsinfrastrukturen. Die Zentren des Forschungsbereichs haben gezielte Maßnahmen ergriffen, um die Zusammenarbeit mit KMUs zu erleichtern und zu intensivieren, was zu einer stärkeren Integration dieser Unternehmen in den wissenschaftlichen Forschungs- und Entwicklungsprozess führt.

DESY hat seine Kooperationen mit verschiedenen Fraunhofer-Instituten intensiviert, um Synergien in Forschung und Technologieentwicklung zu nutzen und den Technologietransfer zu KMUs zu erleichtern. Diese verstärkte Zusammenarbeit schafft Plattformen für den direkten Austausch und erleichtert den Zugang zu DESYs Forschungsanlagen.

Das Hereon hat in Kooperation mit DESY die CAROTS Start-up School ins Leben gerufen, die darauf abzielt, Service Provider zu fördern, die KMUs bei der Nutzung wissenschaftlicher Infrastrukturen unterstützen. Diese Initiative bietet Schulungen und Ressourcen, um den Einstieg und die effektive Nutzung wissenschaftlicher Einrichtungen für KMUs zu erleichtern.

Das Forschungszentrum Jülich (FZJ) plant die Einführung von Industrial Liaison Officers, die als spezialisierte Ansprechpartner dienen sollen, um die Interaktion zwischen Forschungseinrichtungen und der Industrie zu optimieren und die Kooperationsmöglichkeiten für KMUs zu erweitern.

Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wurden Austauschformate wie der Innovationstag NEULAND und die online Technologiebörse RESEARCH TO BUSINESS entwickelt, die als Plattformen dienen, auf denen KMUs direkten Zugang zu neuesten Forschungsergebnissen und Technologien erhalten und diese für ihre spezifischen Bedürfnisse nutzen können.

Das Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) hat auf seiner Homepage den Bereich „WayFor-Light“ eingerichtet, um speziell KMUs den Zugang zu Lichtquellen und anderen Forschungsinfrastrukturen zu erleichtern. Durch Direktansprache und spezialisierte Workshops werden KMUs gezielt unterstützt und in die Lage versetzt, wissenschaftliche Ressourcen effektiv für ihre Entwicklungsprojekte zu nutzen.

Das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) fördert Lizenzierungen und Kooperationen, die speziell darauf ausgerichtet sind, KMUs den Zugang zu innovativen Technologien und Verfahren zu ermöglichen und sie in die Entwicklung neuer Produkte einzubeziehen.

Die GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung unterstützt Transferprojekte mit KMUs, um spezialisierte wissenschaftliche Kompetenzen und Infrastrukturen bereitzustellen, die für die Produkt- und Verfahrensentwicklung in kleinen und mittleren Unternehmen von hoher Bedeutung sind.

Diese Maßnahmen verdeutlichen das Engagement der Forschungseinrichtungen, die Zusammenarbeit mit KMUs zu verbessern und Barrieren abzubauen, die den Zugang zu wichtigen Forschungsressourcen erschweren.

## **6) Weiterentwicklung regionaler Standorte**

Innovation und Technologietransfer sind stark von regionalen Gegebenheiten beeinflusst, so dass die Entwicklung der lokalen Standorte eine zentrale Rolle in der strategischen Ausrichtung von Forschungseinrichtungen spielt. Die Förderung regionaler Vernetzung und das Eingehen lokaler Partnerschaften sind entscheidend, um den Technologietransfer effektiv zu gestalten und lokale Wirtschaftskreisläufe zu stärken. Im Folgenden werden einige Erfolge aufgeführt, die die Bedeutung dieser regionalen Strategien unterstreichen.

Das Deutsche Elektronen-Synchrotron (DESY) hat an seinen Standorten in Zeuthen und Hamburg signifikante Anerkennungen erhalten, die die lokale Verwurzelung und den positiven Einfluss auf die Region verdeutlichen. In Zeuthen wurde DESY zum „besten Arbeitgeber der Region“ gekürt, und in Hamburg wird der Bau der DESY Innovation Factory als Leuchtturmprojekt vorangetrieben, welches durch die Integration des Science City Hamburg Bahrenfeld (SCHB) die regionale Wissenschafts- und Wirtschaftslandschaft maßgeblich prägt. Zudem wurde DESY mit dem „Hamburg 2040“-Award ausgezeichnet, einem Zukunftspreis der Hamburger Wirtschaft, der von der Handelskammer vergeben wird, und der die führende Rolle von DESY in der regionalen Innovationsförderung würdigt.

Das Helmholtz-Zentrum Hereon betont die Bedeutung regionaler Netzwerke durch seine Vernetzungsaktivitäten mit der Industrie- und Handelskammer Lübeck und der Initiative Klimaschutz und Nachhaltige Stadtentwicklung Hamburg (IKS in HH), um lokale Synergien zu schaffen und gemeinsame Projekte zu entwickeln.

Das Forschungszentrum Jülich (FZJ) nimmt eine aktive Rolle im regionalen Strukturwandel ein, indem es die Sondierung und Konzeptionierung der Einbeziehung regionaler Stakeholder vorantreibt. Diese Bemühungen zielen darauf ab, lokale Interessen und Bedürfnisse in die Forschungs- und Entwicklungsstrategien des Zentrums zu integrieren und den regionalen Technologietransfer zu optimieren.

Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wird die Bedeutung regionaler Netzwerke durch die Zusammenarbeit mit der Wirtschaftsförderung der Stadt, der Industrie- und Handelskammer, der Technologie-Region Karlsruhe und dem CyberForum unterstrichen. Diese Kooperationen ermöglichen es dem KIT, seine technologischen und wissenschaftlichen Kapazitäten effektiv in den regionalen Innovationsprozess einzubringen.

Das Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) arbeitet eng mit den Berliner Stadtentwicklungsgesellschaften, insbesondere mit der WISTA Management GmbH, zusammen. Diese Partnerschaften fokussieren sich auf die Entwicklung und Nutzung von Forschungsinfrastrukturen, die nicht nur dem wissenschaftlichen Fortschritt dienen, sondern auch die städtische Entwicklung und das Wirtschaftswachstum in Berlin fördern.

## 7) Entwicklung spezifischer Anreizsysteme

Die Entwicklung und Implementierung spezifischer Anreizsysteme spielen eine entscheidende Rolle, um Wissenschaftler und Ingenieure zu motivieren, aktiv am Innovationsgeschehen teilzunehmen. Durch gezielte Förderungen und Belohnungen konnten die Zentren nicht nur das Engagement ihrer Mitarbeiter steigern, sondern auch die Kommerzialisierung von Forschungsergebnissen vorantreiben. Im Folgenden werden exemplarische Maßnahmen einiger Forschungsinstitute vorgestellt, die darauf abzielen, diese Ziele zu erreichen.

Am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) wurde das DESY Generator Program ins Leben gerufen, das darauf abzielt, innovative Ideen und Projekte innerhalb der Organisation zu fördern. Dieses Programm bietet den Forschenden finanzielle und strukturelle Unterstützung, um ihre Ideen von der Konzeptphase bis zur Marktreife zu entwickeln. Zusätzlich unterstützt der Innovationsfonds von DESY gezielt Projekte, die das Potenzial haben, signifikante wirtschaftliche oder gesellschaftliche Auswirkungen zu erzielen.

Das Helmholtz-Zentrum Hereon hat ebenfalls einen Innovationsfond eingeführt, der ähnlich wie bei DESY, Projekte mit hohem Innovationspotential finanziell unterstützt. Dieser Fonds ist ein zentrales Element der Strategie des Zentrums, um eine Kultur der Innovation zu fördern und die Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse zu beschleunigen.

Das Forschungszentrum Jülich (FZJ) hat geregelte Prozesse für externe Nutzer etabliert, die es Industriepartnern und anderen externen Stakeholdern ermöglichen, auf die Infrastruktur und das Know-how des FZJ zuzugreifen. Diese Öffnung fördert den Technologietransfer und ermöglicht es den Wissenschaftlern des FZJ, direkt mit der Industrie zusammenzuarbeiten und praktische Anwendungen für ihre Forschungsergebnisse zu finden.

Das Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) hat ein System von Drittmittel-Rückflüssen eingeführt, bei dem Organisationseinheiten, die erfolgreich Drittmittel akquirieren, einen Anteil der erworbenen Mittel für ihre eigenen Forschungsprojekte und Abteilungen reinvestieren können. Zusätzlich wurde ein Erfolgsprämienystem etabliert, das herausragende Leistungen in der Forschung und im Technologietransfer belohnt. Dieses System dient als Anreiz für Wissenschaftler, sich aktiv an der Akquise von Fördermitteln zu beteiligen und die Ergebnisse ihrer Arbeit effektiv zu vermarkten.

Eine Strategie für den Wissenstransfer und die Öffentlichkeitsarbeit des Forschungsbereichs Materie soll nach zwei Jahren der PoF-Laufzeit vorgelegt [...] werden

Die Arbeitsgruppe Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit des Forschungsbereichs hat Ende 2022 das Papier *Wissenstransfer und Öffentlichkeitsarbeit des Forschungsbereichs Materie* erarbeitet und auf der Forschungsbereichsplattform Materie am 13.03.2023 vorgestellt. Schwerpunkte der daraus abgeleiteten Aktivitäten sind die Vermittlung von öffentlich zur Verfügung gestellten Forschungsdaten und -software für Experten, aber auch für die breite Öffentlichkeit und insbesondere für Schüler- und Studierenden-Gruppen in besonders aufbereiteten Formaten. Darüber hinaus werden einige Forschungsinfrastrukturen des Forschungsbereichs zu virtuellen Besuchen, teils als augmented-reality Zugang, präsentiert, um den gesellschaftlichen Nutzen dieser Anlagen als Chance für Zukunftskompetenzen von zahlreichen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Ingenieurinnen und Ingenieuren, Technikerinnen und Technikern und weiterem Fachpersonal in vielen Bereichen in den Infrastrukturen selbst, aber auch im technologischen und wirtschaftlichen Umfeld dieser Infrastrukturen, darzustellen. Die Arbeitsgruppe arbeitet weiterhin gut und regelmäßig zusammen und pflegt u.a. das Materie-eigene Internetportal <https://matter.helmholtz.de/>.

Der Forschungsbereich Materie wird einen Strategiepoo (Materie Forum) im Forschungsbereich einrichten, in den die beteiligten Helmholtz-Zentren im Sinne eines virtuellen Fonds 1% der LK I-Mittel einbringen, um damit im Forschungsbereich gemeinsam festzulegende strategische Aktivitäten zu unterstützen

Der Innovationspool des Forschungsbereichs Materie (die ursprüngliche Bezeichnung war *Materie Forum* – vergleiche Programmanträge für die strategische Begutachtung Anfang 2020) ist das zentrale Werkzeug, um neu aufkommende, strategisch wichtige Wegbereiterprojekte im Forschungsbereich Materie zu unterstützen (siehe auch Kapitel 2 zur Senatsempfehlung *Offen bleiben für neue Forschungslinien und neue Themen*). Der Innovationspool speist sich aus 1% der LK I-Mittel aller Zentren (für 2023 ca. 4,5 Mio. Euro) sowie zusätzlich aus relevanten Eigenmitteln der Zentren (für 2023 ca. 2,2 Mio. Euro) und Mitteln von externen Kooperationspartnern (für 2023 ca. 0,5 Mio. Euro). Die Projektauswahl erfolgt gemeinsam durch das Management der Programme, die Zentrenvorstände und Zuwendungsgeber. In den bisherigen zwei Ausschreibungsrunden (2019-2020 und 2021-2024) wurden insgesamt 17 innovative, stark interdisziplinäre Projekte gefördert. Die Kapitel 3.6 bis 3.15 stellen die Fortschritte der zehn aktuellen Projekte für das Jahr 2023 dar.

Das Talentmanagement des Forschungsbereichs Materie muss – eingebettet in die entsprechenden Strategien der Helmholtz-Gemeinschaft – auf allen Ebenen weiterentwickelt und ausgebaut werden. Die erzielten Ergebnisse werden im 2-jährigen Rhythmus in der PoF-Laufzeit auf der Forschungsbereichsplattform Materie diskutiert

Der Forschungsbereich Materie strebt eine nachhaltige Personalentwicklung sowie eine diverse und inklusive Belegschaft in seinen Zentren an. Entsprechende Ziele und Maßnahmen sind in den Strategien der Zentren detailliert aufgeführt. Zuständig für die operative Umsetzung sind dabei die Personalabteilungen an den Zentren oder andere zentrale Einheiten/Stabsstellen (Personalentwicklung, Recruitment, Talentmanagement, Diversitätsmanagement, etc.). Darüber hinaus arbeiten in einer Forschungsbereich Materie-weiten Arbeitsgruppe seit 2021 Fachexpert:innen aller Zentren zusammen. Die Teilnehmenden tauschen sich über Arbeitsstände und den Status Quo in den Zentren aus und entwickeln Impulse für mögliche neue Maßnahmen. Ein erstes Konzeptpapier *Talentmanagement für den Forschungsbereich Materie: Bestandsaufnahme und Empfehlungen für die Zukunft* wurde von der Arbeitsgruppe auf der Forschungsbereichsplattform Materie am 13.03.2023 sowie auf der Sitzung des Strategischen Beirats am 03.05.2023 vorgestellt und intensiv diskutiert (eine erneute Befassung der Forschungsbereichsplattform mit dem Talentmanagement des Forschungsbereich erfolgt in eine der nächsten Sitzungen). Das Papier liefert eine umfassende Bestandsaufnahme des Zentrenübergreifenden Talentmanagements im FB Materie und fokussiert mit Vorschlägen auf Maßnahmen insbesondere für Techniker:innen, Ingenieur:innen und Mitarbeiter:innen der IT. Diese Personengruppen standen bisher oft nicht im Fokus der Personalentwicklung, werden aber in Zeiten des stärker werdenden Fachkräftemangels in Konkurrenz mit der freien Wirtschaft für Forschungszentren mit hochkomplexen, technischen Anlagen noch wichtiger. (Die Umsetzung und Koordination neuer Maßnahmen im Forschungsbereich Materie erfordert aber zusätzliche Ressourcen – in den Zentren und auf den übergeordneten Ebenen.)

Der Großteil aller Maßnahmen an den Zentren richtet sich weiterhin auf die Entwicklung von Nachwuchs in der Wissenschaft: Studierende, Promovierende und Postdocs. Hier sind insbesondere die Sommerstudierendenprogramme, Doppelpromotionsstudiengänge, Graduierten- und Postgraduiertenschulen, Austauschprogramme und Maßnahmen zur Führungskräfteentwicklung wie die Helmholtz-Akademie zu nennen.

Allgemeinere Aktivitäten der Zentren beziehen sich auf die Arbeitgebermarke (Employer Branding), das Zertifikat „berufundfamilie“ für zur Stärkung der Vereinbarkeit von Beruf und Familie, die Charta der Vielfalt / Diversitätssiegel oder Onboardingprozesse für neue Mitarbeiter:innen. Daneben haben alle Zentren des Forschungsbereichs Materie zur Förderung der Gleichstellung von Frauen und Männern in der Belegschaft einen Gleichstellungsplan verfasst, der regelmäßig evaluiert und aktualisiert wird. Die darin festgehaltenen Maßnahmen sind sehr konkret formuliert und leisten einen wichtigen Beitrag zur Gleichstellung der Geschlechtern an den Zentren. Zudem gibt es (u.a. am HZDR) einzelne Programme für Rekrutierungen von exzellenten Wissenschaftler:innen aus dem Ausland (gemeinsamen Berufungen), sogenannte „Brückenprofessuren“. Diese Maßnahmen haben durch eine institutionalisierte Kooperationen mit Universitäten im Ausland Vorbildcharakter insbesondere für internationale Studierende und Wissenschaftler:innen. In der Helmholtz-Gemeinschaft und im Forschungsbereich werden auch konkrete Maßnahmen zur Frauenförderung umgesetzt, wie die gezielte Berufung von exzellenten Wissenschaftlerinnen auf W2- und W3-Professuren oder Projekte zur Förderung der Diversität bei Recruiting-Prozessen (u.a. bei DESY und FZJ).

Die Highlights der genannten Maßnahmen für das Berichtsjahr 2023 sind im Kapitel 4.1 *Talentmanagement* zusammengefasst.

Im Themenbereich Materialforschung wird der Forschungsbereich Materie verstärkt mit anderen Forschungsbereichen [...] eine übergreifende Helmholtz-Materialforschungsstrategie erarbeiten, die auf ihren komplementären Kompetenzen und Alleinstellungsmerkmalen systematisch aufbaut und die besonderen wissenschaftlichen Möglichkeiten der Zentren mit Anwendungsperspektiven verbindet

Die Helmholtz-Materialforschungsstrategie wurde unter Federführung des KIT im Jahr 2021 erarbeitet und in der Forschungsbereichsplattform am 29.09.2021 diskutiert und dem Strategischen Beirat für die Sitzung am 09.05.2022 zur Verfügung gestellt. Der Forschungsbereich Materie ist in großer thematischer Breite an der Materialforschungsstrategie beteiligt und bringt insbesondere die Möglichkeiten und Perspektive der Nutzer Großgeräte mit ein. Die Strategie nutzt als Basis die komplementären Kompetenzen aller Forschungsbereiche und setzt auf ein hohes Maß an Synergie durch die Zusammenarbeit. Durch den Forschungsbereichs-übergreifenden Wissens- und Methodenaustausch sowie den Dialog mit der Gesellschaft und Industrie soll die Innovationskraft der Helmholtz-Gemeinschaft entscheidend gestärkt werden. Das übergeordnete Querschnittsthema der erarbeiteten Strategie ist Nachhaltigkeit. Als ausgewählte Schwerpunktthemen mit Anwendungsbezug eignen sich insbesondere die Informationstechnologie, Batterien, Wasserstoff, Photovoltaik, Gesundheit, Bioökonomie und Leichtbau. Die wichtigsten Ziele der Helmholtz Materialforschungsstrategie sind:

1. Die Digitalisierung der Materialwissenschaft in der Datenerfassung und im Forschungsdatenmanagement und durch weiteren Ausbau von Simulation und Ansätzen zum „digitalen Zwilling“ von Materialsystemen
2. Die beschleunigte Entwicklung von Materialien in den verschiedensten Anwendungen für verbesserte Materialeigenschaften und Nachhaltigkeit
3. Die Entwicklung und Bereitstellung neuer Hochdurchsatz-Methoden für die Synthese und Charakterisierung von Materialien
4. Den komplementären Ausbau und die Nutzung der Helmholtz-weiten Großgeräte und Forschungsinfrastrukturen für die Materialforschung
5. Die Talentgewinnung und -förderung für den Erhalt und Ausbau der Kompetenzen in Wissenschaft und Industrie

6. Die Gestaltung von Technologie- und Wissenstransfer zur nachhaltigen Bewältigung gesellschaftlicher Herausforderungen in Kooperation über die Forschungsbereiche und mit Partnern in Wirtschaft und Gesellschaft

#### Der Forschungsbereich Materie wird sich an der Helmholtz-Digitalisierungsstrategie beteiligen

Datenmanagement und -analyse und Digitalisierungsbestrebungen sind im Forschungsbereich Materie zentral im Topic MT-DMA und in der Cross-Cutting Activity *Information and Data Management* verankert. Zudem engagiert sich der Forschungsbereich in Helmholtz-weiten Aktivitäten wie den Helmholtz Inkubatorplattformen sowie die Helmholtz Information & Data Science Academy mit ihren Schools für Promovierende und Postdocs (siehe auch Kapitel 2 zur Senatsempfehlung zur *Datenwissenschaft*). Als Forschungsinfrastrukturen für Datenmanagement und -analyse betreibt der Forschungsbereich Materie IDAF (DESY), GridKa (KIT) und den Green IT Cube (GSI). Zudem wurde ein Update des Grid-Computing für den High-Luminosity LHC auf der Helmholtz Roadmap vorgeschlagen, um die Kapazitäten zu erhöhen, die im High-Luminosity-Betrieb des LHC notwendig sind.

Als verbindendes und strukturgebendes Element hat sich der Forschungsbereich Materie (als erster Forschungsbereich der Helmholtz-Gemeinschaft) 2021 eine eigene Digitalisierungsstrategie gegeben. Diese wurde auf den Forschungsbereichsplattformen am 29.09.2021 und 21.03.2022 sowie im Strategischen Beirat am 10.05.2022 ausführlich diskutiert. Die Koordination der Strategie erfolgte unter Federführung des Topics DMA im Programm MT. Sie ist eingebettet in die Helmholtz-weite Digitalisierungsstrategie und setzt auch Entwicklung, Bau, Betrieb und Nutzung der einzigartigen Forschungsinfrastrukturen (Datenmanagement) in den Kontext der Digitalisierung. Die Digitalisierungsstrategie verfolgt zehn Hauptziele, die auf eine Forschungsbereichs-übergreifende Zusammenarbeit ausgelegt sind:

1. Ermöglichung der internationalen Spitzenforschung durch Zentren- und Community-übergreifende föderierte Rechen-, Daten- und Service-Infrastruktur
2. Verstetigung der technologischen Führungsrolle in wissenschaftlicher Simulation, Datenanalyse und Maschinen-/Experimentsteuerung durch Anwendung von künstlicher Intelligenz sowie durch Forschung an und mit Exascale- und Quanten-Computing
3. Bereitstellung einer integrativen Support-Infrastruktur für die vielfältige Nutzergemeinschaft der Forschungsinfrastrukturen
4. Unterstützung der Nutzerschaft bei der nachhaltigen und öffentlichen Bereitstellung sowie Nutzung wissenschaftlicher Daten gemäß den FAIR-Prinzipien (Open Science)
5. Entwicklung und Bau neuer Forschungsgroßgeräte mit Hilfe modernster Informationstechnologie
6. Entwicklung intelligenter und autonomer (Kontroll-)Systeme für die Wartung und den Betrieb von Großgeräten, Forschungsinstrumenten und Experimenten
7. Verfolgung eines nachhaltigen Umgangs mit Ressourcen, von Energie und Materialien bis hin zu Daten und Software
8. Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses in Information- und Data-Science
9. Kooperation mit der Industrie in anwendungsorientierter Forschung
10. Ausbau des digitalen Wissens- und Technologietransfers in Industrie und Gesellschaft im nationalen und internationalen Umfeld

Darüber hinaus hat ein Forschungsbereichs-übergreifendes Netzwerk, zu dem der Forschungsbereich Materie signifikant beigetragen hat, die Quantenstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft erarbeitet. Das Strategiepapier führt die Aktivitäten zu Quantencomputern, Quantenkommunikation, Quantensensorik, Quantenmaterialien und Grundlagenforschung sowie

Quantensimulation und numerische Methoden aus der ganzen Gemeinschaft zusammen und formuliert die Herausforderungen für die kommenden Jahre.

### **3. Entwicklung im Rahmen der programmübergreifenden Aktivitäten**

#### **Cross-Cutting Activities**

Der Forschungsbereich Materie arbeitet in zentralen, strategisch wichtigen Querschnittsthemen eng mit anderen Forschungsbereichen zusammen. Aufgebaut wird dabei stets auf bereits bestehenden Verbindungen – durch Personen, gemeinsame Projekte oder gemeinsame Methoden. Ziel ist es, eine Bündelung von Kompetenzen zu erreichen und Synergien sinnvoll zu nutzen. In PoF IV arbeitet der Forschungsbereich Materie in fünf Cross-Cutting Activities (CCAs) mit anderen Forschungsbereichen zusammen.

#### **3.1 Information and Data Management**

- Koordinierende Sprecher:innen des Forschungsbereichs Materie: Michael Bussmann (HZDR); Volker Gülzow (DESY)
- Beteiligte Forschungsbereiche: Materie (MT); Information

Der Zugang zu zukünftigen, disruptiven Technologien wie Exascalecomputing, Quantencomputing und Foundation Models bietet einzigartige Möglichkeiten zur Analyse der großen Datenmengen, die an den Forschungsinfrastrukturen des Forschungsbereichs Materie entstehen. Neuartige Supercomputer wie der Exascalerechner JUPITER sind komplementär zu den Daten- und Rechenzentren an den Forschungszentren in Materie. Daher ist eine Zusammenarbeit zwischen den Forschungsbereichen Materie und Information von großem Interesse, um disruptive Technologien optimal einsetzen zu können (doi: 10.4230/DagRep.13.3.106). Als Kontakt von Seiten des Forschungsbereichs Materie ist das Topic Data Management & Analysis hilfreich, die verschiedenen Aktivitäten der Zentren zu bündeln. In 2023 wurde die Zusammenarbeit in den Bereichen Exascalecomputing im Rahmen des EuroHPC Centers of Excellence PlasmaPEPSC, in dem der Simulationscode PIConGPU für das Rechnen auf zukünftigen Rechenarchitekturen angepasst wird (doi: 10.1145/3581576.3581621). Dies geschieht via der vom HZDR entwickelten Alpaka-Bibliothek für portables heterogenes Programmieren und dem F.A.I.R.en Datenstandard openPMD für Exascale-workflows. PIConGPU wird damit der erste deutsche Exascale Plasmasimulationscode sein, der sowohl Fragestellungen der laserbasierten Fusion als auch der Magnetfusion wird beantworten können sowie die Entwicklung moderner Teilchenbeschleuniger unterstützt. Die massiv steigenden Anforderungen an Datenanalyse und Simulation in der Teilchenphysik mit Beginn des HL-LHC müssen durch algorithmische Verbesserungen sowie neue Technologien gedeckt werden. Quantencomputing ist eine mögliche Alternative zu konventionellen Methoden die zu erheblicher Beschleunigung von Rechnungen führen kann. Daher ist es wichtig, rechenintensive Aufgaben auf Quantencomputern zu testen. In 2023 wurden dazu KI-Algorithmen für die Bildgeneration in Simulationen von Teilchenschauern am LHC auf Quantencomputer portiert und auf ihre Leistungsfähigkeit untersucht (doi: 10.48550/arXiv.2307.05253). Dies sind wichtige Vorarbeiten Richtung PoF V und bereiten eine breite Zusammenarbeit zu Quantencomputing und -algorithmen im Rahmen der Helmholtz Quantum Initiative vor.



### 3.2 Materialforschung

- Koordinierende Sprecher:innen des Forschungsbereichs Materie: Andreas Stierle (DESY); Joachim Wosnitza (HZDR)
- Beteiligte Forschungsbereiche: Materie (MML); Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr; Energie; Gesundheit; Information; Erde und Umwelt

Die Materialforschung zielt darauf ab, neue Materialien mit verbesserten Eigenschaften zu entwickeln, die in unterschiedlichsten Anwendungen eingesetzt werden können. Dazu gehören Materialien, die in der Energietechnik zur Speicherung und Umwandlung von Energie eingesetzt werden, Materialien für den Leichtbau, um Fahrzeuge und andere Strukturen leichter und effizienter zu machen, sowie Materialien für die Informationstechnologie, um leistungsfähigere und schnellere elektronische Geräte zu entwickeln. Die Zusammenarbeit zwischen dem Forschungsbereich Materie und anderen Forschungsbereichen ist entscheidend, um neue Erkenntnisse und Innovationen zu fördern und die Entwicklung neuer Materialien voranzutreiben. Die Materialforschung ist daher von zentraler Bedeutung für die Entwicklung neuer Technologien und liefert Lösungen für gesellschaftliche Herausforderungen. Durch die Zusammenarbeit und Vernetzung zwischen verschiedenen Forschungsbereichen können Synergien genutzt und neue Wege für die Materialentwicklung erschlossen werden, allerdings beschränken sich zurzeit forschungsbereichsübergreifende Zusammenarbeiten aufgrund fehlender personeller und finanzieller Ressourcen auf bestehende Kooperationen.

Wissenschaftliche Highlights:

- In einer Zusammenarbeit zwischen den Forschungsbereichen Materie und Energie hat ein Forscherteam aus der Schweiz, Göttingen, dem HZB und DESY ein relevantes Optimierungspotential bei der Spaltung von Wasser aufgezeigt. Mithilfe von Röntgenuntersuchungen an PETRA III und FLASH konnte das Team die katalytische Wasserelektrolyse in Echtzeit untersuchen. Die Analyse dieses komplexen Prozesses liefert einen direkten Beitrag zur Optimierung der grünen Wasserstoff-Produktion. So erweisen sich Perowskit-Materialien als hocheffiziente Katalysatoren für die Niedrigenergie-Elektrolyse (doi: 10.1021/acs.accounts.2c00525).
- Eine Forschergruppe des PSI, HZB und HZDR hat in Kooperation zwischen den Forschungsbereichen Materie und Information ein neuartiges Quantenmaterial untersucht. Durch den Einsatz von Neutronenstreuung und gepulsten Magnetfeldern charakterisierte die Gruppe das magnetische Material als Funktion der Temperatur und des Magnetfelds. Die gewonnenen Ergebnisse erlauben ein vertieftes fundamentales Verständnis der Quanteneffekte, was für Anwendungen von Quantenmaterialien unerlässlich ist (doi: 10.1103/PhysRevB.108.144432).

### 3.3 Quantentechnologien

- Koordinierende Sprecher:innen des Forschungsbereichs Materie: Volker Gülzow (DESY); Kerstin Borrás (DESY)
- Beteiligte Forschungsbereiche: Materie (MML); Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr; Information

In der Helmholtz-Gemeinschaft sind die Aktivitäten auf dem Gebiet der Quantentechnologien über mehrere Zentren, Forschungsbereiche und Programme verteilt. Derzeit sind folgende Zentren in Helmholtz-Quantum vertreten: DESY, FZJ, HZDR, GSI, HIM, HZB, KIT und UFZ.



Um einen Helmholtz-weiten Austausch zu Quantentechnologien zu ermöglichen, wurde Helmholtz-Quantum mit Unterstützung des Präsidenten als strategische Plattform eingerichtet, um die Entwicklung der Quantenforschung in Helmholtz zu diskutieren und zu koordinieren, Helmholtz-weit den Austausch und die Zusammenarbeit innerhalb der Quantenforschung zu fördern, mit dieser gebündelter Kompetenz zu nationalen und internationalen Aktivitäten beizutragen, Strategien zu entwickeln und abzustimmen, sowie die Quantenforschung nach außen hin zu vertreten. Die Plattform ist flexibel konzipiert und kann auf Ad-hoc-Situationen reagieren.

Helmholtz-Quantum wird von führenden Wissenschaftler:innen in enger Zusammenarbeit mit der Helmholtz-Geschäftsstelle koordiniert. Die jüngsten Aktivitäten der Helmholtz-Quantum-Plattform im Jahr 2023 konzentrierten sich auf die Diskussion strategischer Entwicklungen in der Helmholtz-Quantenforschung und die Verknüpfung der Aktivitäten. Die strategische Ausrichtung von Helmholtz-Quantum für PoF V wurde Mitte des Jahres 2023 in einem Workshop am Helmholtz Institut Mainz diskutiert und in ein kurzes Konzeptpapier gefasst. Die wissenschaftlichen Vorstände empfahlen die Weiterentwicklung zu einem strategischen Konzept für eine Querschnittsaktivität in PoF V. Im November legte eine erste Vorbereitungsbesprechung für einen Helmholtz-weiten Workshop den Fokus auf Anwendungen der Quantentechnologien und eine bessere Vernetzung. An diesem Helmholtz-weiten Workshop im Januar 2024 nahmen mehr als 80 Wissenschaftler:innen teil, es wurden 38 Kurzvorträge gehalten, die Hälfte von Materie oder der Kombination Materie/Information, und neue Partnerschaften initiiert. Die derzeitigen Fokus-Punkte der Querschnittsaktivität Quantentechnologien, die sich bei diesem Workshop herausgebildet haben, sind die Betonung auf Anwendungen in allen Bereichen von Helmholtz und darüber hinaus in gesellschaftlicher und ökonomischer Hinsicht, sowie die Einbindung von weiteren Zentren und Forschungsbereichen in Quantentechnologien durch Wissenstransfer, Darstellung von Beispiel-Anwendungen und Beratung für den möglichen Einsatz von Quantentechnologien.

DESYs hoch-präzise Lichtquellen PETRA III und FLASH ermöglichen noch nie da gewesene Einsichten in die Struktur und Dynamik von Quantenmaterialien. Dieses neue Verständnis wird zu neuen Entwicklungen in den Quantentechnologien führen. DESY und HZB führten im Oktober ein Mini-Workshop (online, 3 Stunden, 90 Teilnehmer) *Synchrotron radiation for quantum technology* durch.

Am HI Mainz wird ein Quantencomputer mit gefangenen Ionen im BMBF Projekt IQuAn gefördert, um einen skalierbaren Ansatz für < 100 voll verbundene Qubits und mehr zu verfolgen. Mid-circuit Messungen für bedingte Verzweigungen in Algorithmen erlauben Quantenfehlerkorrektur mittels topologischer Codes. Der Quantencomputerzugang wird von verschiedenen Arbeitsgruppen genutzt, z.B. von der Firma Covestro (BMBF Projekt HFAK) und dem DESY Zeuthen für VQE-Algorithmen. Zusätzlich zur Anbindung an der HPC-MOGON II im HIM ist eine Anbindung an den HPC-Verbund JUNIQ geplant.

Am DESY wurden wichtige Fortschritte in Richtung Quantum Maschine Learning, Robustheit gegen Fehler- und Rausch-Einflüssen, sowie Hinweise auf Quantum Advantage erreicht. Zentrale Aspekte sind die korrekte Simulation von 4-dimensionalen Bildern, so wie sie in den LHC Detektoren aufgezeichnet werden. Die Ergebnisse sind publiziert (doi: 10.1088/2058-9565/ad0389) und in der mit Auszeichnung bewerteten Doktorarbeit an der RWTH Aachen (doi: 10.18154/RWTH-2023-09302)

Die erfolgreiche Kooperation zwischen DESYs CQTA und eines der größten Unternehmen im Bereich Quantencomputing, IonQ, zeigt den potenziellen Nutzen von Quantencomputing zur

Lösung komplexer Fragen, insbesondere in der Logistik. Die Veröffentlichung *Simulating the flight gate assignment problem on a trapped ion quantum computer* (arxiv.org/abs/2309.09686) zeigt, dass diese Art von Quantenalgorithmen Plattform-unabhängig sind, und die erfolgreiche Zusammenarbeit des CQTAs in Zeuthen mit Industrie und Wirtschaft.

Am HZDR wurden diverse wichtige Forschungsrichtungen in Quantum Computing verfolgt und publiziert

(doi: 10.3390/math11092018, 10.1016/j.asoc.2023.110099, 10.1109/TNNLS.2023.3240238).

HI-Jena/GSI hat zusammen mit DESY erstmals einen Kernübergang (in 45-Scandium), der relevant für Kernuhren ist, mit einem Laser angeregt (doi: 10.1038/s41586-023-06491-w). Eine Kernuhr hat das Potential, die bislang genauesten Atomuhren zu übertreffen und eröffnet als neuartiger Quantensensor bislang unerreichte Experimente. Bei GSI wurde eine Messkampagne zur Kernuhr 229-Th(m) gestartet. Am HI-Jena hat die Helmholtz Nachwuchsgruppe (Peter Micke) zum Thema *Quantenlogik-Spektroskopie* die Arbeit aufgenommen, er hat einen Ruf auf eine Junior Professur an der Friedrich-Schiller Universität Jena erhalten.

Im Rahmen des Helmholtz Erst-Berufenen-Programms wurde Elina Fuchs in Kooperation von DESY und der Leibniz Universität Hannover zur Förderung ausgewählt. Auch sie wird sich in unterschiedlichsten Kooperationen mit Kern- und Atomuhren und theoretischen Aspekten befassen.

Für das ALPS II-Experiment am DESY wird ein Detektorsystem basierend auf kryogenen Transition Edge Sensoren entwickelt. Die Spezifikationen wurden übertroffen und erreichten eine hervorragende Effizienz (doi: 10.22323/1.398.080). Neben einer Anwendung des Detektorsystems für ALPS II erscheint auch ein Einsatz für eine direkte Suche nach Dunkler Materie vielversprechend.

Am DESY werden Cavities aus dem Beschleunigerbereich für ihre Eignung zum Nachweis von Gravitationswellen untersucht. Eine neue theoretische Beschreibung der Wechselwirkung gibt Hinweise auf optimale Betriebsparameter (doi: 10.1140/epjc/s10052-023-12304-1).

Im Dezember 2023 wurde der erste Entwurf für die Detektor F&E Strategie für Quantentechnologien und neu entstehende Technologien im Rahmen der internationalen ECFA Detektor-Entwicklung veröffentlicht.

Mit der internationalen Ausrichtung über ECFA (European Committee for Future Accelerators) ist diese Strategie hochrelevant für zukünftige Experimente in der Astro-, Kern-, und Teilchenphysik. DESYs Kompetenzen erlauben Beteiligungen in allen Arbeitspaketen anvisiert.

### 3.4 Strukturbiologie und biologische Prozesse

- Koordinierende Sprecher:innen des Forschungsbereichs Materie: Holger Sondermann (DESY); Manfred Weiss (HZB)
- Beteiligte Forschungsbereiche: Materie (MML); Gesundheit; Information

Die CCA Strukturbiologie und biologische Prozesse existiert seit 2011. Sie hat es sich zum Ziel gesetzt, strukturbiologische Aktivitäten innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft zu vernetzen (diese finden sich in den Forschungsbereichen Gesundheit, Information, Materie und in Zukunft auch in Umwelt und Umwelt), Synergien zu nutzen, Kollaborationen zu ermöglichen und Beiträge zur Helmholtz und zur nationalen Strukturbiologie-Roadmap zu liefern. Seit der Gründung der CCA bis hin zur Covid-19 Pandemie wurden regelmäßig im zweijährigen Turnus

Austauschtreffen organisiert. Das letzte dieser Treffen fand im Dezember 2019 in Heidelberg statt. Nach mehr oder weniger überstandener COVID-19 Pandemie sollte 2023 eigentlich wieder ein Treffen aller CCA-Mitglieder stattfinden. Dies fiel leider den Cyberattacken an der HMGU und am HZB zum Opfer. Dennoch steht 2023 nicht ergebnislos da. Am DESY in Hamburg wurde unter Mitwirkung von HZB die neue Screening-Beamline HiPHAX installiert. Dies war ein Projekt welches schon sehr lange im Fokus des Interesses der CCA stand. Weiterhin wurde Deutschland 2023 als ordentliches Mitglied in die Europäische Forschungsinfrastruktur INSTRUCT ERIC aufgenommen. Damit haben deutsche Forschungsinfrastrukturen auch wieder Zugriff auf von der EU aufgelegte Projekte. Auch dies wurde von der CCA ausdrücklich unterstützt. Im Forschungsbereich Gesundheit wurden zwei wichtigen high-end Infrastrukturen installiert bzw. ausgebaut: ein 1.2 GHz NMR am FZJ und eines am HMGU.

Wissenschaftliche Highlights:

- Reinke PYA, de Souza EE, Günther S, Falke S, Lieske J, Ewert W, Loboda J, Herrmann A, Rahmani Mashhour A, et al. (2023). Calpeptin is a potent cathepsin inhibitor and drug candidate for SARS-CoV-2 infections. *Commun Biol.* 6, 1058. (doi: 10.1038/s42003-023-05317-9)
- Soni K, Jagtap P, Martínez-Lumbreras S, Bonnal S, Geerlof A, Stehle R, Simon B, Valcárcel J & Sattler M (2023). Structural basis for specific RNA recognition by the alternative splicing factor RBM5. *Nature Commun.* 14. (doi: 10.1038/s41467-023-39961-w)

### 3.5 Strahlenforschung

- Koordinierende Sprecher:innen des Forschungsbereichs Materie: Marco Durante (GSI); Andrea Denker (HZB)
- Beteiligte Forschungsbereiche: Materie (MT; MML); Information; Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr; Erde und Umwelt; Energie; Gesundheit

Die Cross-Cutting Activity Strahlenforschung (CCA-RR) wurde in Vorbereitung auf PoF III mit dem Ziel gegründet, die Sichtbarkeit und Vernetzung der einzelnen Aktivitäten in den verschiedenen Programmen und Forschungsbereichen zu verbessern. Für PoF IV wurde das CCA-RR neu strukturiert und deutlich erweitert, so dass neun Zentren aus allen sechs Forschungsbereichen der Helmholtz-Gemeinschaft beteiligt sind. Die Hauptaktivität im Jahr 2023 war die Erstellung eines Weißbuchs zur Strahlenforschung. Das Dokument gliedert sich in vier Hauptkapitel:

1. Die Querschnittsaktivität Strahlungsforschung
2. Herausforderungen der kommenden 5-10 Jahre
3. Große Helmholtz-Infrastrukturen in der Strahlenforschung
4. Die Zukunft der Strahlenforschung in Helmholtz

In dem Papier wird zunächst ein detaillierter Überblick über die Forschungsaktivitäten und die dazugehörigen Infrastrukturen in der Helmholtz-Gemeinschaft im Bereich der Strahlenforschung gegeben. Hauptthemen dabei sind: Strahlenschutz, nukleare Entsorgung, Strahlenschutz im Weltraum, Radioökologie, Bildgebung, Nuklearmedizin und Strahlentherapie. Es wurden 15 große Infrastrukturen untersucht, die derzeit in Helmholtz-Zentren in Betrieb sind, und acht weitere, die sich im Aufbau befinden.

Die wichtigste Schlussfolgerung des Dokuments ist, dass die Strahlenforschung ein Markenzeichen der Helmholtz-Forschung ist. Sie wird in vielen verschiedenen Zentren aktiv betrieben und hat zu herausragenden Ergebnissen geführt, die die Leistungsfähigkeit der Helmholtz-Infrastrukturen und das translationale Potenzial ihrer Forschungsprodukte beweisen. Künftige Fortschritte können durch die Verknüpfung der derzeit in separaten Forschungsprogrammen laufenden Strahlungsforschungsaktivitäten gefördert werden. Programmübergreifende Aktivitäten im Strahlenschutz, der Radioökologie und der Strahlenmedizin können Helmholtz zur führenden Strahlenforschungsorganisation in Europa machen.

Weißpapier Strahlenforschung:

- F. Becker et al., *Cross-Cutting Activity Radiation Research – White paper*. GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, 2023 (doi:10.15120/GSI-2023-00685).

## Innovationspool

Zur Förderung von programm- und forschungsbereichsübergreifenden Wegbereiterprojekten wurde der Innovationspool des Forschungsbereichs Materie etabliert. In zwei Ausschreibungsrunden (2019-2020 und 2021-2024) wurden eine Reihe von innovativen, stark interdisziplinären Aktivitäten gefördert. Aufbauend auf den Forschungsergebnissen der ersten Ausschreibungsrunde werden einige der Pilotprojekte auch in der zweiten Runde weiter gefördert.

### 3.6 ACCLAIM

- Koordinierende Sprecher:innen: Frank Gaede (DESY); Matt Zepf (GSI/Hi Jena)
- Beteiligte Programme: MT; MU; MML
- Beteiligte Zentren: DESY; GSI/Hi Jena; HZB; HZDR; KIT

Im Innovationspool-Projekt *ACCeLerating Science with Artificial Intelligence and Machine Learning* (ACCLAIM) werden, aufbauend auf dem Vorgängerprojekt AMALEA, moderne Methoden des maschinellen Lernens für die Forschung im Bereich Materie entwickelt. Dabei werden alle drei MT-Topics ARD, DTS und DMA von den beteiligten Zentren DESY, GSI, HIJ, HZB, HZDR und KIT adressiert. Aufgrund der sehr erfolgreichen Arbeiten in ACCLAIM und der großen Relevanz von KI-basierten Methoden für den Forschungsbereich, wurde das Projekt um ein weiteres Jahr bis Ende 2024 verlängert. Dabei nutzen die beteiligten Partner die zusätzliche Zeit, um ihre Arbeiten in den verschiedenen Gebieten weiterzuentwickeln und zu vertiefen. Im Juli 2023 haben sich alle beteiligten Partner zum ersten Mal persönlich in Jena getroffen, um sich über den Fortschritt in den einzelnen Arbeitsgebieten auszutauschen. Dabei setzt sich der Trend fort, dass die Anwendung von ML-Methoden für den Betrieb und die Kontrolle von Beschleunigern und der Optimierung der Strahlqualität bisherigen klassischen Methoden oft deutlich überlegen sind. Die hier beteiligten Institute DESY, GSI, HZB und KIT konnten viele neue ML-Methoden an den betriebenen Beschleunigern ARES, BESSY III, EU-XFEL, FLUTE und PETRA III etablieren und damit einen weiteren Schritt in Richtung Autonomer Beschleuniger gehen. Am HIJ wurde außerdem ein Lasersystem mit ML-basiertem Feedback-System entwickelt. Die schnelle Simulation von hochgranularen Kalorimetern in der Teilchenphysik konnte am DESY erfolgreich zur Anwendung gebracht werden. Am HZDR wurden invertierbare Neuronale Netzwerke zur Simulation von Spektren laserbasierter Plasmen eingesetzt.

### 3.7 ADC-MAPP

- Koordinierende Sprecher:innen: Andreas Haungs (KIT)
- Beteiligte Programme: MU; MT
- Beteiligte Zentren: KIT; DESY

Das Ziel von ADC-MAPP ist es, die bestehenden Ansätze wie das KASCADE Cosmic-ray Data Center (KCDC), das Alert Management, Photometry and Evaluation of Lightcurves (AMPEL) oder das Analysewerkzeug Gammapy zu einem kohärenten Konzept einer Nutzereinrichtung zu erweitern. Darüber hinaus wird im Rahmen von ADC-MAPP die Anwendung von künstlicher Intelligenz und Deep Learning zur Optimierung der Datenaufbereitung und Datenanalyse vorangetrieben. Die Aktivitäten dienen der Digitalisierung des datenintensiven Forschungsfeldes und konzentrieren sich auf spezifische Aufgaben des Forschungsdatenmanagements, Big-Data- und Multi-Messenger-Analysen, Services für eine breite Nutzergemeinschaft sowie Netzwerke und Schulungen. Im Jahr 2023 gab es weitere Fortschritte bei der Beschleunigung von Luftschauer-Simulationen durch Deep Learning-Methoden unter Verwendung eines sequenziellen Modells zur Erzeugung kosmischer Strahlenschauer. Darüber hinaus wurde die Anwendung von Graph Neural Networks zur Bestimmung der Elementkomposition kosmischer Strahlung im PeV- bis EeV-Energiebereich aus den IceCube/IceTop-Daten vorgestellt (doi: 10.22323/1.444.0334). ADC-MAPP entwickelt Verfahren und Hilfsmittel für das FAIR-Datenmanagement für Observatorien in der Astroteilchenphysik, um langfristig gesammelte Daten effizient zu nutzen. Die Datenarchive von VERITAS und H.E.S.S., die alle verfügbaren Beobachtungen der beiden Instrumente enthalten, werden in einem offenen und standardisierten Format erstellt, das mit Gammapy kompatibel ist, um einen breiteren Zugang zu ermöglichen. ADC-MAPP legt den Schwerpunkt auf die Vorbereitung der Archive für die Veröffentlichung, um eine dauerhafte Verfügbarkeit für die wissenschaftliche Gemeinschaft zu gewährleisten. Die Entwicklung einer einheitlichen Strategie für die Bereitstellung von Meldungen zu transient-Ereignissen ist die zweite wichtige Aktivität, die Teleskope wie ZTF, Vera Rubin, IceCube und CTA sowie das offene AMPEL-Softwareprojekt einschließt, das diese Instrumente miteinander verbindet. Dieser Ansatz fördert die Zusammenarbeit und die Integration der Daten und bringt die Erforschung von Phänomenen mittels multi-messenger Astroteilchenphysik voran. Die Arbeitsgruppen in ADC-MAPP arbeiten eng mit anderen Initiativen wie NFDI (PUNCH4NFDI), ErUM-Data oder EOSC auf dem Gebiet der Digitalisierung der Astroteilchenphysik, der Verwaltung von Forschungsdaten und der nachhaltigen Veröffentlichung wissenschaftlicher Daten zusammen.

### 3.8 Data-X

- Koordinierende Sprecher:innen: Anton Barty (DESY)
- Beteiligte Programme: MML; MT (in Kooperation mit dem Forschungsbereich Information)
- Beteiligte Zentren: DESY; FZJ; GSI/Hi Jena; Hereon; HZB; HZDR; KIT

Moderne Sensortechnologien, die in hochmodernen Experimenten eingesetzt werden, können große Datenmengen generieren. Aus diesen Daten muss schnell Wissen gewonnen werden, um zu verhindern, dass sich Rohdaten in teuren Speichereinrichtungen ansammeln und so die gespeicherte Datenmenge reduziert wird, ohne die wissenschaftlichen Ergebnisse zu beeinträchtigen. Die Entwicklung bewährter Technologien und Pipelines zur Wissensextraktion steht im Mittelpunkt des Data-X-Projekts. Das Ziel besteht darin, kleine Mengen verarbeiteter

Daten schnell zu speichern und nicht große Mengen Rohdaten für eine spätere Analyse. Es wurde sich auf Schlüsselanwendungen der Photonik- und Neutronenforschung und implementieren Echtzeit- und nahezu Echtzeit-Online-Verarbeitung für Experimente konzentriert, die derzeit große Mengen an Rohdaten erzeugen, und so wird das strategische Ziel erreicht, die verfügbaren Investitionen in Computer und Speicher optimal zu nutzen.

Letztes Jahr wurden zwei Artikel über die automatische Unterdrückung schlechter Bilder in der seriellen Kristallographie mithilfe von Techniken des maschinellen Lernens veröffentlicht. Implementierungen dieser Algorithmen wurden für CPUs, GPUs und FPGAs optimiert; GPU- und FPGA-Implementierungen zeigten jeweils eine höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit und eine geringere Ressourcenauslastung als die CPU. Zukünftig könnte der Einsatz von Beschleunigern mit integrierten Netzwerkverbindungen zum Empfang von Daten von Detektoren möglicherweise Engpässe bei der Datenübertragung an Beschleunigern überwinden. Die Hochleistungsverarbeitung ist auf der in Tomographieexperimenten eingesetzten Hochgeschwindigkeitskamera Phantom H2640 implementiert und in das Experimentsteuerungssystem zur Online-Datenverarbeitung integriert, wo Daten nun ohne Verzögerung online rekonstruiert werden können (2016 x 2016 x 200 Ebenen). Für die Fusion korrelativer, multimodaler Bilddaten wurde in Zusammenarbeit mit dem JL MDMC (Forschungsbereich Information) ein Softwaretool für die Registrierung von 3D-Tomographie- und 2D-Elektronenmikroskopie- bzw. 2D-Histologiedaten entwickelt. Die schnelle Ereignismodusverarbeitung des Timepix4-Chips wurde in eine neue, schnell skalierbare Auslesearchitektur integriert und in Experimenten an DESYs PETRA III P01-Beamline und kürzlich an der ID 14-Beamline von ESRF demonstriert. Diese Entwicklungen über mehrere Anwendungsfälle hinweg bringen die im Data-X-Projekt dargelegten Ziele erheblich voran.

### 3.9 FISCOV

- Koordinierende Sprecher:innen: Manfred Weiss (HZB)
- Beteiligte Programme: MML (in Kooperation mit den Forschungsbereichen Gesundheit; Information; Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr)
- Beteiligte Zentren: DESY; HZB; KIT; FZJ; GSI/Hi Jena; (in Kooperation mit HZI; HMGU; MDC; DLR)

Der vorliegende Bericht für das Jahr 2023 basiert auf den Fortschrittsberichten von HZB, DESY und der GSI. Wie schon in den Berichtszeiträumen 1 und 2 konzentrieren sich die meisten der berichteten Aktivitäten auf das Arbeitspaket 1, das sich mit 3D-Strukturen der jeweiligen Proteine, Komplexe und Protein-Ligand-Wechselwirkungen befasst. DESY hat die Folgeexperimente zu dem bereits identifizierten SARS-CoV-2 Mpro und dem menschlichen Cathepsin L-Inhibitor Calpeptin fortgesetzt (doi: 10.1038/s42003-023-05317-9). Außerdem wurde gerade ein 1000-Fragmente-Screening gegen menschliches Cathepsin L abgeschlossen. Die Ergebnisse werden voraussichtlich in der ersten Hälfte des Jahres 2024 veröffentlicht. Weitere Screens gegen andere virale Zielproteine werden derzeit durchgeführt oder vorbereitet. Das HZB hat seinen Fokus auf SARS-CoV-2 nsp1 gelegt. Zwei Fragment-Screens mit der KIT-Bibliothek und der F2X-Entry-Bibliothek des HZB sind bereits abgeschlossen. Neben nsp1 hat sich das HZB auch auf nsp3b konzentriert, ein SARS-CoV-2 Enzym, das die angeborene zelluläre Immunantwort während der Infektion unterdrückt. Auf der Grundlage früherer Screening-Kampagnen wurden mehrere Folgeverbindungen identifiziert. Diese Verbindungen binden wie erwartet, sind aber leider chemisch instabil. Im Juni 2023 wurde das HZB Opfer einer massiven Cyber-Attacke, die zu einer starken Verlangsamung der Aktivitäten führte.

Für das Arbeitspaket 2 wurden Einzelzellsequenzierungsdaten von Immunzellen von Patienten analysiert, die mit dem JAK1-Inhibitor Upadacitinib behandelt wurden. Es wurde festgestellt, dass Patienten, die nicht auf die Behandlung mit Upadacitinib ansprechen, erhöhte Werte des proinflammatorischen Zytokins IL-1b aufweisen. Dies legt nahe, dass Upadacitinib auch das NLRP-Inflammasom hemmt. Es wurde ein Multiskalenmodell entwickelt, das auch das Inflammasom einbezieht, um die vollständigen immunmodulierenden Auswirkungen von Upadacitinib zu simulieren.

Für das Arbeitspaket 3 wird berichtet, dass die Experimente mit dem neuen COVID-19-Bestrahlungsimpfstoff nun abgeschlossen sind. Wir haben gezeigt, dass durch hochenergetische Schwerionen inaktivierte Influenzaviruspartikel bei Mäusen eine robuste Immunreaktion hervorrufen. Die Ergebnisse werden Anfang 2024 zur Veröffentlichung eingereicht.

In Arbeitspaket 4 untersucht die GSI die Auswirkungen von Radonexpositionen auf Lungenentzündungen anhand eines LPS (Lipopolysaccharid)-induzierten Mausmodells. Drei unabhängige Experimente wurden im Jahr 2023 durchgeführt. Dabei erhielten C57BL/6J-Mäuse zwei subletale Dosen von LPS über eine intratracheale Verabreichung, um eine akute Lungenentzündung auszulösen. Anschließend wurde die Wirksamkeit der Radonexposition untersucht und mit der konventionellen Dexamethasontherapie und der Scheinbehandlung verglichen. Erste phänotypische Auswertungen deuteten darauf hin, dass Radonexpositionen eine lindernde Wirkung auf die Lungenentzündung haben (z.B. weniger ausgeprägter Gewichtsverlust im Vergleich zur Scheinbehandlung), wenn auch nicht so stark wie Dexamethason. Dies konnte visuell durch  $\mu$ CT-Bildgebung und Hämatoxylin-Eosin-Histologie sowie auf molekularer Ebene durch Immunophänotypisierung und Transkriptom-Profilierung bestätigt werden. Genauer gesagt führen sowohl Radon als auch Dexamethason im Vergleich zur Scheinbehandlung zu einer weniger ausgeprägten Lungenentzündung (geringere Intensität und kleinere Fläche). Darüber hinaus waren die für eine Lungenentzündung charakteristischen Immunmarker in den Lungen der mit Radon oder Dexamethason behandelten Mäuse im Vergleich zur Kontrollgruppe deutlich reduziert. Eine Publikation zu diesen Ergebnissen ist in Vorbereitung.

Im Arbeitspaket 5 bei DESY wurden neuartige Arzneimittelabgabepflaster entwickelt und charakterisiert. Insbesondere wurden Struktur-Funktions-Korrelationen abgeleitet, die einen breiten Einsatz der neuartigen Pflaster ermöglichen. In einer Kooperation mit der Firma Beiersdorf, die auf den Ergebnissen des FISCOV-WP5 aufbaut, wird weiter an der Entwicklung alternativer Impfmethode über reinen Hautkontakt geforscht.

### **3.10 HBS-2**

- Koordinierende Sprecher:innen: Thomas Brückel (FZJ); Karen Frieze (FZJ)
- Beteiligte Programme: MML; MT
- Beteiligte Zentren: FZJ; GSI/HIM; Hereon; HZDR

Das Innovationsprojekt HBS-2 (High current accelerator systems for future HBS) dient der Entwicklung der Beschleuniger- und Neutronentargettechnologie für leistungsfähige kompakte beschleuniger-basierte Neutronenquellen neuer Generation mit dem Ziel der Realisierung einer Testanlage zur Demonstration der Betriebsfähigkeit einer solchen Großforschungsanlage. Das Projekt ist die Fortführung des vorherigen, erfolgreichen Innovationspoolprojekts HBS (Förderung von 2019 bis 2020). Neben den dort beteiligten vier Zentren FZJ, GSI/HIM, Hereon ist in HBS-2 auch das HZDR an dem Projekt beteiligt.

2023 konnten die fünf Arbeitspakete des Projekts erfolgreich weitergeführt werden. Vor allem sind zahlreiche experimentelle Ergebnisse an der Neutronentargetstation am FZJ durchgeführt worden. Hier konnten die folgenden Ergebnisse erzielt werden:

Die Fertigung der low-beta cw-H Mode Kavität wurde bei den entsprechenden Firmen beauftragt und mit dem Bau der Systeme begonnen. Die Fertigstellung der Kavität im ersten Halbjahr 2024 geplant. Für den Protonenstrahltransport sind weitere Simulationen zur Strahldynamik durchgeführt sowie ein leistungsfähiger Beam dump konzipiert worden. Das kompakte kryogene Wasserstoffmoderatorsystem wurden erfolgreich an der Neutronentargetstation am FZJ getestet. Ebenso konnten erfolgreich Testmessungen mit einem kalten Moderator mit Ethan hier durchgeführt werden. An der Neutronentargetstation am FZJ sind erste Testmessungen mit schnellen und thermischen Neutronen durchgeführt worden. Für den Bau eines Flugzeitdiffraktometers sind erste Testmessungen an der Neutronentargetstation am FZJ erfolgt. Für den Aufbau einer Neutronentargetstation am 6 MeV Tandem Beschleuniger des IBC am HZDR sind erste Vorbereitungen getroffen worden. Die Targetstation soll mit einem Be-Target und Messplätzen für Neutronenimaging, PGNA und Bestrahlung bis Ende 2024 fertig gestellt werden. An der Neutronentargetstation im Big Karl-Areal des IKP am FZJ sind zahlreiche Experimente an den verfügbaren Strahlrohren unter anderem durch das CEA / LLB mit dem Neutronenreflektometer HERMES, der TUM mit einer thermischen Neutronenimaginganlage, hereon mit Detektortest für die ESS und der ESS im Rahmen des EU-geförderten Projekts HighNESS mit Testmessungen zu neuartigen Neutronenreflektormaterialien durchgeführt worden.

Der Technical Design Report für die Realisierung einer HBS ist im Juni 2023 veröffentlicht worden und ist auf breites Interesse gestoßen.

### 3.11 InnoVEEA

- Koordinierende Sprecher:innen: Steffen Grohmann (KIT)
- Beteiligte Programme: MT
- Beteiligte Zentren: DESY; GSI; HZB; KIT

Wichtige Meilensteine wurden im Rahmen des Innovationspool Projekts InnoVEEA (Innovation pool project for Energy Efficient Accelerators) erreicht. Am KIT wurde der Bau des Compact Accelerator Systems Test Stand (COMPASS) fortgesetzt; die Hauptkomponenten werden Anfang 2024 geliefert. Diese neue Forschungsinfrastruktur wird die Entwicklung der kryogenen Gemischkältetechnologie bis hin zur Kommerzialisierung ermöglichen, um deren Potential zur Reduzierung des Energiebedarfs autarker Magnetkryostate um bis zu 50 % auszuschöpfen. Weiterhin wurde am HZB die Technologie eines Kupfer-auf-Niob-Beschichtungsverfahrens weiterentwickelt, das ein notwendiger Schritt zum Betrieb leitungsgekühlter SHF-Resonatoren bei 4 K anstelle von 2 K ist und den Energiebedarf der Kühlung um mehr als 50 % senkt. Das neue Verfahren wurde vom HZB erfolgreich zum Patent angemeldet und publiziert. Ein Materiallabor wurde vollständig installiert und in Betrieb genommen, in dem das HF-freie Ätzen von Niob untersucht wird. Die Natur der Oxidschichten und der Einfluss von Kontaminationen wurde mit Synchrotronstrahlung einer BESSY Beamline untersucht. Bei DESY ist die Entwicklung eines permanentmagnetbasierten Hochgradienten-Quadrupols für PETRA IV fortgeschritten. Neben dem magnetischen Design steht auch das mechanische Design vor dem Abschluss; der verbleibende Teil betrifft die Werkzeuge für eine sichere und effiziente Montage der Dauermagnetblöcke in die Jochstruktur. Die Dauermagnete konnten bereits mit Hilfe von Drittmitteln beschafft werden, mit der Herstellung der Magnetpole und des Jochs soll Anfang



2024 begonnen werden. Am KIT wurde das elektrische Modell des KARA-Beschleunigers in eine digitale Echtzeitsimulationsumgebung implementiert und erste elektrische Analysen durchgeführt. Sobald das Modell mit historischen Daten validiert ist, wird es an die Kommunikationsinfrastruktur zwischen KARA und Energy Lab 2.0 angeschlossen und der KARA-Stromverbrauch wird direkt in die Echtzeitsimulation implementiert. Besonderes Augenmerk wird auf die Auswirkungen variabler Energiequellen gelegt in Zusammenarbeit mit dem Energy Lab 2.0 des KIT, Europas größter Forschungsinfrastruktur für erneuerbare Energien.

### 3.12 LUXE-QED

- Koordinierende Sprecher:innen: Beate Heinemann (DESY)
- Beteiligte Programme: MU; MT; MML
- Beteiligte Zentren: DESY; HZDR; GSI/Hi Jena

Das LUXE-Experiment wurde vorgeschlagen, um die Quantenelektrodynamik (QED) in einem noch unerforschten Bereich der Feldstärke am und oberhalb des Schwinger-Limits zu untersuchen. Dies soll durch die Kollision von Elektronenpaketen aus dem European XFEL mit starken Laserpulsen erreicht werden. Das Experiment soll sowohl die Elektron-Photonen-Streuung als auch die Bildung von Elektron-Positron-Paaren in reinen Lichtstreuprozessen mit prozentualer Genauigkeit messen und damit den Übergang von der perturbativen zur nicht-perturbativen QED untersuchen. Nach der Aufnahme von LUXE in die Roadmap des DESY-Direktoriums im November 2022 schloss die LUXE-Kollaboration im August 2023 den Technical Design Report [1] ab, der das Design des Lasersystems und seiner Diagnostik beinhaltet, was das erste Ziel des Innovationspool-Projekts LUXE-QED war. Der zweite Teil des Projekts, die Entwicklung einer Quantencomputing-Methode zur Rekonstruktion geladener Teilchenkandidaten aus Energiedepositionen im LUXE-Spurdetektor, hat ebenfalls wichtige Meilensteine erreicht: Erste Ergebnisse zum Vergleich von Quantencomputing und klassischen Methoden an einer vereinfachten Simulation des Tracking-Detektors wurden veröffentlicht (doi: 10.1088/1742-6596/2438/1/012127 & 10.1007/s41781-023-00109-6). Parallel dazu wurde die auf Quantencomputing basierende Methode auch erfolgreich auf eine realistischere Simulation angewandt und wird derzeit auf Collider-Detektoren übertragen.

### 3.13 MaDQuant

- Koordinierende Sprecher:innen: Jochen Wosnitza (HZDR)
- Beteiligte Programme: MML (in Kooperation mit dem Forschungsbereich Information)
- Beteiligte Zentren: DESY; FZJ; GSI; HZB; HZDR

Das Innovationspool-Projekt MaDQuant (Materials Dynamics for Future Quantum Technologies) ist darauf ausgerichtet, die grundlegende Materialforschung im Bereich der Quantentechnologien voranzutreiben. Durch die Zusammenarbeit von Experten aus dem Programm MML und dem Forschungsbereich Information streben wir ein tiefgreifendes Verständnis von Quantenmaterialien sowie von Quantenzuständen und deren dynamischer Kopplung an. Unser Ziel ist es, relevante Quantenmaterialien zu identifizieren, ein fundiertes Verständnis der Materialien und ihrer Eigenschaften zu entwickeln, dynamische Zustände und ihre Wechselwirkung mit der Umgebung zu untersuchen und potenzielle technologische Anwendungen zu identifizieren. Wir sind bestrebt, die Grundlagen für die breite Anwendung von Quantentechnologien zu schaffen. Auch im dritten Jahr des Projekts wurden wieder eine Reihe hochrangiger Resultate veröffentlicht. So konnte ein Forscherteam unter Leitung der GSI eine größenabhängige

Änderung des Vorzeichens einer thermoelektrischen Größe (Seebeck-Koeffizient) nachweisen. Dieser Quanteneffekt eröffnet einen vielversprechenden Weg für neuartige Thermoelemente (doi: 10.1038/s41598-023-35065-z). Weiterhin konnte in einer Kooperation zwischen HZB und HZDR nachgewiesen werden, dass die magnetischen Momente von bestimmten Kernen einen nicht vernachlässigbaren Einfluss auf den elektronischen Grundzustand von Quantenmaterialien haben (doi: 10.1103/PhysRevB.108.214412). Dies ist für mögliche Anwendungen zu berücksichtigen.

### 3.14 TANGERINE

- Koordinierende Sprecher:innen: Ingrid Gregor (DESY)
- Beteiligte Programme: MT; MU
- Beteiligte Zentren: DESY; GSI; KIT

Im Rahmen des Innovationspool-Projekts TANGERINE entwickeln die Zentren DESY, GSI und KIT Silizium-Pixeldetektoren der nächsten Generation zum Tracking geladener Teilchen. Im Berichtsjahr wurden die Prototypen der zweiten Generation von monolithischen aktiven Pixelsensoren (MAPS) in 65-nm-CIS-Technologie aus der Fertigung ausgeliefert und in Labor- und Teststrahlungsmessungen getestet. Dazu gehören H2M und der DESY-ER1 Testchip. H2M ist der erste voll integrierte TANGERINE-Detektorprototyp, der entsprechend dem Digital-on-Top-Workflow entwickelt wurde, der bei dem ASIC-Design für Hybriddetektoren angewendet wird. Der ER1-Testchip verfügt über die gleichen analogen Pixel-Frontends wie H2M, ermöglicht aber einen direkten Zugriff auf den analogen Verstärkerausgang, was für ein tieferes Verständnis des Sensors und der Technologie nützlich ist. Erste Messungen deuten darauf hin, dass beide Chips voll funktionsfähig sind, die detaillierte Charakterisierung ist in Arbeit.

Die Untersuchung der Ortsauflösung und Effizienz für verschiedene Sensordesigns zur Verbesserung der Ladungssammeleigenschaften unter Verwendung von am CERN entworfenen analogen Prototypen wurde abgeschlossen. Die Ergebnisse werden mit den im Rahmen des Projekts durchgeführten TCAD- und Monte-Carlo-Simulationen verglichen, und die ersten Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen Simulationen und Messungen. Detaillierte Studien zum zeitlichen Verhalten dieser Sensoren in Abhängigkeit von der Position des eintreffenden Teilchens wurden durchgeführt und die Daten werden derzeit analysiert. Vergleiche mit Elektroniksimulationen auf Schaltungsebene werden derzeit durchgeführt und werden die Vorhersage des Zeitverhaltens für zukünftige Sensordesigns ermöglichen. Low Gain Avalanche Diodes (LGADs) gelten aufgrund ihrer ausgezeichneten Zeitauflösung und ihrer hohen Strahlungsresistenz inzwischen als praktikable Lösung für 4D-Tracking. Im Rahmen des TANGERINE-Projekts wurden mehrere neue Typen von LGAD-Sensoren entwickelt, die eine Pixelsegmentierung von bis zu 25  $\mu\text{m}$  und die Möglichkeit bieten, durch die Koimplantation von Bor und Kohlenstoff eine sehr hohe Strahlungsresistenz (HL-LHC) zu erreichen. Diese Geräte würden eine hohe räumliche Auflösung bieten und gleichzeitig eine hervorragende zeitliche Auflösung von 30 ps gewährleisten. Eine Fertigung ist für 2024 geplant.

Nach erfolgreichen Proof-of-Principle-Studien mit kleinflächigen LGAD-Streifensensoren wurde ein Konzept für ein großflächiges LGAD-System mit geringer Masse für präzise Zeitmessungen entwickelt, dessen Anwendungsbereiche von der Kerntechnik bis zur medizinischen Physik reichen. Das geplante System besteht aus trench-isolated (TI)-LGAD-Streifensensoren, die über massearme Aluminium-Flexkabel mit den bei der GSI entwickelten FPGA-basierten TDCs verbunden sind. Die Identifizierung von Teilchen mit geringem Impuls mittels  $dE/dx$  in Vertex- und Trackingdetektoren kann die Fähigkeiten von spezialisierten Detektoren

ergänzen. Es wurde untersucht, ob CMOS MAPS trotz ihres 25  $\mu\text{m}$  dünnen aktiven Mediums und ihrer digitalen Auslesung dafür geeignet sind. Es wurde festgestellt, dass die Anzahl der aktivierten Pixel in einem Teilchencluster mit dem  $dE/dx$  skaliert. Dieser Effekt hilft bei der Unterscheidung zwischen minimalen ionisierenden Teilchen und leichten Kernfragmenten, die Sensitivität wird aber mit zunehmender Verarmung oder Bulk-Schädigung des Pixelsensors erheblich reduziert. Single-Event-Effekte (SEEs) sind eine der Hauptursachen für das Versagen von anwendungsspezifischen integrierten Schaltungen (ASICs), die in Umgebungen mit hoher Strahlung wie dem Weltraum oder in Teilchenbeschleunigern eingesetzt werden. Bei Silicon-On-Insulator (SOI)-Technologien überlagert der dünne Siliziumfilm, der den Kanal bildet, ein dickes vergrabenes Oxid (BOX), das ihn vom Hauptsubstrat isoliert. Die Strahlungshärte von Transistoren in einer 22nm Fully Depleted Silicon-On-Insulator (FDSOI)-Technologie, die einer ultrahohen ionisierenden Gesamtdosis (TID) ausgesetzt waren, wurde in Zusammenarbeit mit CERN charakterisiert und es wurde bestätigt, dass sie auch bei einer TID von 100 Mrad noch funktionsfähig sind.

Es wird erwartet, dass der Einsatz von KI-Algorithmen auf ASICs in Zukunft ein wichtiger Schwerpunkt im Detektorbereich sein wird. Im Rahmen des Projekts werden Methoden untersucht, die etablierte TCAD-Tools für den Entwurf von ASICs nutzen. Dieser Ansatz umfasst die Synthese, das Routing und den Einsatz von Algorithmen für tiefe neuronale Netze auf modernen CMOS-Technologien. Der komplette digitale Design-Workflow, der derzeit evaluiert wird, nutzt Catapult (Siemens), Genus (Cadence) und Innovus (Cadence) für das Bereitstellen von neuronalen Netzen auf ASICs durch C/C++ AI-Code (doi: 10.1109/NSS/MIC44845.2022.10398964 & 10.1016/j.nima.2022.167821 & 10.1117/12.2657489).

### 3.15 VQCS

- Koordinierende Sprecher:innen: Karl Jansen (DESY)
- Beteiligte Programme: MU (in Kooperation mit den Forschungsbereichen Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr; Information)
- Beteiligte Zentren: DESY (in Kooperation mit DLR; FZJ)

Das Innovationspool-Projekt "Variational quantum computer simulations for complex quantum systems and optimization problems" (VQCS) ist auch im Jahr 2023 hervorragend vorangekommen. Es wurden Untersuchungen des Phasendiagramms des 1+1-dimensionalen Schwinger-Modells durchgeführt, die die Natur des vorgeschlagenen CP-verletzenden Phasenübergangs erster Ordnung in einem externen elektrischen Feld bestätigten (arxiv: 2312.12831). Es wurde eine erste Quantensimulation eines Echtzeit-Streuprozesses durchgeführt und die Verschränkungseigenschaften nach der Kollision und ihre Abhängigkeit von den Kopplungen des Modells untersucht (arxiv: 2312.02272.). Besonders bemerkenswert ist, dass beide Projekte auch auf echter Quantenhardware bei IBM mit sehr guten Ergebnissen durchgeführt wurden (arxiv: 2312.12831 & 2312.02272.). Dies ist ein wichtiger Meilenstein des VQCS-Projekts. Die Mitglieder von VQCS waren sehr aktiv an der Erstellung des White Papers für Quantencomputing für Probleme der Hochenergiephysik beteiligt (arxiv: 2307.03236). In dieser Veröffentlichung werden Anwendungsfälle und Anwendungen in der theoretischen und experimentellen Hochenergiephysik analysiert, die bereits jetzt auf bestehender Quantenhardware laufen können. Das White Paper ist auch ein erster Schritt in Richtung der 100x100-Herausforderung von IBM, d.h. die Verwendung von 100 Qubits und einer Quantenschaltkreistiefe von  $O(100)$ . Unter Verwendung von Symmetrien physikalischer Modelle wurde eine imaginäre Zeitentwick-

lung quantensimuliert, was zeigt, dass die Verwendung von Symmetrien in Variational Quantum Eigensolver eine bessere Berechnung der Grundzustandseigenschaften physikalischer Modelle ermöglicht (arxiv: 2307.13598). Mitglieder des VQCS waren auch aktiv am Quantencomputing-Teil des LUXE-Experiments beteiligt (arXiv: 2304.01690 & 2210.13021), wo sie mit ihrem algorithmischen Wissen im Quantencomputing einen wichtigen Beitrag leisten konnten und auch den Teil des maschinellen Quantenlernens betreuten. Als Outreach-Aktivitäten haben Mitglieder des VQCS Strategien zur Erzeugung von Quantenmusik entwickelt, die in einer Publikation beschrieben wurden (arxiv: 2309.12254.). Der VQCS beteiligte sich auch an der Organisation des sehr erfolgreichen Workshops für Quantencomputing im Oktober 2023 in Zypern und des Quantenmusiksymposiums in Berlin, ebenfalls im Oktober 2023.

## Weitere wichtige Projekte

### 3.16 Hi-Acts

- Koordinierende Sprecher:innen: Christine Leue (DESY)
- Beteiligte Zentren: DESY; Hereon; HZB; HZDR; GSI

Nach Zusage der Förderung im November 2022 wurde Hi-Acts, die *Helmholtz Innovation Platform for Accelerator-based Technologies & Solutions*, Anfang des Jahres 2023 gestartet. DESY ist Koordinator der Innovationsplattform im Verbund mit den weiteren Helmholtz Beschleunigerzentren Hereon, HZB, HZDR und GSI.

Hi-Acts etabliert eine nachhaltige, branchenübergreifende Innovationsplattform für wegweisende Anwendungen von Beschleunigertechnologien. Ziel ist es, die Entwicklung von Systemlösungen für drängende gesellschaftliche Herausforderungen durch schnellere Nutzung der einmaligen Anlagen in Industrie, Medizin und angewandter Forschung zu erreichen. Einmalige Vernetzungsmöglichkeiten und Co-Creation-Prozesse zur gemeinsamen Entwicklung neuartiger Lösungsansätze werden ermöglicht. Als One-Stop-Shop bietet Hi-Acts einen einfachen Zugang zur Helmholtz-Beschleunigerinfrastruktur für Forschung und Entwicklung sowie Services. Zudem können Netzwerkpartner bedarfsgerechte Beratungsleistungen, oder Trainingsangebote nutzen.

Um in der Übergangszeit bis zur vollständigen Rekrutierung handlungsfähig zu sein, hat sich das Hi-Acts Management Team in sogenannten Interims-Taskforces koordiniert. Zudem wurden wichtige Grundlagen für den strategischen Aufbau der Plattform gelegt, um Hi-Acts als neue Helmholtz-Marke im Industrie- und Medizinumfeld sowie in Fachkreisen zügig zu positionieren. Hi-Acts kann bereits jetzt auf sichtbare Erfolge verweisen, einige werden im Folgenden skizziert:

- Die Hi-Acts Use Case Initiatives sind ein wichtiges Kernelement der Plattform, um Infrastrukturmaßnahmen zur verbesserten industriellen Nutzung der Beschleuniger, als auch anwendungsorientierte Forschungs- und Entwicklungsvorhaben unter Nutzung von Beschleunigertechnologien und Analytik bei den betreffenden Zentren mit ca. 500.000 Euro p.a. zu fördern. Es ermöglicht das flexible Aufgreifen neuer Ideen und Fragestellungen und stärkt die Zusammenarbeit der Zentren untereinander. Seit Start sind sieben Projekte umgesetzt und acht weitere Projekte für 2024 ausgewählt worden. Es wurden zudem neue Kontakte mit Unternehmen geknüpft.
- Im Rahmen der technologischen Schwerpunkte, die Hi-Acts in seinen Technology Labs verfolgt – darunter die Entwicklung von kompakten Laserplasma Beschleunigern oder Technologiealternativen zur reaktorbasierten Radionuklid-Produktion – befinden sich

strategische Partnerschaften und Kooperationen mit Unternehmen aus der Halbleiter-, Lasertechnologie- und Medizintechnik-Branche derzeit in der Anbahnungs- und Verhandlungsphase.

- Informieren und sensibilisieren für die Wissenschafts-geprägten Beschleuniger im Industrieumfeld ist ein entscheidender Hebel, um neue potentielle Kunden an die einmaligen Untersuchungsmöglichkeiten und Technologien heranzuführen und gegebenenfalls Know-how Lücken im eigenen Unternehmen durch Kooperationen zu schließen. Hi-Acts war über Vorträge, das aktive Netzwerken und als Teil von Standformaten in 2023 bereits bei 24 relevanten Fach- und Branchenevents vertreten. Das erste Netzwerktreffen im November, an dem insgesamt 28 Unternehmensvertreter:innen teilnahmen, war ein voller Erfolg. Neben der Entwicklung passgenauer Formate des Wissenschafts-Praxis-Austauschs, befindet sich eine erste Website derzeit in Finalisierung.

Hi-Acts befindet sich aktuell in der Aufbauphase mit der klaren Perspektive einer Verstetigung ab 2026 im Rahmen des Übergangs in die institutionellen Förderungen der Helmholtz Partner.

### 3.17 ROCK-IT

- Koordinierende Sprecher:innen: Edgar Weckert (DESY), Bernd Rech (HZB), Sebastian Schmidt (HZDR), Anke-Susanne Müller (KIT)
- Beteiligte Programme: MML; MT (in Kooperation mit den Forschungsbereichen Energie; Information)
- Beteiligte Zentren: DESY; HZB; HZDR; KIT

Als Reaktion auf die Herausforderungen durch die Covid-19-Pandemie, haben deutsche Großforschungsanlagen viele Experimente vermehrt als „*mail-in*“ und „*remote access*“ Experimente durchgeführt. Dieser Ansatz ist jedoch mit zusätzlichem Arbeitsaufwand seitens der Forschungsanlagen verbunden und belastete das Beamline-Personal stark. Um die Widerstandsfähigkeit und Nachhaltigkeit zu verbessern, zielt das ROCK-IT-Projekt darauf ab, den Fernzugriff und die Steuerung, Automatisierung und Robotik an den Beamlines auszubauen, insbesondere für komplexe *in-situ* und *operando* Experimente. Derzeit werden nur einzelne Messtechniken, z.B. die Proteinkristallographie, weitgehend *remote* durchgeführt. Das Projekt zielt darauf ab, Werkzeuge für sichere Fernzugriffsprotokolle, Experimentsteuerungssoftware, Echtzeitdatenauswertung unter Einbeziehung künstlicher Intelligenz und geeignete Robotik zu entwickeln. Der anfängliche Fokus liegt auf *operando* Katalyseexperimenten aufgrund ihrer Komplexität und Bedeutung für verschiedenen Sektoren, einschließlich der Energiewende. Das Projekt ist somit auch unter Aspekten der deutschen Energiepolitik mit Hinblick auf erneuerbare Energieträger relevant, für die die Katalysatorforschung entscheidend ist. Synchrotronstrahlung bietet einzigartige Einblicke in das Verhalten von Katalysatoren, doch ihr Potenzial bleibt aufgrund der experimentellen Komplexität teils untergenutzt. Durch Digitalisierung und Automatisierung von Experimenten zielt ROCK-IT darauf ab, Innovationszyklen zu beschleunigen und mehr industrielle Nutzer zu gewinnen. Standardisierung ist entscheidend, um eine breite Anwendbarkeit und benutzerfreundliche Schnittstellen sicherzustellen. Das von DESY, HZB, HZDR und KIT durchgeführte Projekt wird Lösungen hervorbringen, die verschiedenen Forschungsbereichen, auch über die Katalyse hinaus, zugutekommen. Erste Implementierungen werden an PETRA III (DESY), BESSY II (HZB), KARA (KIT) und HAMSTER (HZDR) aufgebaut und sollen Vorlagen auch für andere Synchrotron-Einrichtungen und Forschungsgemeinschaften sein. ROCK-IT dient als Demonstrator für den modernen Nutzerbetrieb, im Einklang mit weiteren Initiativen wie ErUM-Data und DAPHNE4NFDI, und fördert die Zusammenarbeit und Effizienz über mehrere wissenschaftliche Domänen hinweg.

#### Highlights:

- Ein IT-Sicherheitskonzept für den Fernzugriff wurde entwickelt. Dies wird den sicheren Zugang über die bereits bestehende Helmholtz AAI-Infrastruktur erleichtern.
- Das Softwarepaket Bluesky mit Ophyd als Schnittstelle zwischen dem Experiment und der Hardwaresteuerung wurde als Experimentkontrollsystem ausgewählt. Bluesky wird an den Demonstrator-Beamlines der vier Partnerinstitute eingesetzt und bietet ein gemeinsames Software-Framework, um die Interoperabilität der in ROCK-IT entwickelten Software zu ermöglichen.
- Die Hydrierung von CO<sub>2</sub> zu Methan (Methanisierung) wurde als erstes Experiment ausgewählt, mit dem unter Verwendung verschiedener Katalysatoren die Fähigkeiten von ROCK-IT demonstriert werden soll. Die detaillierten Parameter für diese Untersuchungen wurden festgelegt. Diese Experimente sollen an den Instrumenten aller vier Partnerinstitute umgesetzt werden.
- Ein Dokument Data Management Architecture and Plan (DMAP) wurde erstellt, das im Laufe des Projekts gemäß den Anforderungen und Informationen aus den anderen Arbeitspaketen weiterentwickelt wird. Das zentrale Thema hierbei ist der Workflow für Messdaten und Metadaten gemäß der FAIR-Prinzipien.

## 4. Strategische Themen

### 4.1 Talentmanagement

#### DESY

DESY hat im Rahmen des durch den Impuls- und Vernetzungsfond finanzierten Programms zur Förderung der Diversität bei Recruiting-Prozessen das Projekt *Recruitment and Diversity at DESY* (READY) eingeworben. READY startete am 01.04.23 und wird über vier Jahre in sechs Teilprojekten innovative Formate eines diversitätsgerechten Recruitment entwickelt und erprobt (u.a. Schulungen für Auswahlkommissionen, Anonymisierte Bewerbungsverfahren, Diversitätssensibles Employer Branding und Rekrutierung von Frauen in Technik).

Die Berufung im gemeinsamen W3-Verfahren für die Helmholtz Imaging Plattform (HIP), die sich auf bildgebende Verfahren und Analysemethoden konzentriert, ist mit Martin Burger von der Universität Hamburg im Bereich „Modellbasiertes inverses Design“ erfolgreich mit Start zu April 2023 abgeschlossen worden.

Im Rahmen der erfolgreichen Einwerbung von Drittmitteln aus der Helmholtz Distinguished Professorship-Förderung 2021 konnte die Berufung der Strukturbiologin Meytal Landau vom Technion in Israel in enger Kooperation zwischen dem Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf und DESY auf eine W3-Professur in einer außerordentlichen Berufung mit Start zu Mitte April 2023 abgeschlossen werden. Sie wird eine wichtige Brückenfunktion zwischen DESY und dem Universitätsklinikum UKE einnehmen und die Hamburger Kompetenzen im Bereich der Infektionskrankheiten stärken. Außerdem ist sie künftig als Sprecherin für das Topic MML-Life tätig.

Das Großforschungszentrum Deutsches Zentrum für Astrophysik (DZA), eine gemeinsame Initiative der Astronomie und Astroteilchenphysik in Deutschland, hat die Förderzusage erhalten. Das Projektbüro ist bei DESY angesiedelt und hat die Berufung des designierten Gründungsdirektors des DZA, dem wissenschaftlichen Direktor der Europäischen Weltraumorganisation ESA, Günther Hasinger, einem weltweit führenden Vertretern der Röntgenastronomie,

der sich wissenschaftspolitisch erfolgreich für die Verbesserung der finanziellen Rahmenbedingungen der Weltraumgrundlagenforschung in Deutschland und Europa einsetzt, zum 1. Juni 2023 abgeschlossen. Die Berufung ist auf drei Jahre bis zur Gründung des DZA in 2026 befristet.

Die Verhandlungen in der gemeinsamen W2-Berufung mit der Universität Hamburg auf dem Gebiet der Quantenfeldtheorie mit Elli Pomoni, einer weltweiten Expertin für Modelle mit gebrochenen Symmetrien und ERC Consolidator Grant Preisträgerin, die zudem substantielle Mittel im Erstberufungsprogramm der Helmholtz-Gemeinschaft einwerben konnte, wurden zu einem erfolgreichen Abschluss gebracht. Sie hat Ihren Dienst zum 1. Juli 2023 angetreten.

Die gemeinsame W3-Berufung zwischen DESY und der Universität Hamburg auf dem Gebiet der Plasmabeschleunigerforschung mit Jens Osterhoff konnte zum 1. Juli 2023 erfolgreich abgeschlossen werden. Zwischenzeitlich hat er einen Ruf nach Berkeley in die USA erhalten und angenommen.

Außerdem konnten Ende 2023 für drei Helmholtz Nachwuchsgruppenleiter:innen bei DESY die gemeinsame Berufung mit einer Universität abgeschlossen werden konnte: Thibaud Hu-mair (DESY-BELLE) erhielt den Ruf auf eine Juniorprofessur mit der Universität Göttingen, Helen Ginn (DESY-FS-CFEL-1) erhielt den Ruf auf eine W2-Professur an der Universität Ham-burg und Andrea Trabattoni (DESY-FS-ATTO) erhielt durch seine Einwerbung eines ERC Starting Grants den Ruf auf einen vorzeitigen Aufstieg in die unbefristete W2-Professur an der Universität Hannover.

## **FZJ**

Im Projekt *Global Neutron Scientists* (GNeuS) wurden in der zweiten Ausschreibungsrunde 15 GNeuS-Fellows ausgewählt, davon haben acht bereits ihre Arbeit begonnen. Am 24. März 2023 hat der GNeuS Science Day am MLZ stattgefunden.

FZJ und die Tamkang Universität in Taiwan haben vereinbart, bei der Ausbildung junger tai-wanesischer Wissenschaftler:innen in Neutronenstreutechniken zusammenzuarbeiten. Der Austausch mit drei Wissenschaftlern aus Taiwan hat im Jahr 2023 begonnen.

Astrid Schneidewind (JCNS) wurde als Vorsitzende der *European NeutronScattering* Association (ENSA) gewählt und Stephan Förster (JCNS) wurde im Jahr 2023 neuer Koordinator von SoftComp.

## **GSI**

Gemeinsam mit der Technischen Universität Darmstadt wurde Eugenia Toimil-Molares auf eine Professur im „Centre for Synthetic Biology“ für das Gebiet der Materialforschung berufen. Sie leitet als Nachfolgerin von Christina Trautmann die Abteilung Materialforschung bei GSI. Ferner konnte die Abwanderung einer gemeinsam berufenen weiblichen Professorin verhindert werden. Soweit möglich, strebt GSI die Besetzung von gemeinsamen Professuren durch Frauen an, um den Studierenden entsprechende Vorbilder bieten zu können.

Zur Unterstützung von Dual Career-Paaren war GSI bisher am *Dual Career Netzwerk Darmstadt* beteiligt. Dieses hat sich in 2023 mit dem *Dual Career Netzwerk Metropolregion Rhein-Main* zusammen geschlossen zur strategische Allianz der Rhein-Main-Universitäten. Durch die vergrößerte Anzahl beteiligter Organisation verspricht man sich eine Verbesserung der Möglichkeiten im Bereich Dual Career.

Zum Thema Diversität & Inklusion werden seit längerem verschiedene Maßnahmen bei GSI getroffen, wie das Angebot von Deutschkursen, bilinguale interne Kommunikation oder die

Unterstützung von hörgeschädigten Menschen. Ergänzend wurde in 2023 eine Stabsabteilung Diversitätsmanagement eingerichtet. Um der Diversität und Internationalität des Zentrums zu entsprechen, findet der im Rahmen des Onboarding-Prozesses etablierte „Welcome Day“ seit 2023 in englischer Sprache statt.

Als Angebot für den internationalen wissenschaftlichen Nachwuchs finden regelmäßig Summer Schools bei GSI statt. So das GSI/FAIR „Summer Student Program“, das 2023 Studierenden aus 20 Ländern die Möglichkeit gab, an eigenen wissenschaftlichen oder technischen Projekten zu arbeiten. Außerdem kamen zur internationalen „ESA FAIR Radiation Summer School“ 15 junge Forschende aus zehn Ländern, um sich intensiv mit dem Thema kosmische Strahlung und ihrer Auswirkungen auf Menschen, Elektronik und Material auseinanderzusetzen. Dabei trafen sie u.a. auf Wim Sillekens vom ESA-Direktorat für astronautische und robotische Weltraumexploration und den ehemaligen Astronauten Thomas Reiter.

## **HZB**

Doktoranden und Postdocs werden am HZB strukturell durch das HZB-Graduiertenzentrum und das Postdoc-Büro unterstützt. Das HZB-interne Programm "Research Abroad" ermöglicht es Promovierenden, ihre Forschung für bis zu drei Monate in einem anderen Labor im Ausland fortzusetzen.

Das internationale Sommerstudentenprogramm 2023 am HZB bot 14 Bachelor- und Masterstudierenden aus elf Ländern die Möglichkeit, eigene Projekte an beiden Standorten unter der Betreuung von HZB-Expert:innen zu entwickeln. Das achtwöchige Programm umfasste Besuche bei renommierten Forschungsinstituten in Berlin und Brandenburg sowie Workshops zur Wissenschaftskommunikation und zum Unternehmertum.

Während der HZB-Photonenschule 2023 wurden 60 Masterstudent:innen und andere Nachwuchsforscher:innen in fortschrittliche Synchrotron- und laborgestützte Methoden der Photonenforschung eingeführt, die die physikalischen, chemischen und elektronischen Strukturen von Materialien sowie die Funktion und Dynamik komplexer Materialsysteme untersuchen.

Außerdem ist das Helmholtz-geförderte Programm "HZB Job Shadowing" gestartet, das Postdocs Einblicke in Institutionen außerhalb der Wissenschaft geben soll.

Renske van der Veen, Leiterin der HZB-Forschungsgruppe für zeitaufgelöste Röntgenspektroskopie und Elektronenmikroskopie, wurde zur S-W2 Professorin im Institut für Optik und Atomare Physik an der Technischen Universität Berlin ernannt.

Der HZB-Beschleunigerphysiker Ji-Gwang Hwang hat einen Ruf auf eine Professur für Physik an der Gangneung-Wonju National University in seinem Heimatland Südkorea angenommen. Der Forscher hat in mehreren Projekten am HZB wichtige Beiträge zur Strahldiagnostik an BESSY II geleistet.

Annika Bande hat den Ruf auf eine W2-Professur an der Leibniz Universität Hannover angenommen. Seit September 2023 führt sie die am HZB begonnene Arbeit in einer gemeinsamen Forschergruppe "Theorie der Elektronendynamik und Spektroskopie" weiter.

## **HZDR**

Zusätzlich zu den gemeinsamen Berufungen verfolgt das HZDR das Ziel der exzellenten Rekrutierungen durch Kooperationen mit Universitäten im Ausland. Mit dem Modell der „Brückenprofessuren“ soll eine institutionalisierte und nachhaltige Brücke zwischen einem oder mehreren Instituten des HZDR und einer Partneruniversität im Ausland geschaffen werden. Wissenschaftliche Arbeitsteilung, Bündelung von Kapazitäten, Expertise und finanziellen Ressourcen



sowie der Zugang für beide Seiten zu wissenschaftlichem Nachwuchs, Großgeräten und Anlagen sind die wesentlichen strategischen Ziele der „Brückenprofessuren“. Nicht zuletzt dienen sie der Völkerverständigung. Die „Brückenprofessuren“ sollen insbesondere als Instrument zur Stärkung der Kooperation im Dreiländereck Deutschland, Polen, Tschechien dienen. „Brückenprofessuren“ mit der Universität Wrocław (Polen) und der Karlsuniversität in Prag (Tschechien) sind in Vorbereitung. Partneruniversitäten in anderen Ländern sind ebenfalls vorgesehen, beispielsweise mit der University of Jyväskylä (Finnland) und der Université Grenoble Alpes in Frankreich. HZDR-weit konnten bereits drei dieser Professuren etabliert werden. Im Kontext des Forschungsbereichs MATERIE ist David Blaschke, Professor für Theoretische Physik an der Universität Breslau, seit März 2023 „Brückenprofessor“ beim *Center for Advanced System Understanding* (CASUS). Er forscht dort zu aktuellen Fragestellungen im Bereich Materie unter extremen Bedingungen, Astrophysik und Theoretische Physik.

Das HZDR hat – neben der bereits bestehenden Arbeitsgruppe Diversity – auch jeweils eine Arbeitsgruppe Talentmanagement und eine Arbeitsgruppe Promovierende etabliert. Die Arbeitsgruppen sind organisations- sowie hierarchieübergreifend und divers besetzt, um die Themen multiperspektivisch zu bearbeiten. Es finden regelmäßige Treffen statt, die einen produktiven und regelmäßigen Austausch gewährleisten. In der AG Talentmanagement wurden als erste inhaltliche Schwerpunkte die Themen Arbeitgebermarke (Employer Branding), Führungskräfteentwicklung und Onboarding ausgewählt. In der AG Promovierende liegt der Schwerpunkt auf der Etablierung von internen Standards für HZDR-Promovierende im Rahmen einer Doktoranden-Plattform.

Seit dem Jahr 2008 trägt das HZDR das Zertifikat „berufundfamilie“. Nun wurde das Zentrum im Dezember 2023 bereits zum fünften Mal positiv für langjährige, nachhaltige familien- und lebensphasenbewusste Personalpolitik reauditiert.

Am 1. Mai 2023 hat Prof. Dr. Thomas Kühne die Position als neuer Direktor des CASUS (Center for Advanced System Understanding) am HZDR angetreten. Der Experte für rechnergestützte Wissenschaften mit Stationen an der ETH Zürich, der Harvard University und der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz leitete zuletzt den Lehrstuhl für Theoretische Chemie an der Universität Paderborn. Die Position ist mit einer Berufung auf eine W3-Professur an der TU Dresden zu „Computational Systems Science“ verbunden.

Der wissenschaftliche Vorstand des HZDR, Prof. Dr. Sebastian Schmidt, wurde zum Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) gewählt.

## **KIT**

Der Helmholtz-Promotionspreis für missions-orientierte Forschung in Forschungsbereich Materie ist an Nick Karcher verliehen worden. Tieftemperatursensoren wie das Magnetische Mikrokalorimeter erreichen eine um Größenordnungen bessere Energieauflösung als Halbleiterdetektoren, sind schnell und in großer Zahl auf einem Chip integrierbar. Um sie für Experimente oder Messsysteme nutzbar zu machen und bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt auszulesen, bedarf es einer intelligenten Auslesemethode, wie sie von Nick Karcher während seiner Promotion am KIT entwickelt wurde.

Die Otto Haxel-Auszeichnung für die beste Dissertation im Fach Physik im Jahr 2020 am KIT wurde 2023 an Miriam Brosi für ihre Dissertation „In-Depth Analysis of the Micro-Bunching Characteristics in Single and Multi-Bunch Operation at KARA“ verliehen.

Erik Bründermann wurde zum Vorsitzenden des Komitees für Beschleunigerphysik gewählt und zum Stellvertretenden Vorsitzenden des Overview Board von Digital transformation in the research on universe and matter (DIG-UM).

Anke-Susanne Müller wurde in Arbeitsgruppe 14 *Accelerator Science* der International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) aufgenommen.

Der KIT-Wissenschaftler Joachim Wolf wurde für die Wahlperiode 2023-2026 in den Vorstandsrat der Deutschen Vakuum Gesellschaft gewählt. Außerdem wurde er einstimmig zu einem von zwei Vizepräsidenten gewählt.

Andreas Haungs vom KIT wurde 2023 zum Sprecher des PUNCH4NFDI-Konsortiums gemäß der NFDI-Satzung gewählt und vertritt damit PUNCH in der NFDI-Konsortienversammlung.

### **Zentren- und Programmübergreifend**

Im Jahr 2023 wurde auf der DPG-Jahrestagung in Dresden der Hertha-Sponer-Preis an zwei Forscher des Programms MU verliehen. Die ehemalige DESY-Postdoktorandin Adinda de Wit, erhielt den Preis für ihre Beiträge zur Bestimmung der Yukawa-Kopplung des Higgs-Bosons an b-Quarks, und Belina von Krosigk vom KIT für ihre grundlegenden Beiträge zum Verständnis der Dunklen Materie durch die Weiterentwicklung von Wechselwirkungsmodellen und die Analyse ihrer erwarteten Signale in terrestrischen Detektoren.

## **4.2 Vernetzung**

### **DESY**

DESY ist seit Januar 2023 Vollmitglied des Konsortiums Laserlab-Europe AISBL. Der Beitritt DESYs wurde auf der Laserlab-Europe-Hauptversammlung am 4. und 5. Oktober 2022 in Lausanne beschlossen und im Januar 2023 offiziell vom DESY-Direktorium unterzeichnet. Laserlab-Europe AISBL ist eine internationale gemeinnützige Vereinigung, die 46 führende Laserforschungsinfrastrukturen in 22 europäischen Ländern vereint. Gemeinsam haben sich die Mitglieder verpflichtet, Betrieb und Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu koordinieren, um die Entwicklung fortschrittlicher Laser und laserbasierter Technologien zu beschleunigen und die effiziente Nutzung fortschrittlicher Lasereinrichtungen durch Nutzerinnen und Nutzer aus Wissenschaft und Industrie zu fördern. Die meisten Mitglieder gewähren Wissenschaftler:innen aus der ganzen Welt freien Zugang zu ihren Anlagen, um Experimente in einer Vielzahl von interdisziplinären Forschungsbereichen durchzuführen.

Francesca Calegari, Leitende Wissenschaftlerin für Attosekundenforschung bei DESY und Professorin an der Universität Hamburg, wird DESY in der Laserlab-Europe Hauptversammlung vertreten.

Zur jährlichen Helmholtz-KI-Konferenz haben sich rund 400 Expertinnen und Experten am 14. Juni 2023 bei DESY versammelt, um den neuesten Stand der Forschung im Bereich der Künstlichen Intelligenz für die Wissenschaft zu diskutieren. Die Veranstaltung bringt KI-Enthusiasten und KI-Forscher aus der Helmholtz-Gemeinschaft und darüber hinaus zusammen, um Wissen und die neuesten Fortschritte und Erkenntnisse in der KI auszutauschen sowie die Entdeckungen in allen Bereichen der Wissenschaft voranzutreiben. Am 16. Juni 2023 schloss die Konferenz mit einem Abend für die Öffentlichkeit, der sich mit erklärbarer KI in der Wissenschaft beschäftigte.

Von neuen Methoden der Bildgebung über neue Datenformate und -analysen bis hin zum Screening von Wirkstoffen und Biomaterialien: Das Potenzial von Synchrotronstrahlung auch

für die anwendungsorientierte Forschung ist groß. Um dieses künftig noch besser einsetzen zu können, haben am 13. November 2023 Fraunhofer, DESY, Hereon und EMBL eine strategische Partnerschaft vereinbart. Ziel des *Memorandum of Understanding* ist es, eine strukturierte Zusammenarbeit zwischen den vier Forschungseinrichtungen zeitnah zu etablieren. Ein besonderes Augenmerk soll dabei auf der Nutzung der analytischen Infrastruktur auf dem DESY-Campus in Hamburg liegen, beispielsweise der Röntgenstrahlungsquelle PETRA III, aber auch der freien Elektronenlaser.

## **FZJ**

Im Rahmen der Entwicklung beschleunigerbasierter hochbrillanter Neutronenquellen (HBS) und kompakter Neutronenquellen sind die Kooperationen des JCNS am FZJ mit verschiedenen Partnern (z.B. RIKEN, LENS, CEA/LLB Saclay, etc.) intensiviert worden. Außerdem fand am 14./15. September der HBS-Workshop statt.

Das JCNS organisierte den JCNS Workshop *Trends and Perspectives in Neutron Scattering: Future Instruments at Pulsed Sources* und die MLZ-Konferenz zu *Neutrons for Biomaterials*. International richtete das JCNS zudem internationale Veranstaltungen aus wie die SoftComp-Jahrestagung in Ancona und das international Design and Engineering of Neutron Instruments Meeting (DENIM) am FZJ.

JCNS ist der assoziierte Partner in dem BMBF geförderten Verbundforschungsprojekt Mo99Best zur Produktion von <sup>99</sup>Mo basierten Radiodiagnostika unter Federführung der Universität Köln, zusammen mit der Universität Hannover und der FH Aachen.

JCNS hat ein *Memorandum of Understanding* mit dem Institut Laue-Langevin unterzeichnet, um die Kooperation im Rahmen der Forschung, der Nutzung und der Entwicklung von Neutronenstreuungsinstrumenten und ihren Infrastrukturen zu fördern.

Die 8. Auflage der *European Conference for Neutron Scattering* wurde vom User Office am MLZ organisiert und hat vom 20. bis 23. März 2023 auf dem TUM-Campus in Garching bei München stattgefunden, der sich in unmittelbarer Nähe des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums befindet, das die Veranstaltung ausrichtete. Das Event ist der etablierte Treffpunkt der europäischen Community von Neutronen-Nutzer:innen. Im Jahr 2023 trafen sich 538 Konferenzteilnehmer:innen.

## **GSI**

Gemeinsam mit dem französischen Ministerium für Hochschulen und Forschung und FAIR wurde für führende französische Unternehmen der Big-Science-Branche in der Veranstaltung *France@FAIR* die internationale Zusammenarbeit in Forschung und Innovation beider Länder betont und Einblicke in das Großprojekt FAIR und potentielle Möglichkeiten vermittelt.

Die Mission des *European Digital Innovation Hub* (EDITH) ist es, kleine und mittlere Unternehmen, Start-ups und Kommunen in Südhessen bei der Umsetzung ihrer Digitalisierungsvorhaben zu begleiten, den digitalen Gap in Hessen zu schließen und die Region smart und nachhaltig zu machen. Vernetzt in EDITH vermittelt GSI sein Wissen im High Performance Computing, bei Hochleistungsrechnern und dem energiesparenden Betreiben eines Rechenzentrums am Beispiel des Green IT Cubes an hessische kleine und mittelständische Unternehmen und Kommunen zum Thema Digitalisierung.

## **HZB**

Die gemeinsame Einrichtung zur Protonentherapie von HZB und Charité Berlin hat einen Kooperationsvertrag mit der Universität der Bundeswehr München abgeschlossen, in dessen

Rahmen der Aufbau und die Finanzierung eines neuen Strahlplatzes zur Erforschung der Wirkungen von stark fokussierten Protonenstrahlen auf Gewebe vereinbart ist.

Trotz des Cyberangriffs wurde das BESSY II-Nutzertreffen 2023 wie geplant am 22. und 23. Juni 2023 als Vor-Ort-Veranstaltung durchgeführt. Die diesjährige Veranstaltung war die erste mit einem „Country of Honour“: An dem Nutzertreffen nahmen 17 Studierende, Nachwuchswissenschaftler:innen und Professor:innen von sechs Universitäten in Kenia teil.

## **HZDR**

Das HZDR und der Halbleiterhersteller GlobalFoundries haben im Sommer 2023 eine noch engere Zusammenarbeit vereinbart. Die strategische Partnerschaft, die mit einem *Memorandum of Understanding* besiegelt wurde, konzentriert sich auf Wissenstransfer, Technologieentwicklung und Nachwuchsförderung und hat darüber hinaus das Ziel die Willkommenskultur am Wirtschafts- und Wissenschaftsstandort Dresden zu stärken. Wichtige Maßnahmen der Zusammenarbeit sind Workshops zur Weiterbildung, Einblicke für Auszubildende, Austausch von interkulturellen Erfahrungen, Veranstaltungen und Netzwerktreffen wie Company Visits, ein Cross-Mentoring-Programm für Führungskräfte und gemeinsame Forschungsvorhaben, wie beispielsweise das EU-Projekt NIMFEIA. Die Vereinbarung läuft bis zum Jahresende 2025. Beide Parteien wollen bis dahin die Absichtserklärung in eine langfristige Kooperationsvereinbarung überführen.

Im Sommer 2023 hat das HZDR gemeinsam mit seinem Institut CASUS als Gründungsmitglied und weiteren Partnern aus Lehre und Forschung, Wirtschaft und Gesellschaft den Verein Hi!Lusatia e. V. gegründet. Der Verein orientiert sich an dem erfolgreichen Konzept von DRESDEN-concept und hat sich zum Ziel gesetzt, durch gemeinsame Initiativen die Attraktivität und Vielfalt des Arbeitens, Lebens, Lehrens und Forschens im Dreiländereck Deutschland, Polen und Tschechien zu fördern und aktiv an der zukunftsorientierten, nachhaltigen Transformation der Region mitzuwirken. Im Mittelpunkt steht dabei die Förderung von Wissenschaft, Forschung und Bildung.

Im Rahmen einer Delegationsreise der Helmholtz-Gemeinschaft nach Australien hat das HZDR mit ANSTO, der Australian Nuclear Science and Technology Organisation ein *Memorandum of Understanding* für eine erweiterte wissenschaftliche Zusammenarbeit unterzeichnet.

## **KIT**

Die KSETA-Schule ist mit der Helmholtz International Research School for Astroparticle Physics and Enabling Technologies (HIRSAP) verflochten, die zwei spezielle Doppelpromotionsstudiengänge zwischen dem KIT und der UNSAM in Buenos Aires, Argentinien, anbietet, den Doppelpromotionsstudiengang in Astrophysik (DDAp) und den Doppelpromotionsstudiengang in Elektrotechnik und Informationstechnik (DDEIT). Im Jahr 2023 arbeiteten 12 Doktoranden der HIRSAP an Themen der beiden Forschungsprogramme MU und MT. Das Jahrestreffen wurde in Buenos Aires abgehalten, mit Präsentationen der Promovierenden selbst und Vorträgen von eingeladenen Vortragenden.

Mit der ersten Ausgabe der Conference on Research Data Infrastructure vom 12. bis 14. September 2023 am KIT hat der Verein Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) eine Konferenz initiiert, die sich mit der Etablierung eines interdisziplinären Forschungsdatenmanagements (RDM) beschäftigt. Unter dem Motto *Connecting Communities* präsentieren nationale

und internationale Akteure aus allen Forschungsgebieten sowie aus Infrastrukturen ihre Beiträge zu einem exzellenten RDM der Zukunft und tauschten sich über die neuesten Entwicklungen aus.

Im November 2023 fand das jährliche IRN-Neutrino-Treffen am KIT statt. Die IRN-Neutrino-Treffen bieten die Gelegenheit, sich über die neuesten Ergebnisse der Neutrinophysik auszutauschen, Promovierenden und jungen Postdocs die Möglichkeit zu geben, ihre Arbeit zu präsentieren und sich in der französischen und europäischen Gemeinschaft bekannt zu machen, und die Beziehungen zwischen experimentellen und theoretischen Neutrinophysiker:innen zu festigen. Dieses internationale Forschungsnetz ist ein internationales Netzwerk, das Physiker des französischen IN2P3 und des CEA sowie von vier europäischen Instituten zusammenbringt: der Universität Milano-Bicocca, dem Instituto de Física Corpuscular in Valencia, dem University College London und dem KIT.

Im Mai 2023 wurde das dreißigjährige Bestehen des TLK - Tritiumlabor Karlsruhe - gefeiert. Diese Anlage zur Verarbeitung von Tritium ist eine weltweit einzigartige Infrastruktur mit einer bedeutenden Lizenz zum Umgang mit dem radioaktiven Wasserstoffisotop. Das TLK ist unverzichtbar für das KATRIN-Experiment und beteiligt sich auch an Fusionsstudien. Neben einem Festakt mit über 200 geladenen Gästen fand zwei Tage lang ein internationales Symposium über Tritiumwissenschaft und -technologie statt. Das Treffen wurde für interdisziplinäre Diskussionen genutzt, die von wissenschaftlichen Fragen zur Neutrinomasse und einer atomaren Tritiumquelle über Forschung und Entwicklung zu Brennstoffkreisläufen und Wechselwirkungen von Tritiummaterialien, Tritiumverarbeitung, Analytik und Anwendungen bis hin zur Tritiumindustrie reichten.

### **Zentren- und Programmübergreifend**

Das Dark Matter Laboratory (DMLab), ein internationales Forschungslabor des französischen IN2P3, ist Anfang 2023 gestartet. Das Labor wird die IN2P3-Aktivitäten zur Suche nach dunkler Materie mit den entsprechenden Aktivitäten in der Helmholtz-Gemeinschaft in den Zentren DESY, GSI und KIT enger zusammenführen. Zu den wissenschaftlichen Themen des DMLab gehören die direkte Suche nach dunkler Materie, die Untersuchung von Gravitationswellen und astrophysikalischen Boten-Teilchen, die Entwicklung neuer Techniken zur Teilchenbeschleunigung und zum Nachweis, die theoretische Physik sowie die Verwaltung und Verarbeitung der von den Experimenten erzeugten Daten. Beispiele für die Zusammenarbeit sind Entwicklungen für das MADMAX-Experiment, phänomenologische Studien und das DARWIN-Experiment.

Das EU Horizon Europe Projekt NEPHEWS wird eng mit Nutzerorganisationen und Infrastruktur-Konsortien auf dem Gebiet der Forschung mit Neutronen (ENSA & LENS) und Synchrotronstrahlung (ESUO & LEAPS) zusammenarbeiten, um den Zugang für Wissenschaftler aus Ländern ohne eigene Großforschungsinfrastrukturen zu fördern. Das Programm bietet einen finanzierten transnationalen Zugang für mindestens 451 Experimente oder 902 Nutzer für neu-gerietriebene Forschung. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf den "Widening Countries", die Ukraine und Afrika. NEPHEWS bietet Nutzern, unabhängig von ihrem Forschungsstandort, Zugang zu 16 Einrichtungen: acht Speicherringe Speicherringe, darunter BESSY II, fünf FELs und drei Neutronenquellen. DESY, FZJ, Hereon und das HZB sind an NEPHEWS beteiligt.

KIT, DESY und HZB konnten gemeinsam mit anderen Partnern 2023 erfolgreich das EU-Projekt „Research Facility 2.0: Towards a more energy-efficient and sustainable path“ einwerben,

wodurch die Vernetzung und Sichtbarkeit der Forschung im Bereich Energieeffizienz von Forschungsinfrastrukturen auf EU-Ebene verstärkt wird.

Das PUNCH4NFDI-Konsortium bindet die deutschen Communities der Teilchenphysik, Astroteilchenphysik, Astronomie sowie der Hadronen- und Kernphysik fest in die Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI e.V.) ein. Im Jahr 2023 konnte das Konsortium mit DESY als Koordinator und dem KIT-Wissenschaftler Andreas Haungs als satzungsgemäßem Sprecher große Schritte zur Erreichung seiner Hauptziele einer wissenschaftlichen Datenplattform, der Definition eines digitalen Forschungsprodukts für die Communities und einer abschließenden Diskussion über Metadatenschemata vorweisen. Immer mehr Anwendungsfälle können nun implementiert werden, was das Konsortium für einen immer breiteren Kreis von Wissenschaftlern in diesen Forschungsgebieten öffnet und die Aktivitäten über ESCAPE auch fest mit der europäischen Ebene verbindet. Mit der Base4NFDI-Initiative wurde im Jahr 2023 ein Instrument geschaffen, das konkrete Aktivitäten und Dienstleistungen unterstützt, die allen Teilen der NFDI zugutekommen und immer mehr Forschungsbereiche miteinander vernetzen. Ein prominentes Beispiel ist der IAM4NFDI-Antrag, in dem eine Authentifizierungs- und Autorisierungsinfrastruktur für die gesamte NFDI und letztlich für das gesamte deutsche Wissenschaftssystem vorgeschlagen wird; auch an diesem Antrag waren Wissenschaftler von DESY und KIT maßgeblich beteiligt. Diese AAI-Infrastruktur wird durch eine föderierte Compute4PUNCH-Infrastruktur ergänzt, die größtenteils am KIT entwickelt wurde und einen nahtlosen und föderierten Zugang zu der großen Vielfalt an Rechensystemen in den teilnehmenden Communities bietet, die deren sehr unterschiedliche Bedürfnisse abdecken und modernste Technologien umfassen. Dies geht einher mit der von DESY vorangetriebenen Storage4PUNCH-Initiative, die den Zugang zu föderierten Speichersystemen gewährleistet.

Im Rahmen des ab 2024 geförderten deutsch-französischen ANR-DFG-Projektes CALO5D beteiligen sich KIT und DESY zusammen mit der Universität Mainz und den französischen Laboren IJCLab und LLR an der Weiterentwicklung von hochgranularen Kalorimetern für zukünftige Experimente. Ziel des Projektes ist es, detaillierte Informationen über Partikelschauer, die von bildgebenden Kalorimetern geliefert werden, mit präzisen Zeitinformationen auf Zellebene sowie Raum- und Energie zu kombinieren.

#### **4.3 Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft**

##### **DESY**

Am 7. September 2023 fand eine gemeinsame Veranstaltung mit Life Science Nord statt, die sich an Industrievertreter:innen aus der Branche in der Region richtet hat mit der klaren Zielsetzung, neue Entwicklungen auf dem Campus und mögliche Anknüpfungspunkte herauszustellen. Aus diesem Grund sind die Campuspartner Hereon und EMBL mit Präsentationen gleichfalls involviert gewesen. Ca. 50 Teilnehmende haben an der Campusführung und den Präsentationen teilgenommen und die Chance zum Netzwerken genutzt, wobei DESY langfristig von neuen Kontakten profitieren kann.

##### **FZJ**

Im Rahmen der jüngsten Aktivitäten im Bereich der Lebensmittelwissenschaften am JCNS, zu denen auch die Einrichtung eines Lebensmittellabors im Jahr 2022 gehört, wurde eine Zusammenarbeit mit der Formo GmbH (Deutschland) und Friesland Campina aufgenommen, um Käse, Milchpulver und Emulsionssysteme für mögliche Anwendungen in der veganen Ernährung zu untersuchen und zu charakterisieren. Das JCNS arbeitet mit den Unternehmen Lipoid

GmbH (Deutschland) und Rubisco Food NV (Niederlande) und IOI Oleo GmbH (Deutschland) an der Charakterisierung von Phospholipiden, Proteinen und Ölen.

Darüber hinaus arbeitet das JCNS intensiv daran, neue Methoden und Techniken für die Neutronenstreuung zu entwickeln, beispielsweise für die künftigen Neutronenquellen ESS und HBS.

## **GSI**

Das KI-Innovationslabor des Hessischen Zentrums für Künstliche Intelligenz *Hessian.AI*, dessen KI Recheninfrastruktur am nachhaltigen Green IT Cube bei GSI angesiedelt ist, wurde im März 2023 eröffnet. *Hessian.AI* dient als Anlaufstelle für Unternehmen, Start-ups und Wissenschaft mit dem zentralen Ziel, Zugang zu einer KI-Supercomputer-Infrastruktur zu ermöglichen. Dort können sie im Labor KI-Systeme und -Anwendungen entwickeln, trainieren und testen. Der Einzug des KI-Innovationszentrums in den Green IT Cube schlägt ebenso eine Brücke zwischen Spitzenforschung und Anwendung wie das Digital Open Lab am Green IT Cube, das in 2022 als Reallabor gestartet ist und verschiedenen Industrie- und Forschungspartnern seine Infrastruktur und Kompetenz zur Verfügung stellt.

Das Ziel des europäischen Forschungsprojekts *artEmis*, an dem GSI gemeinsam mit zwölf anderen Instituten beteiligt ist, ist die ein zuverlässiges Frühwarnsystem für Erdbeben: Ein Netzwerk von Sensoren, die den Radongehalt und andere Parameter in ausgewählten Wasserquellen in Europa messen, soll Erdbeben mehrere Tage im Voraus erkennen können. Hierbei spielt GSI eine Schlüsselrolle in der Sensorik und Analytik, und bringt Kenntnisse basierend auf Teilchen- und Strahlungsdetektoren, Signalverarbeitungselektronik und Datenverarbeitungssystemen für kernphysikalische Experimente und Methoden der KI ein.

GSI unterstützt die internationale Kampagne *Public Money? Public Code!*, die dazu aufruft Software, die mit öffentlichen Mitteln entwickelt wurde, unter einer freien und quelloffenen Lizenz zur Verfügung zu stellen. Dies fördert die globale Zusammenarbeit und Innovation in allen Sektoren und in der wissenschaftlichen Gemeinschaft insgesamt, und unterstreicht die Einstellung von GSI zu Transparenz, Innovation, Effizienz und Nachhaltigkeit durch den offenen Charakter von Software-Entwicklungen.

Zum Tag der Offenen Tür präsentierten sich GSI und FAIR am 15. Juli 2023 vor rund 3500 Gästen, die nicht nur die Forschungsstätten, Labore und Experimentiereinrichtungen auf dem Campus besichtigen konnten, sondern Information rund um die hier untersuchten Wissenschaftsthemen auch in unterhaltsamen Wissenschaftsshows erhielten. Unter den Gästen befanden sich auch Stefan Müller, Abteilungsleiter für Grundlagenforschung im BMBF und Kristina Sinemus, Hessische Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung. Der Tag der offenen Tür war zugleich Teil des bundesweiten Programmangebots für das Wissenschaftsjahr 2023, in dessen Rahmen GSI/FAIR auch an der *Universe on Tour* in Hofheim teilnahmen.

## **HZB**

Die Charité und das HZB führen am Standort Wannsee gemeinsam die Protonentherapie von Augentumoren durch. Am 30. Juni 2023 wurde das 25-jährige Bestehen der Augentumorthherapie in Berlin gefeiert.

Das im Jahr 2023 gestartete Validierungsprojekt der Helmholtz-Transferkampagne PHYCOLOR, koordiniert vom HZB unter Beteiligung von Unternehmen wie *ADM Wild* oder *Sea and Sun Technology* hat sich die biotechnologische Verbesserung von Phycocyanin und Phycoerythrin durch *in-silico* Proteindesign zum Beispiel in Hinblick auf Thermostabilität und Säuretoleranz zum Ziel gesetzt.

Das HZB war Gastgeber des Workshops „The Application of Quality Assurance to Synchrotron Services“ mit teilnehmenden Unternehmen aus den Bereichen Synchrotron-Dienstleistungen und Standardisierung, der von LEAPS INNOV gefördert wurde.

Die Entwicklung eines neuen Monochromatorkonzepts für weiche und mittlere Röntgenstrahlung wurde vom HZB als Patent angemeldet. Das neue Konzept für einen Plan-Gitter-Monochromator ist viel kompakter als bisher und erlaubt ein wesentlich schnelleres und genaueres scannen vom sichtbaren Licht bis über den weichen Röntgenbereich hinaus (5 keV und mehr). Es wird aktuell in Zusammenarbeit mit einem kommerziellen Anbieter umgesetzt.

In der Entwicklung von Permanentmagnetstrukturen für zukünftige, energieeffiziente Beschleuniger hat das HZB ein Patent angemeldet, das beschreibt, wie man in Permanentmagnet-basierten Magnetstrukturen mithilfe von motorisierten Shims die Feldstärke/Gradienten über einen relativ großen Bereich variieren kann. Die patentierte Technik lässt es zu, die resultierende Feldstärke/Gradienten der Magnete zu regeln, ohne die Feldqualität negativ zu beeinflussen.

## **HZDR**

Amyotrophe Lateralsklerose ist eine bislang unheilbare, neurodegenerative Erkrankung, bei der Motoneuronen, welche bei gesunden Menschen Signale an die Skelettmuskulatur senden, stark geschädigt sind und deshalb keine Signale mehr übermitteln. In der Folge erhalten Muskeln keine Anweisungen, können nicht mehr arbeiten und schwinden. Ein interdisziplinäres Team des HZDR und der medizinischen Fakultät der TU Dresden hat im Zellversuch nachgewiesen, dass Magnetfelder gestörte Motoneuronen wiederherstellen können. Dies könnte die Grundlage für einen völlig neuen Therapieansatz zur Heilung neurodegenerativer Erkrankungen sein.

Mit einem Film, der gemeinsam mit der Dresdner Filmproduktionsfirma AVANGA produziert wurde, machen die Forschenden auf ihr Forschungsprojekt „ThaXonian“ (Magnetic Axon Therapy) aufmerksam. Sie hoffen, auf diesem Weg „ThaXonian“ bekannter zu machen und neue Finanzquellen zur Fortsetzung des Vorhabens zu erschließen.

## **KIT**

In der langjährigen Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Bilfinger Noell am KIT entwickelte Technologie der Supraleitenden Insertion Devices ist auf dem Markt verfügbar und nachgefragt. KIT hat den Industriepartner im Design und dem Test der Insertion Devices an den Magnettestständen der Test Facilities KARA unterstützt, um die Technologie zur Marktreife zu führen, und beteiligt sich noch immer an der Qualitätssicherung. Nachdem 2022 die ersten IDs für Strahlrohren an internationalen Synchrotrons an der Australian Light Source und NSLS-II in den USA in Betrieb gegangen sind, wurden weitere Aufträge für ANSTO und die Diamond Light Source erteilt.

In Zusammenarbeit mit dem KIT zeigte das Naturkundemuseum Stuttgart im Berichtsjahr die Ausstellung „Museum spezial – Die Anderen Wespen“, um der interessierten Öffentlichkeit die riesige Vielfalt der ca. 8000 Wespenarten und deren Bedeutung für unser Ökosystem näher zu bringen. Im Mittelpunkt standen dabei u.a. eine neuentdeckte Wespenart und eine sehr ungewöhnliche „Geweihwespe“, die beide kürzlich gemeinsam mit den Röntgenmethoden des KIT in 3D analysiert und beschrieben wurden. In der Ausstellung wurden dazu auf Tomographiedaten basierende interaktive VR-Modelle und realistische, überlebensgroße Exponate präsentiert. Außerdem wurde in einem Film gezeigt, wie winzige schlüpfende *Trichogramma*-



Wespen aus ihren Wirten (Motteneiern) schlüpfen. Die Aufnahmen basieren auf den Einsatz einer vom KIT neu entwickelten, hoch dosiseffizienten Röntgenbildgebungstechnik.

### **Zentren- und Programmübergreifend**

Mit seinen Wissenstransferaktivitäten verfolgt der Forschungsbereich Matter das Ziel, gesellschaftlich relevante wissenschaftliche Themen und Erkenntnisse über nicht-monetäre Kanäle zugänglich zu machen und in die Anwendung zu bringen. Damit werden gesellschaftliche Akteure in die Lage versetzt, fundierte und evidenzbasierte Entscheidungen zu treffen, an wissenschaftlichen Dialogen teilzunehmen oder selbst wissenschaftliche Karrieren zu verfolgen. Darüber hinaus verfolgt der Forschungsbereich Matter auch den Wissenstransfer als Bereicherung für die Gesellschaft, um die Neugier auf Grundlagenwissen zu befriedigen - das Interesse an dem, "was die Welt ... zusammenhält". Im Jahr 2023 hat der Forschungsbereich Matter ein Webportal [matter.helmholtz.de](https://matter.helmholtz.de) gestartet, das dazu einlädt, unsere Wissenschaft und die Infrastrukturen virtuell zu erleben. Das Webportal bietet viele Einblicke in die Forschung des Programms MU, das sich durch seine besondere Vielfalt an internationalen Kooperationen auszeichnet, die zu einer generellen "Open Access"-Verfügbarkeit von Publikationen, Forschungsdaten, Medien und Software führen. Das Webportal ist der Ausgangspunkt, um verschiedene Forschungsinfrastrukturen virtuell in 360°-Ansichten zu besichtigen, öffentliche Daten internationaler Experimente zusammen mit Analysen und Softwaretools zu nutzen oder um spezielle Veranstaltungen und praktische Erfahrungen für Studenten und Schulklassen zu finden. Die Forscher des Programms MU engagieren sich sehr stark für den Wissenstransfer und die Öffentlichkeitsarbeit; einige Beispiele für das Jahr 2023 sind nachstehend aufgeführt.

DESY, EMBL und Hereon initiierten eine strategische Partnerschaft mit der Fraunhofer-Gesellschaft, deren Ziel eine intensivere Nutzung der Beamlines durch Fraunhofer-Institute im Zusammenhang mit ihren Industrieprojekten ist. Für die zweite Jahreshälfte in 2024 können Forschende aus Fraunhofer-Instituten zusammen mit den o.g. DESY-Campus-Partnern über einen gesonderten Zugang Strahlzeit für gemeinsame Projekte an der Synchrotron-Lichtquelle PETRA III beantragen.

Die Ausbildung von jungen Wissenschaftler:innen in den sogenannten „Transferable skills“, wie dem Technologietransfer, wird im GNeuS Programm, einer Zusammenarbeit vom FZJ, Hereon und TUM, durch einen befristeten Aufenthalt bei nicht akademischen Partnern gefördert. Dies wurde im Jahr 2023 von sieben GNeuS-Postdocs u.a. in der Unternehmen BASF (Deutschland), Mirrotron (Ungarn), Nano Optics (Deutschland) und Swissneutronics (Schweiz) (alle Hersteller von Neutronenoptik) und VTA (Verfahren für Abwasserreinigung, Österreich) absolviert.

Am 21. November 2023 boten DESY und KIT Schülerinnen und Schülern beim International Cosmic Day an, für einen Tag zu Forschende der kosmischen Strahlung zu werden. Die Schülerinnen und Schüler lernten viele Fakten rund um die hochenergetische kosmische Strahlung und Neutrinos kennen, machten in Masterclasses praktische Erfahrungen mit der Auswertung von realen Experimentdaten und trafen sich am Ende des Tages international mit anderen teilnehmenden Gruppen in Video-Meetings zum Austausch der Ergebnisse und Erfahrungen. Bei DESY war in diesem Jahr eine besondere Beteiligung mit ukrainischen Schulgruppen vorgesehen, und die Gruppe am KIT tauschte ihre Ergebnisse mit weiteren Gruppen in Deutschland, China und Großbritannien aus.

Das ganze Jahr über werden bei DESY und KIT regelmäßig Schülerlabore und Masterclasses angeboten. MU-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler stellen ihre Arbeit regelmäßig in Schulen oder bei Veranstaltungen vor. Im Jahr 2023 konnte das KIT auf eine 10-jährige, enge

Kooperation mit einem örtlichen Gymnasium zurückblicken, die in der Schule und in den lokalen Medien gefeiert wurde. Darüber hinaus beteiligen sich GSI, DESY und KIT jedes Jahr am Girls' Day, um junge Mädchen für MINT-Fächer zu begeistern, z.B. mit Laborbesuchen, praktischen Erfahrungen bei der Datenanalyse oder mit Live-Talks mit internationalen Forscherinnen an unseren Forschungsinfrastrukturen in aller Welt. Auch im Hinblick auf MINT-Fächer an Gymnasien führt das KIT regelmäßig Fortbildungen für Lehrerinnen und Lehrer zu Themen der Teilchen- und Astroteilchenphysik durch, so auch im Mai 2023.

Mehrere Veranstaltungen im Jahr 2023 waren dem "Wissenschaftsjahr - Unser Universum" gewidmet, so präsentierten MU-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler des KIT an drei Abenden im Naturkundemuseum Karlsruhe die großen Fragen und neueste Ergebnisse zu den Themen Dunkle Materie, Kosmische Strahlung, Neutrinoeigenschaften und Forschung am LHC. In den Sommermonaten öffnete das KIT seine Pforten auf dem Gelände des Forschungszentrums für einen Tag der offenen Tür, der rund 25.000 Besucher anlockte, und begeisterte das Publikum bei EFFEKTE rund um das Karlsruher Schloss oder bei einem KCETA-Abend im Wissenschafts- und Kulturtreff Triangel. Das interessierte Publikum lauschte den Vorträgen der MU-Forschenden über Teilchen- und Astroteilchenphysik sowie über Big Data Science. Am DESY wurde das "Wissenschaftsjahr - Unser Universum" mit der Open-Air-Ausstellung "Beam me up, Potsdam. Einmal Milchstraße und zurück!" in Potsdam gefeiert. Ergänzt wurde die Ausstellung durch Podcasts, Veranstaltungen und Schülerakademien, um die Faszination unserer Milchstraße zu vermitteln. Im August wurden vom KIT und DESY erstmals in den Sommerferien der Schulen Science / AstroCamps für Jugendliche angeboten. DESY-Forschende veranstalteten das AstroCamp an einem nahegelegenen See, wo u.a. ein Stratosphären-Wetterballon gestartet wurde, und am KIT wurden viele Mitmach-Experimente und Datenanalysen mit Laborbesuchen an den großen experimentellen Infrastrukturen auf dem Gelände des Helmholtz-Forschungszentrums kombiniert.

#### **4.4 Drittmittelinwerbung**

##### **DESY**

Der Europäische Forschungsrat ERC hat 2023 am DESY mehrere Projekte zur Suche nach extrem energiereichen kosmischen Teilchen sowie nach ultraleichten Kandidaten für die mysteriöse Dunkle Materie ausgewählt. DESY-Forscherin Anna Nelles, die auch Professorin an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg ist, und Andrea Caputo, der bislang am Europäischen Teilchenforschungszentrum CERN arbeitet, haben sich erfolgreich um sogenannte ERC Starting Grants mit DESY als Host Institution beworben. Auch Priscilla Pani, Wissenschaftlerin in der ATLAS-Gruppe bei DESY, hat einen Starting Grant des ERC für eine neue Methode zur Suche nach neuen Teilchen erhalten. Sie wird das ATLAS-Experiment am Large Hadron Collider am CERN nutzen, um Hinweise auf neue leichte Teilchen zu finden, die möglicherweise mit massereicheren Versionen einiger Teilchen wechselwirken, aus denen die Materie zusammengesetzt ist. Alle drei erhalten je 1,5 Millionen Euro über die kommenden fünf Jahre für ihre Forschungsprojekte. DESY ist Host-Institution für diese ambitionierten Forschungsprojekte.

DESY-Wissenschaftler Axel Lindner ist in dem von der Universität Zaragoza koordinierten DarkQuantum-Synergy Grant zur Entwicklung von Quantensensoren und deren Einsatz in Experimenten zur Erforschung Dunkler Materie mit BabyIAXO beteiligt.

In dem 2023 eingeworbenen und von DESY-Wissenschaftler Michael Stückelberger koordinierten RIANA-Projekt wird der europäischen Forschungscommunity im Bereich Nanoscience

& Nanotechnology Zugang zu einer breiten Vielzahl an Forschungsinfrastrukturen, wie z.B. Elektronenmikroskope, Laser, Reinräume und Synchrotrons, ermöglicht werden. Ein besonderes Augenmerk des mit 10 Mio. aus Horizon Europe geförderten Projekts liegt dabei darauf, diese Geräte auch für Nicht-Experten zugänglicher zu machen.

DESY ist auch Partner in zwei neuen Projekten, die an der Reduktion des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks von Forschungsinfrastrukturen arbeiten, und in zwei Projekten, die den europaweiten Zugang zu Lasern sowie zu Neutronen und Photonen verbessern werden. Daneben vertritt das DESY, gemeinsam mit der ESRF, die europäischen beschleunigerbasierten Photonenquellen in dem O.S.C.A.R.S.-Projekt, das die European Open Science Cloud EOSC weiterentwickeln soll, und ist daneben in einem weiteren EOSC-Projekt aktiv.

Das vom DESY koordinierte eRImote-Projekt, das zum Ziel hat, *good practice* zum *remote*-Zugang zu Forschungsinfrastrukturen verfügbar zu machen, wurde positiv zwischenevaluiert und konnte seine ersten Ergebnisse bereits auf Einladung der spanischen Ratspräsidentschaft in einer Konferenz zur Forschungsinfrastrukturpolitik präsentieren.

Rob Shalloo, Wissenschaftler in der Gruppe Plasmabeschleuniger bei DESY, ist von der DFG zur Förderung durch das Emmy Noether-Programm ausgewählt worden. Sie wird sich auf die Entwicklung neuartiger Plasmaquellentechnologien für Hochenergie-Laserplasmabeschleuniger konzentrieren.

Auch der DESY-Theoretiker Johannes Braathen konnte erfolgreich eine Emmy Noether Forschergruppe einwerben. Das im November 2023 gestartete Projekt trägt den Titel *Cornering New Physics with Generic Precision Calculations*. Die Forschergruppe wird ein besonderes Augenmerk auf das Higgs-Teilchen richten, dem als letztes Entdeckten unter den bekannten subatomaren Teilchen: Es wurde in den 1960-er Jahren vorhergesagt und 2012 am Large Hadron Collider am CERN entdeckt.

## **FZJ**

Das ERUM-Data Projekt *Versatile Inverse Problem Framework* (VIPR, Vielseitiges Framework zur Lösung von Inversen Problemen) wurde im Jahr 2023 finanziert und die Federführung liegt beim JCNS Simulation Lab.

## **GSI**

Ein Consolidator-ERC Grant ging an Christian Graeff, Leiter der Gruppe Medizinische Physik innerhalb der GSI-Biophysik und Professor am Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik der TU Darmstadt. In diesem Projekt mit dem Titel *Portal Range Monitoring in Mixed Ion Beam Surgery* (PROMISE) will er den Ablauf der Tumorthherapie mit geladenen Teilchen besonders für bisherige Unsicherheiten wie anatomische Veränderungen oder Organbewegungen weiterentwickeln. Dabei soll erstmals ein gemischter Strahl für die Behandlung (Kohlenstoff-Ionen) und für die Bildgebung (Helium-Ionen) während der Behandlung verwendet werden.

Das von der EU finanzierte Projekt *High-Energy Accelerators for Radiation Testing and Shielding* (HEARTS) zielt darauf ab, den Zugang zu Testanlagen für hochenergetische Schwerionenstrahlung sowohl für die Nutzung als auch für die Erforschung des Weltraums zu ermöglichen: mit zwei neuen Strahlungstesteinrichtungen, die für Weltraumanwendungen zugänglich sind. Das 2023 gestartete Projekt wird die Erprobung von High-End-Mikroelektronik für neuartige Weltraumanwendungen sowie für Abschirmungs- und Strahlenbiologieexperimente ermöglichen, die die Erforschung des Weltraums durch den Menschen vorantreiben werden. Das HEARTS-Projekt wird mit rund 3 Millionen Euro gefördert, davon ein Drittel für GSI.

Der Sonderforschungsbereich SFB 1245 *Atomkerne: Von fundamentalen Wechselwirkungen zu Struktur und Sternen* an der TU Darmstadt ist mit einem Fördervolumen von 13 Millionen Euro in die dritte Förderperiode gegangen. Unter Beteiligung von Wissenschaftler:innen der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und GSI wird darin die Physik der starken und elektroschwachen Wechselwirkung von Kernen bis zu Sternen untersucht. Denn während letztere gut verstanden ist, gibt es noch viele offene Fragen im Zusammenhang mit der starken Wechselwirkung.

Das Internationale Graduiertenkolleg GRK/IRTG 2891 *Nukleare Photonik* der Universitäten Darmstadt und Bukarest wird seit 2023 von der DFG gefördert. Ziel ist die Qualifizierung und Ausbildung von Nachwuchswissenschaftler:innen auf dem interdisziplinären Gebiet photonen-induzierter Phänomene auf der Skala der Kernenergie und der entsprechenden Instrumente und Methoden. Zahlreiche Wissenschaftler:innen der verschiedenen Gebiete von GSI sind daran beteiligt.

### **Hereon**

Hereon ist Partner im EU Horizon 2020 Projekt EASI-STRESS. Ziel dieses durch das Danish Technological Institute koordinierten Projektes ist es, europaweite Charakterisierungsstandards im Bereich der Synchrotron- und Neutronen-basierten Eigenspannungsanalyse zu entwickeln. Im Rahmen des Projekts wurde ein Unterteam gebildet, das sich darauf konzentriert, ein *New Work Item Proposal* (NWIP) beim Europäischen Komitee für Normung (CEN) einzureichen und die Unterstützung von mindestens fünf Ländern sicherzustellen.

### **HZB**

Mehrere Arbeitsgruppen des HZB sind an dem neuen Sonderforschungsbereich 1636 „Elementarprozesse lichtgetriebener Reaktionen an nanoskaligen Metallen“ der Universität Potsdam beteiligt. Das Forschungsvorhaben beschäftigt sich mit elementaren Prozessen, die lichtgesteuerte chemische Reaktionen an Metallen im Nanomaßstab auslösen.

Das LIDUX-Labor (Liquid & Interfacial Dynamics with Ultrafast X-rays) wurde im Rahmen des Eureka-Eurostars-Industriekooperationsprojekts CURE (Compact, Ultrafast-X-ray-source Revolution) zwischen September 2022 und Februar 2023 mit einem neuen Kurzwellen-Infrarot-Lasersystem (SWIR), welches sich durch eine außergewöhnlich hohe Leistung (44 W mit <25 fs-Pulsen) auszeichnet, aufgerüstet.

Im Rahmen der HORIZON EUROPE Ausschreibung *New technologies and solutions for reducing the environmental and climate footprint of RIs* konnte das HZB zusammen mit seinen Partnern erfolgreich Mittel für die Projekte iSAS (Innovate for Sustainable Accelerating Systems) und *Research Facility 2.0: Towards a more energy-efficient and sustainable path* einwerben. Ferner ist das HZB an dem BMBF-Projekt KI4D4EAW (An AI-based framework for the visualisation and evaluation of the massive amounts of data from 4D tomography for end-users of beamlines) beteiligt.

Das Projekt *Pilot for Strategic Access for Quantum Technology* (STRAQTECH) wurde am HZB über LEAPS Innovation WP 9 eingeworben und startete im Mai 2023. In dem Projekt wird zur Entwicklung der Quantentechnologien und der Quanten-Ökonomie in Europa beigetragen, in dem der Zugang für Nutzer entwickelt wird, der Fokus der Aktivitäten konzentriert wird, die Qualität der Instrumentierung und des Services verbessert wird, sowie ein Pilot-Projekt für die Zugangs-Möglichkeiten getestet wird.

## KIT

Im Berichtsjahr konnten am KIT die BMBF Verbundprojekte KI-Morph und KI4D4E zum gezielten Einsatz von KI-Methoden für die morphologische Röntgenbildgebung und damit zur substantiellen Erhöhung des Beitrags in der Forschung an Großgeräten in den Material- und Lebenswissenschaften eingeworben werden. KI-Morph fokussiert sich auf KI für die 3D Röntgenbildanalyse. Ziel des Vorhabens KI4D4E ist die Erstellung eines KI-basierten Software-Frameworks für die 4-dimensionale Computertomographie, also die Aufnahme und Analyse von ganzen tomografischen Bildserien zur Untersuchung technologischer Prozesse. Schwerpunkte sind u.a. die KI-basierte Reduktion der 4D-CT-Artefakte, die Registrierung und Visualisierung der massiven 4D-CT-Daten, sowie ihre KI-basierte qualitative und quantitative Analyse.

Daneben konnten in KIT-internen Wettbewerben die Projekte QUASY und die Lehraktivität „Beschleuniger und Synchrotronstrahlung für die Materialforschung“ eingeworben werden. Im Projekt QUASY wird eine universelle, kompakte und modulare Plattform entwickelt, die den Betrieb eines magnetischen Mikrokalorimeter-basierten Spektrometers an mehreren Strahlrohren der KIT Light Source erlaubt. Der Kompaktkurs „Beschleuniger und Synchrotronstrahlung für die Materialforschung“ schließt in der Lehre die Lücke zwischen Wissensvermittlung in Spezialvorlesungen und der Praxis an den Strahlrohren auf dem Stand der aktuellen Forschung.

### Zentren- und Programmübergreifend

Das EU-Projekt unter dem früheren Namen „CREMLINplus“, das die Beziehungen und Netzwerke zwischen europäischen und russischen Forschungsinfrastrukturen sowohl auf wissenschaftlicher als auch auf forschungspolitischer Ebene verbessern und stärken sollte, wurde aufgrund des russischen Angriffskriegs gegen die Ukraine gestoppt und unter dem Namen EURIZON neu aufgestellt: Die Teilnahme der zehn russischen Partner wurde beendet und die Zusammenarbeit mit der Ukraine wurde gestärkt durch zwei Arbeitspakete mit einem Bündel von gezielten Unterstützungsmaßnahmen für die Ukraine. Ein Fokus liegt dabei auf einem Fellowship-Programm für ukrainische Forschende und wurde, dank Tweet der Forschungskommissarin Gabriel, mit über 700 Anträgen überhäuft, was die Passfähigkeit des Instruments für die ukrainische Wissenschaftslandschaft zeigt. Federführender Koordinator ist DESY, weitere beteiligte Zentren des FB Materie sind das FZJ, GSI/FAIR und Hereon. Das Fördervolumen für die 27 Konsortialpartner beträgt ca. 21,7 Mio. Euro.

Das seit 2021 laufenden LEAPS-INNOV-Projekt, in dem die Technologieentwicklung der LEAPS-Infrastrukturen weitergetrieben wird, wurde erfolgreich zwischenevaluiert und insbesondere für die gelungene Zusammenarbeit mit der Industrie gelobt.

Im Jahr 2023 startete die zweite Förderperiode des Sonderforschungsbereichs TRR 257 "Phänomenologische Elementarteilchenphysik nach der Higgs-Entdeckung", bei dem das KIT die antragstellende Einrichtung und DESY beteiligt ist. Für die zweite Periode wurden 4,5 Millionen Euro bewilligt.

## 4.5 Forschungsinfrastrukturen

Eine dezidierte Berichterstattung zu wissenschaftlichen Ergebnissen an den in Betrieb befindlichen Nutzeranlagen der LK II des Forschungsbereichs Materie erfolgt in den Programmfortschrittsberichten zu MU, MT und MML. Die FIS-Nutzeranlagen sind im Einzelnen:

MU:

- GridKa (KIT)
- GSI MU Ion Facilities

MT:

- IDAF (DESY)

MML:

- FLASH (DESY)
- PETRA III (DESY)
- JCNS (FZJ)
- BESSY II (HZB)
- ELBE (HZDR)
- HLD (HZDR)
- IBC (HZDR)
- GEMS (Hereon)
- GSI MML Ion Facilities

### **Strategieprozessen zur Integration von Forschungsinfrastrukturen in nationale und internationale Netzwerke**

#### **GSI**

GSI ist Mitglied in verschiedenen internationalen Konsortien, in denen die Forschung auf dem neuesten Stand der Technik vorangetrieben und Nutzern zugänglich gemacht wird, z.B. in verschiedenen *Integrated Infrastructure Initiatives* (I<sup>3</sup>) wie STRONG-2020, ARIES, INSPIRE, Laserlab Europe, HITRIplus, RADNEXT und EURO-LABS, oder Kollaborationen wie LEAPS (League of European Accelerator-based Photon Sources). Ferner ist GSI bzw. sind Mitarbeitende von GSI in Gremien wie z.B. NuPECC (europäisch) und KHuK (national) beteiligt, die die Belange der Hadronen- und Kernphysik als Grundlagenforschung und seine Anwendungen vertreten.

#### **HZB**

Eine hochmoderne Speicherringquelle für weiche bis mittlere Röntgenstrahlung, eingebettet in den Forschungscampus Adlershof ist für das HZB strategisch von höchster Relevanz. Die ineinandergreifenden, inhaltlich aufeinander abgestimmten Planungen für das BESSY II+ Upgrade von BESSY II und die Nachfolgequelle BESSY III sind 2023 in einer Sonderausgabe des European Physical Journal zur European Strategy for Accelerator-based Photon Science (LEAPS) veröffentlicht worden.

#### **Zentren- und Programmübergreifend**

Auf Einladung der Europaabgeordneten Lina Gálvez Muñoz war LEAPS im Europäischen Parlament in Straßburg zu einer hochrangigen Veranstaltung im Rahmen der spanischen EU-Präsidentschaft zu Gast. Vertreter und Vertreterinnen aus Industrie, Wissenschaft (u.a. Beatriz Roldán Cuenya, Direktorin am FHI und der MPG), sowie LEAPS-Mitglieder bezeugten dabei die grundlegende Rolle und den Einfluss von LEAPS-Einrichtungen für die Realisierung der technologischen Souveränität Europas und eines umweltfreundlichen und digitalen Wandels.

## **Life Cycle-Management von Forschungsinfrastrukturen**

### **FZJ**

Im Rahmen der sich im Bau befindenden Europäischen Spallationsneutronenquelle ESS, an dem Deutschland via BMBF signifikant beteiligt ist, entwickeln und bauen die Helmholtz-Zentren FZJ und Hereon und die TUM neuartige Neutroneninstrumente. Die insgesamt sieben Instrumente werden gemeinsam mit internationalen Partnern realisiert. Bei sechs der sieben Instrumente liegt die Federführung in Deutschland.

### **GSI**

Die Anlagen von GSI, die für Experimentatoren aus aller Welt zur Verfügung stehen, werden als Injektor für die FAIR Anlagen dienen, weshalb sie entsprechend modernisiert bzw. darauf vorbereitet werden. Sanierungsmaßnahmen des UNILACs umfassen die Modernisierung der bestehenden technischen Systeme, wobei schwerpunktmäßig der Austausch veralteter Komponenten und Anpassung an aktuelle Standards und Normen vorgenommen werden. Die diversen Maßnahmen kommen bereits vor Inbetriebnahme von FAIR den Experimenten in der laufenden FAIR Phase-0 zugute, die bei einem begrenzten jährlichen Betrieb von drei Monaten stark überbucht ist.

### **HZB**

Der um weitere Informationen zu Projektstruktur, Finanzen, Zeitplanung, sowie einer SWOT- und Risikoanalyse ergänzte BESSY III Pre-Conceptual Design Report (Pre-CDR) wurde im Februar 2023 in der Helmholtz-Kommission für Forschungsinfrastrukturen behandelt. Die FIS-Kommission empfiehlt das Projekt zur Vollantragstellung. Diese Empfehlung wurde von der Helmholtz-Mitgliederversammlung und dem Helmholtz-Senat bestätigt.

### **KIT**

Am KIT entsteht mit dem Produktions- und Entwicklungszentrum für hochauflösende supraleitende Sensoren eine weltweit einzigartige Forschungsinfrastruktur für kryogene Quantensensoren. Bereits in der Aufbauphase bewähren sich die mikromechanischen Fertigungsmethoden auch über das Gebiet der Quantensensoren hinaus. So sind Strukturen für einen KATRIN-Detektor und das KARA-Forschungssynchrotron produziert worden.

Am *Smart Energy System Simulation and Control Center* des KIT wurde zusammen mit der Synchrotronstrahlungsquelle KARA eine neue Forschungsinfrastruktur KITTEN eingerichtet, die eine Brücke zwischen Energieforschung und Teilchenphysikforschung in Beschleunigern schlägt und sich auf die Nachhaltigkeit und Energieeffizienz von Beschleunigern konzentriert. Die Messungen am Massenspektrometer KATRIN zur Bestimmung der oberen Massengrenze der Neutrinos fand internationale Aufmerksamkeit. Grundlage für das Experiment ist die Messung des Massenspektrums von Elektronen aus dem Beta-Zerfall einer Tritiumquelle. Diese Quelle wird vom Tritium-Labor Karlsruhe, das direkt an KATRIN angeschlossen ist, zur Verfügung gestellt. 2023 wurden die inneren und äußeren Tritiumkreisläufe sowie die Tritiumquelle mit Kilogrammumsatz erfolgreich betrieben, sodass für das KATRIN-Experiment mehr als 200 Messtage ermöglicht werden konnten. Des Weiteren gab es technisch weltweit einmalige Durchbrüche im Bereich der Tritiumanalytikmethoden und der Oberflächendekontamination mittels Ozon, was das TLK auch für den Bereich der Fusionsenergieforschung prädestiniert.

## **Zentren- und Programmübergreifend**

Durch die FIS-Kommission der Helmholtz-Gemeinschaft und den Roadmap-Prozess zu großen Forschungsinfrastrukturen erfolgt seit der PoF IV eine zunehmend konsolidierte Abstimmung bei Planung und Bau von strategischen Ausbauprojekten. Überdies gibt es erfolgreiche Beispiele bei Abstimmung und Lösung offener Finanzierungsfragen beim Betrieb von Vorhaben, wie z. B. die Übernahme der bisher universitär betriebenen Massenspeicher beim Grid-Computing für den Large Hadron Collider durch die Forschungszentren DESY und KIT mit dem Komitee für Teilchenphysik.

Der Fokus des durch das BMBF finanzierten deutschen Beitrags zur Konstruktion der Europäischen Spallationsquelle ESS in Lund in Schweden liegt auf der Instrumentierung für Neutronenstreuung. Die Helmholtz-Zentren FZJ und Hereon, sowie die TUM sind an 7 von insgesamt 15 im Rahmen der Konstruktionsphase geplanten Instrumenten beteiligt, bei 6 dieser 7 Instrumente federführend. Hereon hat für das Instrument BEER für alle größeren Komponenten Beschaffungen durchgeführt, für einige Komponenten ist die Fertigung bereits abgeschlossen. Eigenentwicklung wie beispielsweise Detektoren wurden vorangetrieben und erste Neutronentests wurden durchgeführt, unter anderem an der HBS-JULIC Neutronenplattform.

Die Arbeiten am Projekt einer hochbrillanten Neutronenquelle HBS als zentralem Teil der Neutronenstrategie sind am JCNS des FZJ weiter vorangetrieben worden. An der am Ende 2022 in Betrieb genommenen Mock-up der Target-Reflektor-Moderator Einheit der HBS an der HBS-JULIC Neutronenplattform des FZJ konnten im Jahr 2023 zahlreiche Experimente zur Entwicklung dieser Neutronenquelle erfolgreich durchgeführt werden. Diese Messzyklen wurden vom FZJ und anderen Partnern, unter anderem Hereon, TUM und LLB genutzt um die Leistung der HBS TMR Einheit zu evaluieren, sowie verschiedene Instrumentenkomponenten zu testen. Darunter Monitore für die ESS vom Hereon oder Imagingdetektoren für die TUM. Den Stand der Arbeiten und das Konzept der HBS wurden im Frühjahr durch ein internationales Gutachtergremium positiv begutachtet. Im Sommer 2023 wurde der TDR zur Realisierung der HBS publiziert.

## **Strategien im Umgang mit den Chancen und Risiken der digitalen Transformation für Forschungsinfrastrukturen**

### **GSI**

Im Rahmen der Vorbereitungen für den zukünftigen Betrieb von FAIR ist die Digitalisierung ein wichtiges Thema und wird mit Priorität verfolgt, z.B. im Beschleunigerkontrollsystem. Aufgrund der Natur der Experimente bei GSI/FAIR wird es nicht möglich sein, die Nutzung der Anlagen durch "Remote"-Bedienung vollständig umzusetzen. Allerdings entwickeln die Experimentiergruppen in Zusammenarbeit mit den Beschleuniger- und IT-Teams in zunehmendem Maße die Fernsteuerung der Experimente. Bei diesem Remote-Zugang werden besonders auch Themen wie "sicherer Datentransfer" und "Cyber Security" berücksichtigt. Besonders in der Datenauswahl und -aufnahme von Großexperimenten ist die Digitalisierung ein wichtiges Thema, weshalb GSI an entsprechenden Initiativen der Communities und der Helmholtz-Gemeinschaft beteiligt ist. Chancen liegen eindeutig in der verbesserten Leistungsfähigkeit der Systeme (Geschwindigkeit, Data Selection und Datenmengen).

## **Zentren- und Programmübergreifend**

Derzeit werden nur relativ einfache experimentelle Techniken, die auf standardisierten Proben- und Messverfahren beruhen, routinemäßig per Remote-Access und/oder Mail-In-Verfahren



durchgeführt. Das im Jahr 2023 gestartete Projekt ROCK-IT der Partner DESY, HZB, HZDR und KIT zielt darauf ab, diese Fähigkeit auf komplexe *in-situ* und *operando* Katalyse-Experimente auszuweiten, indem es deren Automatisierung vorantreibt und einen sicheren Remote-Access ermöglicht (siehe Kapitel 3.4).

### **Maßnahmen zur Erhöhung der Nutzung bestehender Forschungsinfrastrukturen durch Industriepartner bzw. zur Erhöhung des Technologietransfers**

#### **GSI**

Im Frühjahr 2023 hat die Innovationsplattform Hi-Acts ihre Arbeit aufgenommen, um Ausbau und Professionalisierung der Bereiche Infrastrukturnutzung und Dienstleistungen rund um seine Beschleunigeranlagen zu stärken. Hi-Acts wird von GSI gemeinsam mit DESY, HZDR, HZB und Hereon umgesetzt. Im Rahmen der Plattform werden die Beschleunigertechnologien der Helmholtz-Gemeinschaft als kosteneffiziente Full-Service-Infrastruktur industriellen Nutzern zur Verfügung gestellt. In einem anderen Projekt kann das Rechenzentrums Green IT Cube im Form des Reallabors GSI/FAIR Digital Open Lab durch Industriepartner genutzt werden (siehe Kapitel 3.16).

#### **HZB**

Neu in der Stabsabteilung Technologietransfer und Innovation ist seit dem 01.09.2023 ein dedizierter Business Development und Industry Liaison Manager für den Forschungsbereich Materie und dessen Forschungsinfrastrukturen.

#### **KIT**

Am KIT wurde mit einem Kick-Off der Bau des cSTART-Speicherrings gestartet. In Zusammenarbeit mit einem Industriepartner wird in den nächsten Jahren ein kompakter Speicherring installiert werden, der für ultra-kurze Elektronenbunches mit hoher Energiebandbreite ausgelegt ist. Als Injektoren werden der Linearbeschleuniger FLUTE und Laser-Plasma-Beschleuniger genutzt. Für die Wissenschaftler:innen der Accelerator Technology Platform am KIT und deren Partner aus Wissenschaft und Industrie wird eine einzigartige Beschleuniger-Testanlage mit ultra-kurzen Bunchen in Nicht-Gleichgewichtszustand zur Verfügung stehen.

#### **Zentren- und Programmübergreifend**

Mit der Helmholtz Innovation Platform for Accelerator-based Technologies & Solutions (Hi-Acts, Koordination DESY, Partner HZDR, GSI, HZB und Hereon) wollen die beteiligten Helmholtz-Zentren ihre Beschleuniger-Anlagen für Partner aus Industrie, Wissenschaft und Gesellschaft weiter öffnen und leichter zugänglich machen. Durch das Wissen aus diesen Kooperationen sollen neue, marktfähige Lösungen u.a. für die Materialforschung entstehen. Gleichzeitig werden die Anlagen durch jährliche Use Case Initiatives kontinuierlich im Hinblick auf Nutzbarkeit durch Industriepartner verbessert (siehe Kapitel 3.3).

### **Entwicklungen bei der Einbindung der Öffentlichkeit bei Planung, Bau und Betrieb der Forschungsinfrastrukturen**

#### **GSI**

Die Planungs- und Baumaßnahmen von FAIR werden seit Beginn an durch öffentlichkeitswirksame Maßnahmen begleitet (Bürgerinformationsabende, Pressearbeit, Medienerstellung). Besondere Highlights, wie z.B. die Durchführung eines Tages der offenen Tür mit Führungen durch die Anlagen in 2023 finden ein breites Echo in der Bevölkerung und in den Medien.

## HZB

Das 25-jährige Jubiläum von BESSY II wurde kommunikativ mit mehreren Kampagnen bis in den Herbst 2023 hinein begleitet: zum einen mit einer Serie von Glückwünschen aus Politik und Wissenschaft auf Twitter und LinkedIn (u.a. von Bundesforschungsministerin Bettina Stark-Watzinger und der Berliner Wissenschaftssenatorin Ina Czyborra) sowie einer Sonderausgabe der Zeitung Lichtblick.

## 5. Erfolgsindikatoren

|                                                                                                                        | Einheit         | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | Veränderung<br>2023 zu 2022<br>absolut | Veränderung<br>2023 zu 2022<br>prozentual |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| WoS-, SCOPUS oder Open Research Europe indexierte Publikationen                                                        | Anzahl          | 2.312  | 2.416  | 2.836  | 2.551  | 2.674  | 123                                    | 5%                                        |
| ... davon Open-Access-Publikationen                                                                                    | Anzahl          | 1.766  | 1.833  | 1.959  | 1.239  |        |                                        |                                           |
| Andere referierte Publikationen                                                                                        | Anzahl          | 340    | 91     | 310    | 376    | 420    | 44                                     | 12%                                       |
| Drittmittelerträge                                                                                                     | TEUR            | 38.073 | 38.906 | 52.357 | 65.283 | 72.690 | 7.407                                  | 11%                                       |
| Abgeschlossene betreute Promotionen                                                                                    | Anzahl          | 136    | 141    | 167    | 157    | 153    | -4                                     | -3%                                       |
| Postdocs                                                                                                               | Anzahl          | 455    | 493    | 548    | 547    | 519    | -28                                    | -5%                                       |
| Nachwuchsgruppen                                                                                                       | Anzahl          | 29     | 25     | 24     | 24     | 29     | 5                                      | 21%                                       |
| Ausgewählte koordinierte, nationale und intern. Förderprogramme                                                        | Anzahl          | 117    | 134    | 154    | 190    | 183    | -7                                     | -4%                                       |
| Kooperationen mit der Wirtschaft und externen nichtwissenschaftlichen Institutionen, öffentlich oder privat finanziert | Anzahl          | 78     | 91     | 171    | 219    | 237    | 18                                     | 8%                                        |
| Ausgründungen (Spin-offs) und kompetenzbasierte Gründungen (Start-ups)                                                 | Anzahl          | 0      | 0      | 2      | 1      | 0      | -1                                     | -100%                                     |
| Wissenstransferaktivitäten                                                                                             | FTE/Mio.<br>EUR | 12     | 21     | 22     | 33     | 28     | -4                                     | -13%                                      |
| Kapazität der grundfinanzierten Wissenschaftler                                                                        | PJ              | 819    | 878    | 1.033  | 1.019  | 1.021  | 2                                      | 0%                                        |
| Kapazität der drittmittel-finanzierten Wissenschaftler                                                                 | PJ              | 176    | 198    | 233    | 229    | 233    | 4                                      | 2%                                        |
| Summe Wissenschaftler                                                                                                  | PJ              | 977    | 1.057  | 1.266  | 1.249  | 1.253  | 5                                      | 0%                                        |

Kommentierungen zu den dargestellten Erfolgsindikatoren:

### Publikationen:

Die Anzahl der Publikationen liegt auf einem hohen, weiter leicht ansteigenden Niveau. Die besonders vielen Publikationen im Jahr 2021 sind u.a. durch Beiträge auf großen Konferenzen entstanden, die nur alle zwei Jahre stattfinden (dies betrifft insbesondere das Programm MU). Ein Großteil des Anstiegs lässt sich auch durch die Covid-19-Pandemie erklären, denn nach einem Pandemie-bedingten Rückgang im Jahre 2020 und der damit verbundenen Absage vieler Konferenzen konnten sich diese Zahlen im Jahr 2021 und 2022 wieder stabilisieren.

### Drittmittelerträge:

Es konnten insbesondere in den letzten beiden Jahren viele Drittmittelprojekte eingeworben werden, z.T. auch mit relativ hohen Fördersummen (z.B. LEAPS-INNOV, EURIZON, ROCK-

IT, ReMade@ARI, PUNCH4NFDI, BASE4NFDI, EURO-LABS, THRILL, KI4D4EAW, STRA-QTECH, HEARTS, eRImote sowie mehrere ERC-Grants und Förderungen durch das Emmy Noether-Programm und Einwerbungen/Verlängerung der Sonderforschungsbereiche SFB 1245, TRR257 und 1636). Insgesamt entwickeln sich die Drittmittelprojekte für die Zentren des Forschungsbereichs Materie mit einer merklichen Steigerung in den eingeworbenen Erträgen sehr positiv.

#### Abgeschlossene Promotionen:

Die Abweichung im Umfange einiger Prozentpunkte liegt innerhalb der typischen Schwankungsbreite der letzten Jahre.

#### Nachwuchsgruppen:

Es wurden im letzten Jahr weitere Nachwuchsgruppen eingerichtet/ingeworben, darunter u.a. mehrere Emmy Noether-Förderungen. Über die letzten fünf Jahre ist die absolute Zahl relativ konstant, die relativ hohen prozentualen Schwankungen beruhen auf den insgesamt niedrigen absoluten Zahlen.

#### Kooperationen:

Die hohen Werte ab 2021 sind zurückzuführen auf die Einführung der neuen Definition.

#### Gründungen:

Aufgrund der geringen absoluten Zahlen ist die prozentuale Steigerung wenig aussagekräftig. Der Wert ist im Rahmen der Schwankungsbreite der vergangenen Jahre stabil.

#### Wissenstransferaktivitäten:

Seit einigen Jahren werden erhöhte Anstrengungen an den Zentren unternommen, um vermehrt Wissenstransferaktivitäten durchzuführen. Die Zahlen sind daher seit längerem leicht ansteigend. Die absoluten Zahlen sind jedoch insgesamt relativ niedrig und damit die prozentualen Änderungen nur bedingt aussagekräftig.

## Assoziierte Internationale Forschungsinfrastrukturen

### 1. Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR) im Aufbau

Die Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR) wird zurzeit als internationale Gesellschaft an der GSI mit gemeinsamer Führung gebaut und wird die wissenschaftliche Attraktivität von GSI massiv erweitern. Entsprechend wurde FAIR zur Top-Priorität der europäischen Kernphysikgemeinschaft und zum Meilenstein der European-Research-Roadmap (ES-FRI) gewählt. Während der Bauphase findet an den GSI-Anlagen (UNILAC, SIS18, FRS, ES usw.) ein reduziertes sog. FAIR-Phase-0-Messprogramm statt, an dem bereits rund 1500 Forschende teilnehmen.

Die Finanzierung des Baus der internationalen Anlage FAIR aus dem Helmholtz-Titel ist ein Sondertatbestand im Forschungsbereich Materie und wird durch Sondervereinbarungen der Helmholtz-Gemeinschaft und GSI geregelt. Die Berichterstattung zu wissenschaftlichen Ergebnissen an den in einem reduzierten Betrieb befindlichen Teilanlagen der GSI (UNILAC, SIS18, FRS, ESR usw.) im Rahmen des FAIR-Phase-0-Messprogramms oder zu etwaigen sonstigen FuE-Aktivitäten in diesem Zusammenhang erfolgt in den Programmberichten zu MU, MT und MML.

Die Betonarbeiten der FAIR Anlagen wurden Ende 2023 abgeschlossen und seit Anfang 2024 werden nun auch in den südlichen Gebäuden die technischen Anlagen installiert. Ein wichtiger Meilenstein wurde Mitte 2023 erreicht, als im SIS100-Tunnel mit den Kabelzieharbeiten begonnen wurde. Der erste Stringtest für SIS100 wurde erfolgreich durchgeführt. Mit dem Auftrag des FAIR-Council im Jahr 2023, das Szenario "First Science" (FS) zu verwirklichen, wird das wissenschaftliche FAIR-Programm mit NUSTAR und APPA unter Verwendung des von SIS100 gelieferten Strahls beginnen. Alle Aktivitäten sind nun darauf ausgerichtet, dieses Ziel zu erreichen.

#### 1.1. Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Bezüglich der Senatsempfehlungen zu den programmübergreifenden Aspekten im Forschungsbereich Materie trägt FAIR in den Punkten Attraktivität für junge und aufstrebende Wissenschaftler:innen und Planung und die Bereitstellung ausreichender Ressourcen für die Datenverarbeitung und -berechnung bei. Spezifisch zu der im Aufbau befindlichen Anlage FAIR hat der Senat der Helmholtz-Gemeinschaft keine Empfehlungen formuliert.

#### 1.2. Entwicklung der Kennzahlen und Ressourcen

| Senatsempfehlung [in TEUR]                                          | Plan 2021 | Plan 2022 | Plan 2023 | Plan 2024 | Plan 2025 | Plan 2026 | Plan 2027 | Summe 2021-2027 |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| Kosten der Forschungsinfrastruktur FAIR (during construction) (GSI) | 63.276    | 63.276    | 63.276    | 63.276    | 63.276    | 63.276    | 63.276    | 442.932         |

| Ist-Kosten<br>Stand: Februar 2024 [in TEUR] | Ist 2021 | Ist 2022 | Plan 2023 | vorl. Ist 2023 | Plan 2024 |
|---------------------------------------------|----------|----------|-----------|----------------|-----------|
| Ist-Kosten der Forschungsinfrastruktur      | 79.422   | 92.731   | 63.276    | 92.179         | 63.276    |

| Abweichung Ist-Kosten zu<br>Senatsempfehlung [in %] | 26% | 47% | 0% | 46% | 0% |
|-----------------------------------------------------|-----|-----|----|-----|----|
|-----------------------------------------------------|-----|-----|----|-----|----|

Bei den ausgewiesenen Ist-Kosten handelt es sich um Vorab-Zahlen, wobei die Umlagen auf einer qualifizierten Schätzung beruhen. Eine endgültige Kostenaussage kann erst nach vollständiger Buchung der Umlagen im Rahmen des Zentrumsfortschrittsberichts 2023 erfolgen.

Das höhere vorläufige IST der „Forschungsinfrastruktur FAIR (during construction)“ erklärt sich aufgrund der höheren Kosten der GSI gegenüber der Senatsempfehlung. Die Ist-Zahlen des Jahres 2023 sind dabei auf nahezu dem gleichen Niveau, wie im Vorjahr.

### **1.3. Wissenschaftliche Highlights**

In der sogenannten FAIR Phase-0 werden bis zur Inbetriebnahme von FAIR Experimente an GSI-Anlagen (mit für FAIR entwickelten Beschleuniger- und Detektorkomponenten) durchgeführt. Aufgrund gestiegener Energiekosten und wegen verschiedener dringender technischer Arbeiten wurde in 2023 keine Nutzerstrahlzeit angeboten. Doch während des sog. „Engineering Run“ des Beschleunigerbetriebs Ende des Jahres gab es die Möglichkeit, Experimente am CRYRING durchzuführen. Als Highlights der wissenschaftlichen Ergebnisse aus dem Jahr 2023 seien beispielhaft genannt:

Wissenschaftlern der GSI und Queen's University Belfast ist es gelungen, die Lichtemission in einer Neutronensternverschmelzung mittels einer aufwendigen Computersimulation vorherzusagen. In dieser Simulation wurde der Transport von Materie während der Verschmelzung, die Produktion schwerer Elemente durch Neutroneneinfangreaktionen, Energiedeposition durch radioaktive Zerfälle und der Strahlungstransfer in Atomübergängen simuliert. Dies ist die erste vollständige 3D Simulation eines Neutronensternmergers. Die Ergebnisse der Simulation stimmen bemerkenswert gut mit beobachteten Daten aus der Kilonova AT2017gfo überein (doi: 10.3847/2041-8213/acf29a).

An der GSI wurde im November 2023 zum ersten Mal weltweit ein gemischter Ionenstrahl beschleunigt. Der Strahl bestand aus Kohlenstoff- und Heliumionen, die aufgrund ihres ähnlichen Verhältnisses von Masse zu Ladung auf die gleiche Geschwindigkeit beschleunigt werden können. Die Idee hinter diesem Projekt, die in dem ERC Consolidator Grant PROMISE (Christian Graeff) in den nächsten 5 Jahren weiterverfolgt werden wird, besteht darin, die dreimal größere Reichweite der Helium-Ionen für die Bildgebung hinter einem Patienten während der Behandlung mit den gleichzeitig beschleunigten Kohlenstoffionen zu nutzen. Im Experiment konnte gezeigt werden, dass die Extraktion beider Ionen in einem zeitlich stabilen Verhältnis erfolgen kann, und dass bereits 5% Heliumionen ein Signal liefern, das sich deutlich vom Hintergrund der Kohlenstofffragmente abhebt.

Es konnte gezeigt werden, dass ein ionoakustischer Detektor relativistische Schwerionenstrahlen zuverlässig überwachen kann: Hierbei wurde eine lineare Korrelation mit einer Strahlintensität von  $10^4$  bis  $10^9$  Teilchen/Spill nachgewiesen. Die Technik basiert auf der Erzeugung einer Druckwelle, wenn ein mikrosekundenschnell gepulster relativistischer Ionenstrahl in einem Wasserbehälter gestoppt wird. Das akustische Signal der einzelnen Ionenpulse wird erfasst und analysiert, um den Ort der Druckwellenerzeugung zu bestimmen. Der Vorteil der ionoakustischen Technik ist der relativ einfache Versuchsaufbau, der breit abgedeckte Bereich, die mit nur einem einzigen Impuls online verfügbare Information und die Strahlenhärte der Methode (doi: 10.1016/j.nima.2023.168755).

## **2. European XFEL**

Der Europäische Freie-Elektronen Laser (European XFEL) ist eine weltweit einzigartige internationale Forschungsinfrastruktur, die von 12 Nationen gebaut wurde und durch die European XFEL GmbH im Auftrag dieser Nationen betrieben wird. Dabei arbeitet die European

XFEL GmbH eng mit DESY zusammen, wobei DESY für den Betrieb und die Weiterentwicklung des gesamten Beschleunigers, inklusive des supraleitenden Linearbeschleunigers, verantwortlich ist. Der parallele Betrieb von drei Undulatoren ist weltweit einzigartig und ermöglicht eine wachsende Anzahl von jährlichen Experimenten. Der Nutzerbetrieb am European XFEL hat 2017 begonnen. Seit 2019 sind drei Freie-Elektronen Laser (FEL) Strahlführungen (SASE1, SASE2, SASE3) mit je zwei bis drei Experimentierstationen im Betrieb. Damit verfügt European XFEL zurzeit über sieben Instrumente (HED, MID, FXE, SPB/SFX, SQS, SCS und SXP), an denen Experimente stattfinden.

Der European XFEL-Beschleuniger wird vom DESY-Beschleunigerbereich mit sehr hoher Verfügbarkeit und unübertroffener Flexibilität in den Strahlparametern betrieben, gewartet und weiterentwickelt. Im Jahr 2023 war der Beschleuniger mehr als 7000 Stunden in Betrieb, wovon ca. 4500 Stunden für die Erzeugung von FEL-Strahlung mit der Photonenenergie von 300 eV bis 30 keV für die drei SASE FEL-Strahlführungen genutzt wurden. Ein Schwerpunkt in der Anlagenentwicklung liegt auf kurzen Pulsen. An SASE3 konnte 2023 erstmals eine direkte Messung von sub-fs-Photonenpulsen mit THz-Streaking durchgeführt werden. An SASE2 wurde ebenfalls Einzelpuls-FEL-Strahlung mit hohen Intensitäten demonstriert, indem der Elektronenstrahl durch Selbstfelder und eine Abstimmung der Ablenkoptik speziell geformt wurde. Neue Instrumentierung, die in den kommenden Jahren entwickelt und installiert werden wird, wird den Betrieb mit ultrakurzen Pulsen weiter unterstützen.

Im Jahr 2023 erreichte ein internationales Team von Wissenschaftlern am European XFEL und DESY einen bedeutenden Meilenstein, als kaskadiertes Hard X-Ray Self-Seeding (HXRSS) für Röntgenstrahlung mit kurzen Wellenlängen gezeigt wurde. Mit dieser Technik wird die spektrale Brillanz und Monochromatizität der vom Röntgenlaser erzeugten Strahlung, bei gleichzeitig hohen Wiederholungsraten signifikant erhöht. Das neuartige Setup eröffnet neue experimentelle Möglichkeiten für eine Vielzahl wissenschaftlicher Anwendungen, die auf ultraschnelle Röntgenspektroskopie, Beugungs- und Bildgebungstechniken zurückgreifen.

Der European XFEL dient einer vielfältigen weltweiten Nutzergemeinschaft. Forschergruppen des Helmholtz Programms MML nutzen den European XFEL und tragen zu experimentellen Entwicklungen vor allem durch die Nutzerkonsortien der Helmholtz International Beamline (HIB) bei. Die serielle Femtosekunden-Kristallographie (SFX) ist zu einer ausgereiften Technik am European XFEL geworden. Die Fähigkeiten zur zerstörungsfreien Bestimmung der makromolekularen Struktur ohne die Notwendigkeit einer kryogenen Kühlung ermöglicht zeitaufgelöste Messungen von Enzymen und trägt damit zum Verständnis ihrer Funktionsweise bei. Das HIBEF Konsortium (Helmholtz International Beamline for Extreme Fields) hat in 2023 den Hochenergielaser Dipole-100X erstmals für externe Nutzer zugänglich gemacht und erste vielversprechende Ergebnisse wurden durchgeführt. Im Rahmen des „Heisenberg Resonant Inelastic X-ray Scattering“ (hRIXS) Konsortiums wurde 2023 die Detektion von angeregten Zuständen und die ultraschnelle Dynamik mit einer zeitlichen Auflösung von 30 bis 100 fs und einer Energieauflösung von einigen zehn meV routinemäßig möglich.

## **2.1 Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen**

Der Senat der Helmholtz-Gemeinschaft hat zum Europäischen Röntgenlaser XFEL keine spezifischen Empfehlungen formuliert.

## 2.2 Entwicklung der Kennzahlen und Ressourcen

| Senatsempfehlung [in TEUR]                     | Plan 2021 | Plan 2022 | Plan 2023 | Plan 2024 | Plan 2025 | Plan 2026 | Plan 2027 | Summe 2021-2027 |
|------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| Kosten der Forschungsinfrastruktur XFEL (DESY) | 64.480    | 65.770    | 67.085    | 68.427    | 69.796    | 71.191    | 72.615    | 479.365         |

| Ist-Kosten<br>Stand: Februar 2024 [in TEUR] | Ist 2021 | Ist 2022 | vorl. Ist 2023 | Plan 2023 | Plan 2024 |
|---------------------------------------------|----------|----------|----------------|-----------|-----------|
| Ist-Kosten der Forschungsinfrastruktur      | 79.405   | 81.979   | 87.644         | 84.853    | 91.427    |

| Abweichung Ist-Kosten zu<br>Senatsempfehlung [in %] | 23% | 25% | 31% | 26% | 34% |
|-----------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|-----------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|

Ist-Kosten und Senatsempfehlung weichen voneinander ab, weil 17.768 T€ DESY als weitere Institutionelle Förderung von den Zuwendungsgebern zur Verfügung gestellt werden. Geringfügige Abweichungen gegenüber dem Wirtschaftsplan ergeben sich durch die Anpassung der XFEL Planung nach der Erstellung des Wirtschaftsplans.

Zusätzlich zu dem Gesellschafterbeitrag wurden DESY im Rahmen des Härtefallfonds Mittel in Höhe von 2.802 T€ zur Weiterleitung an die European XFEL GmbH zur Verfügung gestellt. Diese sind in den Kosten (vorl. Ist 2023) enthalten.

## 2.3 Wissenschaftliche Highlights

Im Jahr 2023 wurden ausgezeichnete wissenschaftlichen Arbeiten veröffentlicht, die ohne Röntgendaten von FEL-Anlagen nicht möglich gewesen wären. Beispielhaft seien als Highlights folgende Ergebnisse genannt:

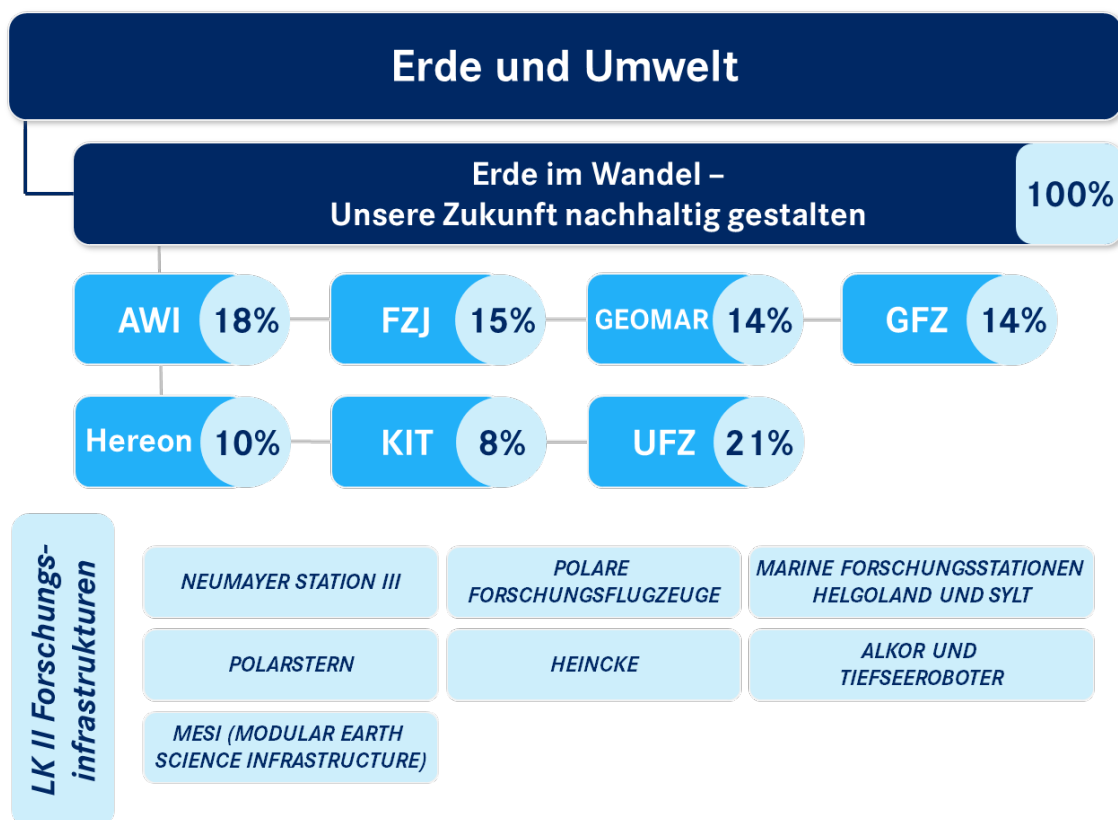
Am SPB/SFX Instrument wurde eine neue Methode "just in time crystallisation" (JINXED) eingeführt, um zeitabhängige Experimente mit Kristallen, die kleine Lösungsmittelkanäle enthalten, zu ermöglichen (doi: 10.1107/S2052252523001653). An derselben Station wurden auch hochpräzise Messungen der Kleinwinkelstreuung von Protein-Lösungen validiert (doi: 10.1038/s42003-023-05416-7), was die Untersuchung der ultraschnellen Dynamik von Makromolekülen in Lösung ermöglichen wird. Die Fähigkeiten der Diffraktion mit Wiederholraten im MHz Bereich, die in den letzten Jahren entwickelt wurden, wurden auch auf die Lösung der Struktur von natürlichen Moskitiziden in Form von Nanokristallen angewendet, die für herkömmliche Analysen zu klein waren. Mit Hilfe von an EuXFEL aufgelösten Strukturen wurden Einblicke in den Wirkungsmechanismus und Hinweise zur Entwicklung spezifischer Insektizide gegeben (doi: 10.1073/pnas.2203241120). Nach dem erfolgreichen Start des Betriebs des neuen Lasers DiPOLE 100-X, wurden inzwischen die ersten Nutzerexperimente erfolgreich abgeschlossen; die ersten Veröffentlichungen folgen im Laufe des Jahres 2024.

## IV. Forschungsbereich Erde und Umwelt: Bericht der Koordinatorin an den Senat

Koordinatorin: Prof. Dr. Katja Matthes (GEOMAR)

Beteiligte Helmholtz-Zentren: AWI, FZJ, GEOMAR, GFZ, Hereon, KIT, UFZ

### 1. Der Forschungsbereich im Überblick



Die sieben beteiligten Helmholtz-Zentren des Forschungsbereichs Erde und Umwelt (FB EuU) arbeiten in einem fokussierten und integrierten Programm „Changing Earth - Sustaining Our Future“ zusammen. Das Jahr 2023 war das dritte von sieben Jahren der Programmorientierten Förderung (PoF IV, 2021-2027). Koordinator:in des FB EuU war im Berichtszeitraum Prof. Dr. Katja Matthes (GEOMAR, Amtszeit: 01.04.2022 - 31.12.2023). Mit diesem Amt verbunden ist die Vizepräsidentschaft der Helmholtz-Gemeinschaft. Das Management Board (MB) die Diskussions- und Entscheidungsplattform des FB EuU tagte im Jahr 2023 sechs Mal unter dem Vorsitz der Koordinatorin. Programmsprecherin im Berichtszeitraum war Prof. Dr. Charlotte Krawczyk (GFZ).

Das Forschungsprogramm „Changing Earth – Sustaining our Future“ traf sich am 15./16. Mai 2023 zu seiner jährlichen Generalversammlung in Karlsruhe. Über 300 Teilnehmende diskutierten Fortschritte des gemeinsamen Forschungsprogramms, die Weiterentwicklung der



Programmziele sowie neue themen- und forschungsbereichsübergreifende Aktivitäten. Die erfolgreiche Veranstaltung bot dabei nicht nur Einblicke ins aktuelle Programmgeschehen. Durch eine Vielzahl partizipativer Formate wie einem Ideenmarkt, Breakout-Gruppen und lebendiger Poster-Sessions war sie vor allem eine gute Gelegenheit, sich zu vernetzen und das gemeinsame Programm aktiv mitzugestalten. Ein Fokus der diesjährigen Generalversammlung lag deshalb auch auf einer möglichst breiten Einbindung von Nachwuchswissenschaftler:innen (*Early Career Researchers*). Am zweiten Veranstaltungstag nahmen außerdem einzelne Mitglieder des Strategischen Beirates teil.

Daran anschließend fand am 17.05.2023 die dritte Sitzung des Strategischen Beirats (SAB) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) statt. In der Sitzung berichteten Vizepräsidentin und in Vertretung für die Programmsprecherin Prof. Dr. Thomas Jung (Programmsprecher 01/2021-03/2022) über die Fortschritte im Jahr 2022, stellten Highlights aus den Topics und Querschnittsthemen vor, warfen strategische Fragen zu aktuellen Themen auf und baten schließlich um Rückmeldungen der Beiratsmitglieder (z. B. zum Datenmanagement und zu geplanten Forschungsinfrastrukturen). Im abschließenden Statement zum Ende der Sitzung lobte der Beirat die Fortschritte im Jahr 2022 und bekräftigte noch einmal die Empfehlung an den FB EuU, in einem gemeinsamen Programm weiterzuarbeiten. Weitere Empfehlungen und Statements des SAB sind im Protokoll der Sitzung nachzulesen.

Im März 2023 wurde auf einem Workshop mit über 60 Teilnehmenden aus allen Forschungsbereichen ein Nachfolgekonzept für die Helmholtz-Klima-Initiative (HI-CAM) entwickelt, deren Finanzierung Ende 2024 ausläuft. Daraus entstand als Ergebnis Helmholtz KLIMA, eine Dialogplattform mit dem Ziel, die klimarelevante Forschung der gesamten Helmholtz-Gemeinschaft forschungsbereichsübergreifender auszurichten sowie den Dialog mit Anwendern und Stakeholdern zu befördern. Entscheidende Schritte auf dem Weg zu einer erfolgreichen Initiative waren die Schaffung einer Governance mit Steering Board, Scientific Board und einer neuen Leitung, die verbindliche Finanzierung durch alle 18 Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft bis Ende 2027 und Beginn der PoF V, sowie die Konzipierung erster Pilotthemen für 2024 basierend auf den drei Fokusthemen „Climate Energy“, „Sustainable Cities“ und „Planetary Health“. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass die erfolgreiche Arbeit der Helmholtz-Klima-Initiative (HI-CAM) - bestehend aus den beiden Clustern Mitigation und Adaptation sowie einer übergreifenden Kommunikationsplattform (siehe Abschnitt 3.2) – fortgesetzt wird und die Entwicklung von Lösungen zur Adressierung der Klimakrise als zentrale und helmholtzweite Aufgabe verstanden wird.

Das ehemalige Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS) ist seit dem 01.01.2023 als Teil des Helmholtz-Zentrums Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ) rechtlich in die Helmholtz-Gemeinschaft integriert und ist als rechtlich unselbstständige Organisationseinheit Teil des GFZ. In diesem Zusammenhang hat das IASS eine Namensänderung erfahren und heißt nun Forschungsinstitut für Nachhaltigkeit (englisch Research Institute for Sustainability, kurz: RIFS). Prof. Dr. Doris Fuchs ist seit dem 01.10.2023 Direktorin am RIFS und leitet mit dem langjährigen Direktor Prof. Dr. Mark Lawrence gemeinsam das RIFS.

Während des Berichtszeitraums wurde mit der Entwicklung der Strategie für die kommende Programmperiode PoF V (2028-2034) begonnen. Eine Arbeitsgruppe für die Strategie nahm ihre Tätigkeit auf (Teilnehmer:innen: incoming/outgoing sowie aktuelle:r Vizepräsident:in und Programmsprecher:in). Der Strategieprozess wird durch den engen Austausch mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) zum forschungspolitischen Rahmen der PoF V begleitet. Inhaltlich wurde der Strategieprozess durch einen Abgleich verschiedener nationaler und europäischer Strategiepapiere mit dem aktuellen Programm der PoF IV

(„Mapping“) unterstützt. In der FB-Plattform-Sitzung am 28.9.2023 hat der FB EuU erste Impulse für den forschungspolitischen Rahmen präsentiert, die vom BMBF unterstützend befürwortet wurden. Zwei Strategieworkshops fanden am 11. und 12. Dezember 2023 sowie zu Beginn des Jahres 2024 statt. An den Workshops nahmen neben den wissenschaftlichen Vorstandsmitglieder der Zentren die Mitglieder des Programmboards teil sowie eine Reihe von Referent:innen und Wissenschaftler:innen an Schlüsselpositionen im Programm (insgesamt 30 bzw. 48 Personen). Während der Workshops wurde die zukünftige inhaltliche Aufstellung des einen Programmes in EuU und eine mögliche Topicstruktur für die PoF V ausgearbeitet und diskutiert. Auf dieser Basis soll der Strategieprozess im ersten Halbjahr 2024 weiter voran gebracht und ein Strategiepapier erstellt werden. In Abstimmung mit dem BMBF wird 2024 der forschungspolitische Rahmen weiter diskutiert.

Im Programm „Changing Earth – Sustaining our Future“ wurde die Arbeit 2023 weitgehend planmäßig fortgesetzt. Es besteht jedoch das Risiko, dass in den kommenden Jahren zunehmend Mittel für die Forschung fehlen und daher nicht alle versprochenen wissenschaftlichen Ziele erreicht werden können. Aufgrund der Inflation, der Energie- und Treibstoffkostensteigerungen und der Tarifsteigerungen sind die Zentren in einer schwierigen finanziellen Situation. Obwohl die Zentren in den zurückliegenden Monaten vorsichtig gewirtschaftet haben, sind kurz- und langfristige Auswirkungen auf die Wissenschaft und die Mitarbeiter:innen absehbar, insbesondere da viele Verträge mit Nachwuchsforscher:innen nicht verlängert werden konnten. Darüber hinaus stehen große Forschungs- und Forschungsinfrastrukturprojekte in Gänze zur Disposition und damit die strategische Aufstellung für die nächste Periode der PoF. Andererseits sind die Selbstbewirtschaftungsmittel weiter angestiegen. Bei diesen ist jedoch zu beachten, dass es sich nicht um freie Mittel handelt, sondern diese in Projekten gebunden sind.

## **2. Stand der Umsetzung der programmübergreifenden Senatsempfehlungen**

Über die Umsetzung der Empfehlungen zu den einzelnen Programmen (LK I) wird im entsprechenden Fortschrittsbericht informiert.

**Senatsempfehlung:** Die Governance-Struktur des Programms soll weiterentwickelt werden.

Die Weiterentwicklung der Governance des Programms wurde ausführlich im Koordinatorenbericht 2022 dargestellt.

**Senatsempfehlung:** Die Umsetzungsstrategie für die Synthese- und Kommunikationsplattform (SynCom) soll weiter vorangebracht und konsequent verfolgt werden.

SynCom ist das zentrale integrierende Instrument des Helmholtz Forschungsbereichs Erde und Umwelt und verfolgt das Ziel, den gesellschaftlichen Impact der Forschung zu steigern. SynCom fördert das Programm „Changing Earth – Sustaining our Future“ durch Zentren- und Topic-übergreifende Netzwerkaktivitäten in den Bereichen i) wissenschaftliche Synthese ("Syn") und ii) Austausch mit und Kommunikation an Stakeholder ("Com"). Das SynCom-Koordinierungsbüro unter der Leitung von Marie Heidenreich koordiniert von Berlin aus die Synthese und Kommunikation im Programm und kommuniziert mit Stakeholdern und Partner:innen. Die SynCom Ankerpersonen (1 FTE/Zentrum) unterstützen die SynCom Aktivitäten und stellen Kontakte innerhalb des jeweiligen Helmholtz EuU Zentrums her.

Anfang des Jahres waren alle Forschenden des Forschungsbereichs dazu aufgerufen, Ideen für potentielle SynCom-Projekte zu entwickeln. Aus diesem Bottom-Up Prozess gingen die SynCom-Projekte 2023\*2024 hervor:

- Entwicklung operationaler Biodiversitätsziele (BioDiv) 
- Scaling up Carbon Dioxide Removal (CDR) 
- Indikatoren für die EU-Chemikalienpolitik (ModHaz) 

Die Projektverantwortlichen stellten die Projektziele bei der General Assembly des Forschungsbereichs vor und akquirierten weitere Mitwirkende. Zwischen Juli und September 2023 fanden die Kick-off-Workshops aller Projekte statt. Ende des Jahres veranstaltete das ModHaz-Projekt vier Stakeholderworkshops mit Regulierungsbehörden, Industrie, NGOs und Wissenschaft zur Chemikalienbewertung, aus denen ein Policy Brief hervorgeht, welches bei einem parlamentarischen Abend in 2024 präsentiert werden wird.

Zudem wurden die SynCom-Projekte 2021\*2022 fortgeführt und abgeschlossen:

- Cities and Climate Change 
- Digital Twins 
- Early Warning for Natural Hazards (EW4NH) 
- Think Tank Sea Level Rise 

Die Pilotprojekte stellten ihre bisherige Arbeit ebenfalls bei der General Assembly vor. Der erste Entwurf des Synthesepapiers „Digitale Zwillinge des Planeten Erde“ wurde präsentiert und es wurde zur Konsultation aufgerufen. EW4NH nahm an der Jahrestagung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) teil und tauschte sich mit Behördenvertreter:innen aus. Im Juni fand ein Syntheseworkshop zum Meeresspiegelanstieg statt, bei dem sich Wissenschaftler:innen von vier Zentren mit Fraktionsreferenten aus dem Bundestag austauschten. Darauf folgte im Oktober ein Parlamentarisches Frühstück im Bundestag mit 28 Gästen (darunter 11 Bundestagsabgeordnete) unter der Schirmherrschaft von Dr. Jan-Niclas Gesenhues, nun Parlamentarischer Staatssekretär im BMUV. Im Anschluss fanden mehrere Treffen von Helmholtz-Forschenden mit Abgeordneten in den Wahlkreisbüros und im Bundestag statt.

SynCom organisierte eine Reihe von zentrenübergreifenden Workshops: i) „Krisenkommunikation“ mit Pressesprecher:innen/-referent:innen von sechs Zentren, ii) „Understanding Editorial Practices“ mit Nature Sustainability (38 Teilnehmende aller Zentren), iii) „Meta Analysis“ (40 Anmeldungen aus sechs Zentren), sowie iv) „Syntheseworkshop Endlagergeologie“ (48 Teilnehmende) und eine Session bei der Berlin Science Week im Naturkundemuseum Berlin. Zudem wurde das RIFS in SynCom Projekte integriert, was zur inhaltlichen Integration vom RIFS in den FB EuU beiträgt. SynCom nahm am Workshop und Vorbereitungstreffen von

Helmholtz KLIMA teil. Darüber hinaus initiierte SynCom einen Projektantrag zu effizienterem Shiprouting von Hereon und DNV im Maritimen Forschungsprogramm des BMWK.

Es fanden Treffen mit Bundestagsabgeordneten zu den Themen Frühwarnung vor Naturgefahren, Nachhaltiges Bauen und Landwirtschaft in Mooren statt, zu denen jeweils Factsheets mit Kontaktdetails von Helmholtz-Forschenden erstellt wurden. Zur Vernetzung erfolgten mehrere Zentrenbesuche sowie Teilnahmen an Veranstaltungen von Partnern (z. B. DKK, KDM, GeoX, sDiv, REKLIM, PIK, UBA, französische Botschaft), an der EGU und am Forum Wissenschaftskommunikation.

Vom 4. bis 7. Dezember 2023 reiste SynCom zusammen mit einer Delegation ausgewählter Nachwuchsforschenden der sieben Helmholtz EuU Zentren nach Brüssel. Ziel war es, Einblicke in die Arbeit des Europäischen Parlaments und verschiedener Stakeholder zu Science-Policy Dialogen zu erhalten und in den Dialog zu kommen. Das Programm umfasste unter anderem Treffen mit Europaparlamentsabgeordneten, Vertreter:innen der DG DEFIS und DG Climate Action sowie der Europäische Weltraumorganisation (ESA).

Über das gesamte Jahr hinweg berichtete SynCom in den Sitzungen von SAB, FB-Plattform, Managementbord und Programmbord über Aktivitäten und Fortschritte. Ab November überarbeitete eine aus Vorständ:innen bestehende Arbeitsgruppe die SynCom Governance, wonach das Programmbord nun stärker in die Gestaltung der SynCom Aktivitäten und in die Auswahl der Themen der SynCom eingebunden ist, die AG SynCom entfällt und die SynCom ihre Arbeit noch stärker als bisher an den novellierten Program Objectives ausrichtet.



*1 SynCom im Bundestag, 2 "Scaling-up CDR" Workshop, 3 SynCom Session bei der General Assembly, 4 SynCom im Europaparlament*

### **Forschungspolitisches Ziel: Umsetzung der Digitalisierungsstrategie des Forschungsbereiches**

Die Digitalisierungsstrategie des FB EuU verfolgt die Entwicklung eines gemeinsamen digitalen Ökosystems für die Forschung. Kernelemente sind die Zentren- und Topic-übergreifende Initiative DataHub im FB EuU und das komplementäre DAM-Pilotprojekt "Unterwegs Forschungsdaten". In konsequenter Umsetzung der FAIR-Data und Open Science Prinzipien wird hier der Zugang und das einfache Arbeiten mit Forschungsdaten Kompartiment-übergreifend ermöglicht.

Gemeinsame Qualitätsstandards für Daten, Datenprodukte und Software, sowie generische Viewer und technische Schnittstellen zur Integration relevanter Datenquellen sind die Schlüsselemente für die föderierte Dateninfrastruktur. Dieser in Helmholtz einzigartige Ansatz unterstützt und ermöglicht neue Wege in der inter- und transdisziplinären Zusammenarbeit in PoF IV und darüber hinaus.

Der DataHub liefert einen essentiellen Beitrag für die intensive Anwendung von Data Science und KI-Methoden auf heterogenen Datensätzen und den Aufbau Digitaler Zwillinge. Angelegt als nachhaltige Forschungsdateninfrastruktur für die Programmforschung, die großen Infrastrukturen (LK II) und die Querschnittsaktivitäten (DAM-Forschungsmissionen, MOSES, TERENO etc., siehe Abschnitt 3), entwickelt sich der DataHub selbst zu einer Forschungsinfrastruktur für die Nachnutzung von Daten und Entwicklung neuer Forschungsfragen in der Erdsystemforschung.

Folgende Ziele wurden 2023 umgesetzt:

1. Das übergreifenden Portal [www.earth-data.de](http://www.earth-data.de) dient als zentraler Einstiegspunkt für die Angebote der EuU Dateninfrastruktur und erweitert damit das Portal Deutsche Meeresforschung ([www.marine-data.de](http://www.marine-data.de)).
2. Über das Portal sind mittlerweile über 1 Mio. Datensätze und Publikationen erreichbar.
3. Weitere spezifische Datenprodukte für Politik und Gesellschaft wurden über <https://datahub.erde-und-umwelt.de/> öffentlich zugänglich gemacht.

Die Aktivitäten sind abgestimmt mit den Beiträgen des FB EuU zum Helmholtz Information and Data Science Incubator, insbesondere den vom FB EuU koordinierten Helmholtz Metadata Collaboration Plattform ([HMC](#)), Helmholtz-AI Local Unit EuU und den Data Science Schools HeiBRIDS und MarData.

Die Ergebnisse dieser Initiativen verstehen sich als Beitrag zu der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI), dem National High Performance Computing (NHR) Netzwerk, der European Open Science Cloud (EOSC) und fachspezifischen Netzwerken und Konsortien zur Förderung des Datenzugangs nach FAIR-Prinzipien (z.B. eLTER, EPOS, IAG, FDSN, FID Geo).

#### Forschungspolitisches Ziel: Forschung zu nachhaltigen urbanen Räumen

Die Forschung zu urbanen Räumen nimmt im FB EuU weiterhin einen hohen Stellenwert ein, was auch daran erkennbar ist, wie durch das Fokusthema von Helmholtz KLIMA „Sustainable Cities“ deutlich wird (vgl. Abschnitt 1). Im Vordergrund stehen insbesondere Wechselwirkungen zwischen der natürlichen Umwelt und den Infrastrukturen in den Städten, die städtische Versorgung mit Wasser und Ressourcen sowie Auswirkungen von städtischen Aktivitäten auf die Umwelt. Ein wichtiges Leitprinzip ist dabei das der Resilienz gegenüber dem Klimawandel, d.h. die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit städtischer Gebiete gegenüber extremen Wetterereignissen wie Starkregen, Flussüberschwemmungen, Hitzewellen, Dürren und Erdbeben.

In Fragen der Wasserrückhaltung in der Stadt, die unter den Begriffen "Schwammstadt" sowie "blau-grüne Infrastrukturen" als neue Formen des Wassermanagements in Stadtteilen und Quartieren diskutiert werden, wurde am UFZ das Forschungsprojekt Leipziger BlauGrün u.a. am ehem. Eutritzscher Freiladbahnhof in Leipzig weitergeführt und wissenschaftlich begleitet, das auf einer Fläche von rund 250 Hektar neue Wohn- und Arbeitsquartiere erstellt. Die Forschungsarbeiten bezogen sich dabei einerseits auf hydrologische Modellierungen der Wasserflüsse, andererseits auf Fragen der rechtlichen und institutionellen Umsetzung dieser Formen des städtischen Wassermanagements. Konzeptionell unterstützend wirken dabei wissenschaftliche Arbeiten, die in einem 2023 erschienenen Sammelband des Springer-Verlags „[Die resiliente Stadt: Konzepte, Konflikte, Lösungen](#)“ wiedergegeben sind. Der Band erfuhr seit seinem Erscheinen mehr als 50.000 Downloads von Einzelkapiteln und mehr als

4.000 Downloads des Gesamtbandes, was das hohe öffentliche Interesse an diesem Thema und den Forschungsergebnissen des UFZ aufzeigt.

Zur Förderung der Zusammenarbeit der Forschungsarbeiten in der Helmholtz-Gemeinschaft wurde zudem, folgend auf eine erste Zusammenkunft im Jahr 2022, im November 2023 ein zweiter Forschungs-Workshop in Fulda abgehalten, zu dem Vertreter:innen aus sechs Forschungszentren aus den Forschungsbereichen Erde und Umwelt, Gesundheit und Energie zusammenkamen, um die urbanen Forschungsaktivitäten zum Thema „Resiliente Städte“ weiter zu befördern. Unter anderem von Vertretern des BMBF wurden von den teilnehmenden Wissenschaftler:innen Themen- und Forschungsgebiete aufgespannt, die möglicherweise in Forschungsförderung, aber auch in der nächsten Periode der programmorientierten Forschung Eingang finden können. Die auf dem ersten Workshop diskutierten Themen (1) Urbane Exposition und Klimaextreme, (2) Verschiedene Gefahren, aber ein Risiko und (3) Co-Design von Lösungen für urbane Räume wurden geschärft und vertieft. Ein nächstes Folgetreffen ist für die erste Jahreshälfte 2024 am Climate Service Center in Hamburg vorgesehen.

#### **Forschungspolitisches Ziel: Umsetzung des Personalkonzeptes des Forschungsbereiches**

Im Dezember 2021 beauftragte das MB die zentrenübergreifende Arbeitsgruppe „Talent Management“ mit der Umsetzung von vier der sieben Bausteine des strategischen Personalkonzeptes PoF IV. Mit diesen Bausteinen will der FB EuU optimale Rahmenbedingungen für wissenschaftliche Karrieren und langfristige strategische Kompetenzentwicklung an den beteiligten Helmholtz-Zentren schaffen. Im Jahr 2023 wurden drei Bausteine aktiv bearbeitet:

#### **Baustein „Network“: Netzwerk zur Karriereförderung und -entwicklung im FB EuU:**

Dieser interne Baustein fördert die Vernetzung zwischen Kolleg:innen in Graduiertenprogrammen, Career Centern, Postdoc-Büros und Personalabteilungen, die die (Nachwuchs-)Wissenschaftler:innen des FB EuU in ihrer Qualifikation und Karriere unterstützen. Der regelmäßige fachliche Austausch erfolgt entlang der forschungspolitischen Ziele des BMBF und wird durch eine gemeinsame Kooperationsvereinbarung getragen. Die Arbeitsgruppe hat sich 2023 als produktive Community of Practice erwiesen und ihre Arbeit für den FB EuU auf der General Assembly in Karlsruhe vorgestellt.

**Baustein „Compass“: Mentoring-Programm des FB EuU:** Dieses sich über 18 Monate erstreckende Lern- und Mentoring-Programm unterstützt Postdocs und Wissenschaftsmanager:innen bei ihrer strategischen Karriereentwicklung und Entscheidungsfindung und hilft bei der Suche nach geeigneten Mentor:innen für ihre individuellen Bedürfnisse. Ein aus vier Workshops bestehendes Rahmenprogramm ist speziell auf Karrieresituationen in der Wissenschaft und im Wissenschaftsmanagement zugeschnitten und wird von unserem Partner EAF Berlin durchgeführt. Die erste Kohorte von 24 Teilnehmer:innen bei insgesamt 39 eingegangenen Bewerbungen aus allen Zentren des FB EuU startete im Januar 2023 erfolgreich mit einem Auftaktworkshop. Die zweite Kohorte von 20 Teilnehmenden bei insgesamt 29 Bewerbungen aus allen Zentren des FB EuU wurde im letzten Quartal 2023 ausgewählt und startet im Januar 2024.

**Baustein „Bridging Spheres“: Pop-up Campus für den Dialog zwischen Wirtschaft, Politik, Gesellschaft und Wissenschaft:** Die wissenschaftlichen Erkenntnisse des FB EuU haben einen starken Einfluss auf den öffentlichen und politischen Diskurs zum Klimawandel. Im Baustein „Bridging Spheres – Pop-up Campus“ sollen Wissenschaftler:innen



unterschiedlicher Karrierestufen zum Kompetenzaufbau im Bereich Kommunikation, Dialog und Wissenstransfer am Science-Society-Interface befähigt werden. Im Jahr 2023 wurde das inhaltliche Konzept für dieses Format geschärft und der Pilotdurchgang vorbereitet, der für den 08.-12. April 2024 am KIT-Campus in Garmisch mit 30 ausgewählten Teilnehmenden geplant ist. Die Teilnehmenden sollen mithilfe unterschiedlicher kommunikativer Formate lernen, Brücken zwischen ihrer eigenen Forschung und den verschiedenen gesellschaftlichen Teilsystemen zu schlagen und eine individuelle Toolbox zu entwickeln. Die SynCom-Geschäftsstelle unterstützt die Konzeptionsphase und wird bei der Veranstaltung mit fachlicher Expertise vor Ort sein.

### **3. Entwicklung im Rahmen der programmübergreifenden Aktivitäten**

Querschnittsaktivitäten (*Cross-Cutting Activities*, CCAs) werden unterschieden in *Cooperations across Research Fields* (CARFs) und *Cross-Topic Activities* (CTAs). Sie dienen den übergeordneten Zielen der Helmholtz-Gemeinschaft, Forschungsbereiche zu verbinden, die thematische Profilierung und Vernetzung der Forschungsbereiche zu fördern und die Verbindungen zur deutschen Wissenschaftsgemeinschaft zu stärken und zu organisieren.

Die Projekte ARCHES, ESM und DE wurden bis 2020 unter dem Label "Zukunftsthema" durch den Impuls- und Vernetzungsfonds kofinanziert. 2021 wurden diese Projekte als CTAs über den Innovationspool des FB EuU übergangsweise gefördert („virtueller" Fonds, 1% der LK-I-Mittel) bevor sie seit 2022 in die Programmförderung übergingen (siehe Abschnitte 3.12 - 3.14). Der FB EuU wählte bereits 2021 vier Projekte zur Finanzierung aus dem Innovationspool für die Jahre 2022-2024 aus, die explizit die Programmziele adressieren: SCENIC, HighCO<sub>2</sub>, CASCO und P-LEACH (siehe Abschnitte 3.15 - 3.18).

#### **3.1. Querschnittsthema REKLIM (Regionale Klimaänderungen und Mensch)**

Koordinierende Sprecher: Dr. Klaus Grosfeld, AWI; Prof. Dr. Peter Braesicke, KIT  
Beteiligter Forschungsbereich: *Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr*

Der Helmholtz-Forschungsverbund REKLIM ist ein agiles und aktives Konsortium aus acht Forschungszentren der Helmholtz-Gemeinschaft – Alfred-Wegener-Institut (AWI), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Forschungszentrum Jülich (FZJ), GFZ, Hereon, Helmholtz-Zentrum München (HMGU), KIT, Umweltforschungszentrum (UFZ) –, welches aktuelle Forschung in anwendungsbezogene Entscheidungshilfen überträgt, um Lösungen für gesellschaftliche Fragen und Herausforderungen zu finden. Dazu finden jährliche Workshops statt. Die Informations- und Datenplattform [meereisportal.de](https://meereisportal.de) wurde in eine neue Webarchitektur überführt, um den Ansprüchen moderner Medienbereitstellung gerecht zu werden. REKLIM initiierte verschiedene Symposien mit Kooperationspartnern aus Politik und Behörde, z. B. zu den Themen „Wasserextreme“, „Meeresspiegelanstieg“ und „25 Jahre AWIPEV“, und war an einem parlamentarischen Frühstück „Der Meeresspiegel steigt – was heißt das für Deutschland?“ in Berlin beteiligt (vgl. Abschnitt 2).

#### **3.2. Querschnittsthema HI-CAM**

Koordinierende Sprecher:innen: Prof. Dr. Katja Matthes, GEOMAR; Cluster I: Prof. Dr. Daniela Jacob, Hereon; Cluster II: Prof. Dr. Sabine Attinger, UFZ; Cluster III: Meike Lohkamp

Beteiligte Forschungsbereiche: *Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr, Energie, Gesundheit, Information, Materie*

Mit der Helmholtz Klima-Initiative (HI-CAM) wurde zum ersten Mal forschungsbereichsübergreifend Klimaforschung betrieben und konnten multidisziplinär Lösungsansätze entwickelt werden. In der ersten Phase (2019 - 2022) wurden Forschungen im Bereich Klimaschutz und Anpassung - zwei Seiten derselben Medaille - kombiniert. Insbesondere wurden zwei Cluster mit den wissenschaftlichen Schwerpunkten "Netto-Null bis 2050" (Minderung) und "Anpassung an extreme Ereignisse" (Anpassung) gebildet. Insgesamt haben sich Helmholtz-Wissenschaftler:innen in 13 Forschungsprojekten zusammengeschlossen, um das Thema "Klimawandel" systematisch zu erforschen, die Grenzen zwischen Forschungsdisziplinen zu überschreiten und Antworten auf diese komplexe Herausforderung zu finden. Gleichzeitig lag der Schwerpunkt der Klima-Initiative auf einem aktiven Dialog mit der Gesellschaft. Zu diesem Zweck wurde ein Kommunikationscluster eingerichtet, der eng mit den wissenschaftlichen Clustern verbunden ist. In der ersten Phase wurde die Helmholtz-Klima-Initiative mit 12 Millionen Euro aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds (IVF) finanziert. In der zweiten Phase (2023-2024) wird die Arbeit zur Minderung und Anpassung in fünf Forschungsprojekten fortgesetzt: Realitätsprüfung der Maßnahmen für ein kohlenstoffneutrales Deutschland bis 2050, Technologische Optionen für die Erfassung, Nutzung und Speicherung von Kohlenstoff, Wiedervernässung von Moorflächen als natürliche Klimaschutzmaßnahme, hochauflösende Vorhersagesysteme für hydrologische Extremereignisse in kleinen und mittelgroßen Einzugsgebieten in Deutschland sowie Gesundheitsanpassungsmaßnahmen zur Verhinderung von Hitzebelastungen.

### **3.3. Querschnittsthema Remote Sensing**

Koordinierende Sprecher: Prof. Dr. Martin Riese, FZJ; Prof. Dr. Jan Cermak, KIT; Prof. Dr. Jens Wickert, GFZ

Beteiligter Forschungsbereich: *Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr*

Ein wichtiges Ziel der Querschnittsaktivität (Collaboration across Research Field, CARF) Remote Sensing ist die Netzwerkbildung zur Unterstützung der Auswahl von Satellitenmissionen. Im Jahr 2023 wurde das von CARF-Wissenschaftler:innenn entwickelte CAIRT Konzept (The Changing-Atmosphere Infra-Red Tomography Explorer) in einem mehrstufigen Verfahren als eine von zwei möglichen Missionen für die elfte europäische Erderkundungsmission (EE-11) ausgewählt. Ein wissenschaftliches Highlight war die Analyse tropischer Winddaten der ESA Mission AEOLUS Mission in Hinblick auf großskalige Wellen in Zusammenarbeit mit DLR-Wissenschaftler:innen (Ern et al., ACP, 2023). Ein aktueller Schwerpunkt ist die Auswertung von Daten der deutschen EnMap Mission. Mit mehr als 1800 registrierten Nutzern konnte eine sehr gute Nutzung der hyperspektralen Daten im globalen Maßstab erreicht werden.

### **3.4. Querschnittsthema Geo-Energie**

Koordinierende Sprecher: Prof. Dr. Ingo Sass, GFZ; Prof. Dr. Thomas Kohl, KIT

Beteiligtes Programm: *Materialien und Technologien für die Energiewende (FB Energie)*

Im Querschnittsthema GeoEnergie werden wissenschaftliche Methoden und Technologien zur effizienten Speicherung und nachhaltigen Nutzung geothermischer Energie entwickelt. "GEOZeit" im Rahmen von Helmholtz Energy „Zeitenwende Energieversorgungssicherheit“ strebt eine beschleunigte Entwicklung von Speichertechnologien im Untergrund an. Dabei spielt das Upscaling geothermischer Systeme für den Beitrag zur Wärmewende eine



entscheidende Rolle. Mit dem FB-übergreifenden GeoLaB wurde der Aufbau der Großinfrastruktur (FIS) für die petrothermale Geothermieforschung begonnen, in die über einen gemeinsamen Schwerpunktprogramm (SPP)-Antrag an die Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) auch Universitäten eingebunden sind. Weitere Großprojekte zur Energiespeicherung im Untergrund sind z. B. VESTA, Kompetenzatlas Wasserstoff H<sub>2</sub> und KONATES. Die Herausgabe der Springer-Zeitschrift *Geothermal Energy* (Impaktfaktor 4,2) wurde fortgesetzt.

### **3.5. Querschnittsthema MACE**

Koordinierende Sprecher:innen: Prof. Dr. Beate Escher, UFZ; Dr. Gunnar Gerdt, AWI; Prof. Dr. Michael Schloter, HMGU; Prof. Dr. Uli Schurr, FZJ

Beteiligtes Programm: *Umweltbedingte und metabolische Erkrankungen (FB Gesundheit)*

Mit der Querschnittsaktivität MACE (Mainstreaming Environmental Assessment for Complex Exposure) wird eine Plattform geschaffen, die übergreifende Aktivitäten im Programm „Changing Earth“ und im FB Gesundheit entwickelt. MACE zielt darauf ab, die Ergebnisse der Umwelt- und Gesundheitsforschung zu synthetisieren, um eine lösungsorientierte Risikobewertung und das Management neuartiger Stoffe zu unterstützen, z. B. Chemikalien und andere Arten von Materialien anthropogenen Ursprungs, einschließlich künstlicher (z. B. Plastik) und natürlicher Partikel. Hauptziele sind die Entwicklung und Anwendung von Indikatoren für die Exposition gegenüber Chemikalien, Kunststoffen und anderen neuartigen Stoffen. Diese werden eine Bestandsaufnahme der aktuellen Gesundheitsrisiken durch chemische Mischungen und komplexe Expositionen im Rahmen des Human-Biomonitoring und der Überwachung der Umweltverschmutzung ermöglichen und so zum Schutz von Mensch und Umwelt beitragen. Während der Jahrestagung des Programms „Changing Earth“ im Mai 2023 wurde eine MACE-Breakout-Sitzung mit über 25 Teilnehmer:innen aus verschiedenen Helmholtz-Zentren durchgeführt, um Initiativen im Zusammenhang mit MACE, wie z. B. das SynCom-Projekt „Modernizing Hazard Indicators (ModHaz)“, sowie die Verknüpfung mit dem FB Gesundheit zu diskutieren. Neben dem SynCom Projekt, das einige aktive Teilnehmenden aus dem Helmholtz Zentrum München hat, sind jetzt auch bei einer neuen Initiative zu planetaren Grenzen für Chemikalien Mitglieder aus dem FB Gesundheit dabei.

### **3.6. Querschnittsthema JL-ExaESM: Joint Lab Exascale Earth System Modeling**

Koordinierende Sprecher: Prof. Dr. Martin Schultz, FZJ; Prof. Dr. Thomas Jung, AWI

Beteiligte Programme: *Engineering Digital Futures (FB Information)*, *Raumfahrt (FB Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr)*

Das Projekt JL-ExaESM erhielt im Jahr 2023 nach erfolgreichem Abschluss des Pilot Lab ExaESM eine neue Projektstruktur und -leitung und ist nun in zwei Hauptaktivitäten zu den Themen Exascale Code Scalability und Exascale Data and Workflows organisiert. Die gemeinsame Leitung erfolgt durch Vertreter:innen des AWI, DLR, Jülich Supercomputing Centre (JSC) und KIT aus den beteiligten FBs. Neben der Fortführung bestehender Arbeiten wurde ein monatlicher Austausch zur Förderung der wissenschaftlichen Zusammenarbeit im Hinblick auf den kommenden Exascale-Rechner JUPITER neu etabliert. Im Rahmen des begleitenden Innovationspool-Projektes wurde mit Integration des Themas KI in die JL-ExaESM-Aktivitäten begonnen.

### 3.7. Querschnittsthema BmE: Bioeconomy meets Energy

Koordinierende Sprecher: Prof. Dr. Ulrich Schurr, FZJ; Prof. Dr. Jörg Sauer, KIT

Beteiligte Programme: *Energiesystemdesign* und *Materialien und Technologien für die Energiewende* (beide FB Energie)

Ein neuartiger Prozess mittels biochemischer, (bio-)elektrochemischer, katalytischer, thermo- und/oder photochemischer Verfahren erlaubt die Kopplung von biogenem Kohlenstoff und erneuerbarer elektrischer Energie für Rohstoffe. Im Berichtszeitraum fanden Versuche zu Biodiversitäts-Photovoltaik (PV) statt. Praxisrelevante Systeme mit vertikalen Agri-PV Systemen wurden in die Praxis umgesetzt. Die Helmholtz-Innovationsplattform Solar TAP, getragen von FZJ, KIT und Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB), setzt Impulse für organische PV-Systeme in der Pflanzenproduktion. Prozesse zur Fixierung von Kohlenstoff aus biobasierten Quellen können negative CO<sub>2</sub>Emissionen erzielen (CO<sub>2</sub>-Sequestrierung und Biokohle). Sozio-techno-ökonomische Bewertungen geben Orientierung für die naturwissenschaftlich-technische Entwicklung.

### 3.8. Querschnittsthema Nuclear Repository Research

Koordinierende Sprecher: Prof. Dr. Michael Kühn, GFZ; Prof. Dr. Olaf Kolditz, UFZ; Prof. Dr. Dirk Bosbach, FZJ

Beteiligtes Programm: *Nukleare Entsorgung, Sicherheit und Strahlenforschung (NUSAFE)* (FB Energie)

GFZ und UFZ pflegen eine enge Kooperation in der Endlagerforschung mit den am NUSAFE-Programm beteiligten Helmholtz-Zentren FZJ, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) und KIT (FB Energie). Das abgeschlossene Projekt "iCROSS" wird als neue Initiative zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses fortgeführt. Darüber hinaus beteiligt sich die Gruppe aktiv an Feldexperimenten im Untertagelabor Mont Terri (Schweiz). Alle Partner sind außerdem an der Forschungsinitiative des European Joint Programme on Radioactive Waste Management (EURAD-2) beteiligt. Daneben bringen sich GFZ und UFZ aktiv ein in die internationale Initiative DECOVALEX-2027 mit Expertise in experimenteller Forschung und Informatik.

### 3.9. Querschnittsthema MOSES: Modular Observation Solutions for Earth Systems

Koordinierende Sprecherin: Dr. Ute Weber, UFZ

Beteiligte Forschungsbereiche: *Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr; Gesundheit*

MOSES ist ein gemeinsames Beobachtungssystem des FB EuU, das aus flexiblen und mobilen Beobachtungsmodulen besteht und darauf ausgelegt ist, die Auswirkungen kurzfristiger Ereignisse auf die langfristige Entwicklung von Erd- und Umweltsystemen zu untersuchen. Im Jahr 2023 wurden umfangreiche Messkampagnen durchgeführt: zu hydrometeorologischen Extremen in der Region Schwäbische Alb, zu Elbe-Niedrigwasser und -Hochwasser von der Quelle bis zur Deutschen Bucht sowie zum abrupten Tauen von Permafrost auf Spitzbergen. Im Themenfeld hydrometeorologische Extreme wurden die Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) i. R. eines Kooperationsvertrags sowie der Austausch mit den Hochwasserzentralen intensiviert. 2023 sind 16 Publikationen aus MOSES-Aktivitäten hervorgegangen, davon fünf unter Beteiligung von drei oder mehr Helmholtz-Zentren.

### **3.10. Querschnittsthema TERENO: Terrestrial Environmental Observatories**

Koordinierender Sprecher: Prof. Dr. Harry Vereecken, FZJ

Beteiligter Forschungsbereich: *Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr*

TERENO ist ein interdisziplinäres Beobachtungsnetz zur Untersuchung der Auswirkungen des globalen Wandels auf terrestrische Ökosysteme durch eine kontinuierliche Langzeit-Umweltbeobachtung, wozu auch die Entwicklung wissenschaftlicher Methoden und die kontinuierliche Verbesserung der Dateninfrastrukturen gehören. Im Rahmen von DataHub entwickeln z.Z. FZJ und AWI im Projekt „Earth Data Portal“ einen TERENO-Viewer, der modernste Webtechnologien in einem hochgradig modularen und konfigurierbaren Rahmen nutzt. Im September 2023 fand die 2. TERENO-OZCAR Konferenz in Bonn statt, die vom FZJ organisiert wurde. Rund 170 Forscher aus etwa 20 Ländern nahmen an der Konferenz teil, etwa 50 weitere Teilnehmer besuchten die Konferenz online. In mehr als 80 Vorträgen und 70 Posterpräsentationen wurden die Teilnehmer über die neuesten Entwicklungen in der Forschung der „Critical Zone“ informiert. Sie bezeichnet die Oberfläche der Erde, in der komplexe Wechselwirkungen zwischen Gestein, Boden, Wasser, Luft und lebenden Organismen den natürlichen Lebensraum regulieren und die Verfügbarkeit von lebenserhaltenden Ressourcen bestimmen.

### **3.11. Querschnittsthema Extremes: Extreme Events in a Changing World**

Die ursprünglich für dieses Querschnittsthema vorgeschlagenen Aktivitäten wurden nicht aufgenommen; stattdessen werden die vorgesehenen Aufgaben innerhalb der Topics bzw. anderer Cross-Centre Activities (CCAs) und SynCom-Projekte durchgeführt. So wurden z. B. im SynCom-Pilotprojekt „Early Warning For Natural Hazards“ und in der Cross-Topic Activity (CTA) MOSES (siehe Abschnitt 3.9) im Rahmen von internen Syntheseworkshops Forschungsaktivitäten im Bereich der Frühwarnung identifiziert.

### **3.12. Querschnittsthema ESM: Advanced Earth System Modeling Capacity Planned**

Koordinierender Sprecher: Prof. Dr. Thomas Jung, AWI

Beteiligter Forschungsbereich: *Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr*

Die Aktivitäten in diesem Projekt wurden 2023 nicht fortgesetzt, da sich der Fokus auf die EU Initiative *Destination Earth* und *Foundation Models* verlagert hat. Destination Earth ist eine Leitinitiative der Europäischen Kommission, die darauf abzielt, ein hochgenaues digitales Modell der Erde zu entwickeln – einen digitalen Zwilling der Erde –, um natürliche Phänomene, Gefahren und die damit verbundenen menschlichen Aktivitäten zu modellieren, zu überwachen und zu simulieren. Foundation Models, auch als Grundmodelle oder Basismodelle bezeichnet, sind KI-Computermodele, die durch maschinelles Lernen für spezifische Anwendungen trainiert werden. Diese Modelle können dazu verwendet werden, komplexe Zusammenhänge im Erdsystem zu modellieren und zu simulieren.

### **3.13. Querschnittsthema DE: Digital Earth – Towards Smart Monitoring and Integrated Data Exploration of the Earth System**

Koordinierender Sprecher: Prof. Dr. Jens Greinert, GEOMAR

Digital Earth ist als (finanziertes) Projekt im Juni 2022 nach zweimaliger kostenneutraler Verlängerung ausgelaufen. In der PoF IV wird es dennoch als CTA fortgesetzt. Die durch Digital Earth angestoßenen Data-Science-Aspekte im FB EuU sind in eine Vielzahl von Aktivitäten übergegangen und werden dort ständig weiterentwickelt (z. B. die MarDATA

Research School, die Data Science Unit am GEOMAR, Softwareentwicklungen wie der Digital Earth Viewer). All dies passiert zwar nicht unter dem Branding von Digital Earth, aber diese CTA versteht sich nach wie vor als Multiplikator, um von der Wissenschaft getriebene Impulse für die Digitalisierung innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft zu setzen. Sie arbeitet als eine flexible und offene Arbeitsgemeinschaft und agiert als selbstverantwortliche *AG Digital Earth* als Fortführung der DE Steering Group. Sie steht der AG Digitalisierung durch zentreninternen Austausch beratend zur Seite. Die AG Digital Earth verantwortet keine offiziellen Aufgaben oder Berichtspflichten, hat aber das gemeinsame Bekenntnis, die DE-Webseite als Informationsplattform weiter zu pflegen.

### **3.14. Zukunftsprojekt ARCHES: Autonomous Robotic Networks to Help Modern Societies**

Koordinierende Sprecher: Prof. Dr. Alin Albu-Schäffer, DLR; Dr. Armin Wedler, DLR; Dr. Frank Wenzhöfer, AWI; Dr. Stefan Sommer, GEOMAR

Beteiligte Programme: *Raumfahrt* (FB *Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr*), *Autonome Systeme* und *Nukleare Entsorgung, Sicherheit und Strahlenforschung* (NUSAFE) (FB *Energie*)

Die Aktivitäten in diesem Projekt wurden 2023 nicht fortgesetzt, da sich der Fokus auf das in 2023 gestartete Helmholtz Projekt „IFoodIs“ (Sustainability Challenge) verlagert hat. Das übergeordnete Ziel des abgeschlossenen Helmholtz-Zukunftsprojekts ARCHES (2018–2022), das aus einem Konsortium der Helmholtz-Zentren DLR, AWI, GEOMAR und KIT bestand, war die gemeinsame Entwicklung von heterogenen, autonomen und vernetzten Robotersystemen für die Raumfahrt, für die Tiefsee und für den Rückbau von Kernkraftanlagen. In dem neuen gemeinsamen Projekt von DLR, Geomar, AWI geht es um gemeinsame Entwicklung von Robotersystemen und Sensorik für eine nachhaltigere Landwirtschaft.

### **3.15. Innovationspoolprojekt SCENIC**

Koordinierende Sprecher: Dr. Helge Goessling, AWI; Prof. Dr. Luis Samaniego, UFZ

SCENIC hat 2023 wesentliche Fortschritte erzielt. Es wurden erweiterte Datensätze globaler und regionaler Storylines erstellt (M1.2+1.3). Auf dieser Grundlage hat das Konsortium analysiert, wie sich Extremereignisse in Europa in verschiedenen Klimazuständen entwickeln würden (M2.2). Dies war die Grundlage für mehrere veröffentlichte oder in Vorbereitung befindliche Publikationen sowie für erfolgreiche Wissenschaftskommunikation (M3.1). Darüber hinaus hat SCENIC Grenzen der aktuellen Nudging-basierten Storyline-Technik herausgearbeitet, insbesondere in Bezug auf extreme Niederschläge, und die Grundlage für eine Synthesestudie über die europäischen Hitze- und Dürresommer 2018–2022 gelegt.

### **3.16. Innovationspoolprojekt High-CO2**

Koordinierende Sprecher: Dr. Jens Kallmeyer, GFZ(Lead PI); Prof. Dr. Michael Bott, Björn Usadel, Dr. Dietrich Kohlheyer, alle FZJ; Dr. Sebastian Hölz, GEOMAR

Die Hauptziele des Projekts sind die Erforschung der physiologischen Anpassung von mikrobiellen Gemeinschaften und einzelnen Mikroben an sehr hohe CO<sub>2</sub>-Konzentrationen sowie die Erforschung der mikrobiellen Nutzung von CO<sub>2</sub> zur Etablierung von CO<sub>2</sub>-basierten bioökonomischen Wertschöpfungsketten. 2023 wurden im Eger Rift zwei Tiefenwasserproben zur genomischen Analyse der mikrobiellen Gemeinschaft entnommen. Metagenomische und bioinformatische Auswertungen identifizierten mikrobielle Genome und Stoffwechselwege zur

CO<sub>2</sub>-Fixierung. Erste Bakterienstämme zur CO<sub>2</sub>-Fixierung in 3-Hydroxypropionat, einer Vorstufe für verschiedene Chemikalien, wurden biotechnologisch entwickelt. Der verbesserte mikrofluidische Kultivierungschip mit schnellem, kontrolliertem Gasaustausch wurde erfolgreich mit *Escherichia coli* und verschiedenen Cyanobakterien getestet. Bathymetrische Daten und Proben für geochemische, mikrobielle und metagenomische Studien wurden am Grimsey Hydrothermal Field genommen und werden derzeit analysiert.

### **3.17. Innovationspoolprojekt CASCO**

Koordinierende Sprecher:innen: Dr. Cecilia Nievas (GFZ), Dr. Alexey Androsov (AWI), Dr. Laurens Bouwer (Hereon), Prof. Dr. Morelia Urlaub (GEOMAR)

Das CASCO-Projekt hat im Jahr 2023 erhebliche Fortschritte gemacht. Neben einem dreitägigen Präsenztreffen fand ein *Field trip* in das Fallgebiet in Sizilien statt, wobei der Fokus auf Gebäuden und potenziellen Überschwemmungs-/Tsunami-Bedingungen lag. Eine systematische Umfrage an der sizilianischen Ostküste wurde abgeschlossen, um mögliche Unterwasser-Erdrutsche und Tsunamis zu erkunden, Strategien für konsistente Multi-Gefahren-Expositionsmodellierung in verschiedenen Auflösungen zu entwickeln und Datenreduktionstechniken anzuwenden, um Unsicherheiten bei den Tsunami-Auslösern zu erfassen. Außerdem wurden extreme Niederschlags- und Hitzewellenereignisdaten weiterentwickelt und Flash-Flood-Ereignisse simuliert. Die vollständige Gefahren-Folgen-Kette, einschließlich der Auswirkungsinteraktionen, wurde kontinuierlich aufgebaut.

### **3.18. Innovationspoolprojekt P-LEACH**

Koordinierende Sprecher:innen: Prof. Dr. Annika Jahnke, UFZ; Dr. Gunnar Gerdt, AWI

Im interaktiven Aufbau von P-LEACH haben die Teams am UFZ, AWI, Hereon und GEOMAR Verfahren zur chemischen und bioanalytischen Charakterisierung von Chemikalien und Partikeln aus verwitterndem Plastik entwickelt. Die Postdoktoranden arbeiten an gemeinsamem Material, sowohl speziellen Kunststoffgranulaten mit bekannten Additiven als auch Produkten, die wahrscheinlich UV-Stabilisatoren enthalten. Unsere bevorstehenden Mesokosmos-Experimente, die kleine Ökosysteme simulieren, um die Aufnahme von Plastikadditiven in Biofilm und Schnecken zu untersuchen, ergänzen die gemeinsame Feldarbeit (MOSES-Elbe-Kampagne) und maximieren die Synergien zwischen den Teilprojekten. Das Konsortium wächst dank der Beiträge weiterer Wissenschaftler mit ergänzendem Fachwissen. Erste Manuskripte stehen kurz vor der Einreichung.

### **3.19. Innovationsplattform SOOP: Shaping an Ocean Of Possibilities**

Koordinierende Sprecher:innen: Dr. Toste Tanhua, Dr. Jessica Gier, beide GEOMAR

Die Helmholtz Innovationplattform SOOP – *Shaping an Ocean of Possibilities for science industry collaboration* beschäftigt sich seit März 2023 mit der Frage, wie Innovationen für einen nachhaltigen Umgang mit den Weltmeeren geschaffen werden können. Bei SOOP arbeiten GEOMAR, AWI und Hereon mit Partnern aus Industrie, Zivilgesellschaft und Wissenschaft zusammen. Ende 2023 waren 63 Personen, verteilt auf fünf Arbeitspakete, in SOOP aktiv. Dadurch können sechs Transferprojekte im Bereich Technologie vorgewiesen werden, drei im Bereich Ozeanbeobachtung und drei im Bereich Daten und Information. So eruiert die Kooperation mit POGO (Partnership for Observation of the Global Ocean) die Ozeanbeobachtungsbedarfe im globalen Süden, um mit Sensorherstellern innovative, kostengünstige Lösungen zu entwickeln.

## 4. Strategische Themen

### 4.1. Talentmanagement

Die Zentren des FB EuU bieten eine Vielzahl von Talentmanagement-Programmen an, die darauf abzielen, übergreifende Fähigkeiten zu vermitteln, die Chancengleichheit zu verbessern, Beruf und Familie in Einklang zu bringen, den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern und Vernetzungs- und Austauschmöglichkeiten zu bieten (z. B. PhD-Days). Junge Wissenschaftler:innen werden durch Programme wie Graduiertenschulen, Promotions- und Mentorenprogramme, Coaching, Karriereberatung und Workshops zur Entwicklung von (Führungs-)Kompetenzen unterstützt. Die Verbesserung der Chancengleichheit und der Vereinbarkeit von Familie und Beruf erfolgt durch Beratung und soziale Unterstützung, Vorträge und Online-Schulungen, z. B. in Form des Workshops, Kinderbetreuungsangebote, die Bereitstellung von haushaltsnahen Dienstleistungen und flexible Arbeitsmodelle. Diese Instrumente werden regelmäßig überprüft und durch Zertifikate bestätigt, wie beispielsweise das *Total E-Quality-Prädikat* (FZJ, GEOMAR, UFZ), das Audit familiengerechte Hochschule“ (KIT), das „audit berufundfamilie“ (AWI, KIT) oder die „Charta der Vielfalt“ (GEOMAR, Hereon, UFZ).

Mit dem strategischen Personalkonzept für die PoF IV will der FB EuU optimale Rahmenbedingungen für wissenschaftliche Karrieren und langfristige strategische Kompetenzentwicklung an den beteiligten Helmholtz-Zentren schaffen. Im Jahr 2023 wurden drei Bausteine aktiv bearbeitet (vgl. Abschnitt 2).

Wichtige Instrumente zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses sind Nachwuchsgruppen sowie auf der W2/W3-Ebene das Rekrutierungsprogramm Helmholtz Distinguished Professorship und das Professorinnenprogramm 2030 (W2/W3-Programm):

#### Nachwuchsgruppen

- Dr. Doreen Kohlbach, AWI, Helmholtz-Nachwuchsgruppe: „DOUBLE-TROUBLE: Resilience and vulnerability of the Central Arctic Ocean food web to cumulative stress by climate change and anthropogenic pollution“, vsl. Start Nov. 2024.
- Dr. Johanna Nyffeler, UFZ, Helmholtz-Nachwuchsgruppe: „New approach methods for high-throughput ecotoxicology (HiTEC)“, seit 01.01.2023.
- Dr. Eva Pfannerstill, FZJ Helmholtz-Nachwuchsgruppe: „Climate stress impacts on forest emissions and secondary organic aerosol formation“, Bewilligung: 11/2023, Laufzeit geplant: 01.10.2024 bis 30.09.2029.
- Dr. Lettie Roach, AWI, Helmholtz-Nachwuchsgruppe: „Understanding the drivers of Southern Ocean SST and sea ice change: from the satellite era to a warmer world“, Start vsl. Nov. 2024.
- Dr. Verónica Rodríguez Tribaldos, GFZ, Helmholtz-Nachwuchsgruppe: „InDySE – Interrogating the Dynamic Shallow Earth“, Bewilligung: 11/2023, Laufzeit geplant: 01.07.2024 bis 30.06.2029.
- Dr. Nivedita Sairam, GFZ, BMBF-FONA-Nachwuchsgruppe: „HI-CLiF - What is beyond the rising economic flood impacts? Understanding and modelling the Health Impacts under future Climate and socio-economic drivers of the Flood Risk System“, Laufzeit: 01.03.2023 bis 29.02.2028.

- Dr. Anja Worrich, UFZ, Nachwuchsgruppe im Emmy-Noether-Programm der DFG "Antibiotics at the soil-plant nexus: High-resolution insights into bacterial biotransformation, effects on bacterial metabolic activities and consequences for plant health", Start vrs. erste Jahreshälfte 2024.
- Dr. Kristin Schubert, UFZ, Nachwuchsgruppe im Emmy-Noether-Programm der DFG "Deciphering the molecular mechanisms of metabolism-disrupting chemicals during the interplay of adipocytes and macrophages", Start vrs. erste Jahreshälfte 2024.
- Dr. Emanuele Bevacqua, UFZ, Nachwuchsgruppe im Emmy-Noether-Programm der DFG "Advancing the Investigation of compound events via large ensemble climate model simulations", Start vrs. erste Jahreshälfte 2024.

## **W2/W3 Programme (Helmholtz Distinguished Professorship, Professorinnenprogramm 2030)**

- Dr. Mar Fernández-Méndez, AWI/Uni Bremen, W2-Professur „Marine algae and ocean solutions“, vsl. SoSe 2025.
- Dr. Patricia Martínez-Garzón (GFZ, RWTH Aachen) W2-Professur “A multi-scale approach to link deformation transients and seismic hazard in faults and geo-reservoirs“, xx/2024.
- Dr. Marilena Oltmanns, AWI/Uni Bremen, W2-Professur „Ozean- und Klimadynamik der hohen Breiten“, vsl. SoSe 2025.
- Dr. Laura Wallace, GEOMAR, Helmholtz Distinguished Professorship

## **4.2. Vernetzung**

Dieses Kapitel enthält eine Liste der verschiedenen externen Partner, Universitäten und Konsortien, mit denen der FB EuU zusammenarbeitet, und zeigt die vielfältigen Methoden auf, mit denen Vernetzung und Zusammenarbeit umgesetzt werden.

Exzellenzinitiativen stärken den Aufbau von Netzwerken mit Universitäten. Drei Zentren des FB EuU kooperieren in vier Exzellenzclustern mit Universitäten, siehe Tabelle 4-1.

Tabelle 4-1: Exzellenzcluster des FB EuU mit Universitäten

| Name des Exzellenzclusters                                                   | Partner                                                                                                               | Gründungsjahr |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Robotics and Phenotyping for Sustainable Crop Production ( <i>PhenoRob</i> ) | University of Bonn, FZJ                                                                                               | 2019          |
| <i>Cluster of Excellence on Plant Sciences</i> (CEPLAS)                      | Heinrich Heine Universität Düsseldorf, Universität Köln, Max Planck Institut für Pflanzenzüchtungsfor-<br>schung, FZJ | 2019          |
| <i>MARUM</i> "The Ocean Floor - Hidden Interface of the Earth"               | Universität Bremen, AWI                                                                                               | 2019          |
| <i>Cluster of Excellence Climate, Climate Change and Society</i> (CLICCS)    | Universität Hamburg, Hereon                                                                                           | 2019          |

Mehrere Zentren des FB EuU beteiligen sich an der Bewerbung für neue Exzellenzcluster in der kommenden zweiten Wettbewerbsphase der Exzellenzstrategie der Bundesregierung. Die nächste Ausschreibungsrunde für Folgecluster ab 2027 läuft aktuell.

Der FB EuU hat aktuell zwei Helmholtz-Institute: das Helmholtz Institute for Climate Service Science (HICSS) in Hamburg und das Helmholtz-Institut für Funktionelle Marine Biodiversität an der Universität Oldenburg (HIFMB). Im Herbst 2022 hat der FB EuU einen Vollantrag für das Helmholtz-Institut Freiburg für Stadtklima und Umweltwissenschaften eingereicht. Bei der aktuellen Runde zur Gründung neuer Helmholtz-Institute war der Antrag von KIT und Albert-Ludwigs-Universität Freiburg leider nicht erfolgreich.

Die drei Helmholtz-Zentren mit Schwerpunkt Meeresforschung – AWI, GEOMAR, Hereon – sind Mitglieder der DAM. Hier haben sich 24 Universitäten sowie außeruniversitäre und Ressortforschungseinrichtungen zusammengeschlossen, um die Meeresforschung in Deutschland zu bündeln. Ziel ist, durch eine enge Zusammenarbeit der jeweiligen Mitgliedsinstitutionen konkretes Handlungswissen für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft bereitzustellen und damit den nachhaltigen Umgang mit Küsten, Meeren und Ozeanen zu stärken. Die lösungsorientierten DAM-Forschungsmissionen greifen aktuelle, gesellschaftlich relevante Themen der Meeresforschung auf: Die Missionen „Marine Kohlenstoffspeicher als Weg zur Dekarbonisierung“ (koordiniert von GEOMAR und dem Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde, IOW) und „Schutz und nachhaltige Nutzung von Meeresgebieten“ (koordiniert von Hereon, AWI) starteten 2021, der Start der dritten DAM-Forschungsmission „Wege zu einem verbesserten Risikomanagement im Bereich mariner Extremereignisse und Naturgefahren“ im Januar 2024 wurde 2023 vorbereitet. Zwei der vier Verbundprojekte der dritten Mission werden vom GEOMAR, eines vom AWI koordiniert. Im Jahr 2022 hat die zweite Phase des Pilotprojekts „Unterwegsdaten“ begonnen, welches das Datenmanagement auf deutschen Forschungsschiffen nachhaltig verbessern und deren Integration in Dateninfrastrukturen wie MareHub ermöglichen soll. AWI, GEOMAR und Hereon beteiligen sich aktiv an den Aktivitäten der DAM, inkl. politischer Kommunikation. Mit GEOMAR-Direktorin Prof. Dr. Katja Matthes ist die Helmholtz-Gemeinschaft seit 2021 im DAM-Vorstand vertreten.

Das UFZ beteiligt sich an Destination Earth – Climate Adaptation Digital Twin: Die Zusammenarbeit von zwölf Partnern, von nationalen Wetterdiensten über Supercomputing-Zentren bis hin zu einigen der führenden europäischen Klimaforschungsinstitute, zielt darauf ab, ein konfigurierbares Klimainformationssystem bereitzustellen, das globale Klimasimulationen über mehrere Dekaden mit einer Auflösung von fünf Kilometern oder weniger ermöglicht. Das FZJ beteiligt sich zudem am Use Case „Air Quality Forecasting Analysis System“ von Destination Earth, in dem unter anderem der Einfluss von Extremereignissen auf die Luftqualität in Europa in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung untersucht wird.

Das 2012 gegründete Deutsche Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) wird als DFG-Forschungszentrum von den Universitäten Leipzig, Halle-Wittenberg und Jena in Kooperation mit dem UFZ betrieben. Im Berichtsjahr wurden die formalen Voraussetzungen für eine Verstetigung nach dem Ende der DFG-Förderung im Herbst 2024 geschaffen.

Das Konsortium für Erdsystemwissenschaften (NFDI4Earth) als Vernetzungskomponente zum Thema Datenmanagement ist ein wesentlicher Bestandteil der NFDI und bringt die führenden nationalen Institutionen (insgesamt 61 Partnerinstitutionen) in den Erdsystemwissenschaften zusammen (vgl. Abschnitt 2). NFDI4Earth ist eines von zehn Konsortien mit einer Laufzeit von fünf Jahren, beginnend 2021. Alle Zentren des FB EuU sowie das DLR und das Helmholtz Coastal Data Center (HCDC) sind an diesem Konsortium beteiligt. NFDI4Earth wird von der TU Dresden koordiniert.



Einen wesentlichen Beitrag zur Stärkung der zentrenübergreifenden Zusammenarbeit im Forschungsbereich und in der Vernetzung mit nationalen und internationalen Partnern bildet der DataHub des FB EuU (vgl. Abschnitt 2). Der DataHub ist eingebettet in den Aufbau der NFDI, sowie der European Open Science Cloud (EOSC), dem europäischen Hub für Forschungsdaten, Tools und Dienstleistungen für Innovation und Bildung. Darüber hinaus werden die Vernetzung mit anderen datenhaltenden Quellen im Bereich der Erdsystemwissenschaften wie beispielsweise die nationale Geodateninfrastruktur GDI-DE oder die nationale Infrastruktur für marine Daten MDI-DE angestrebt.

GEOMAR und Hereon sind an der vom BMBF finanzierten Partnerschaft WASCAL (West African Science Service Centre on Climate Change and Adapted Land Use) beteiligt. WASCAL ist ein großangelegtes, forschungsorientiertes Klimaservicezentrum, das die Widerstandsfähigkeit der menschlichen und ökologischen Systeme gegenüber dem Klimawandel und den zunehmenden Schwankungen verbessern soll. Dies geschieht durch den Ausbau der Forschungsinfrastruktur und -kapazitäten in Westafrika im Zusammenhang mit dem Klimawandel sowie durch die Bündelung der Expertise von zehn westafrikanischen Ländern und Deutschland. Das FZJ ist zudem am Projekt H<sub>2</sub>ATLAS-AFRICA beteiligt, in dem zusammen mit Partnerinstituten der Partnerschaften WASCAL- und SASSCAL (Southern African Science Service Centre for Climate Change and Adaptive Land Management) die Potentiale der grünen Wasserstoffproduktion in der Subsahara-Region zu erforschen.

Der folgende Abschnitt enthält eine beispielhafte Auswahl von Beiträgen des FB EuU zu nationalen und internationalen Forschungsinfrastrukturen.

EPOS (European Plate Observing System) ist eine europäische Forschungsinfrastruktur (ERIC). Deutschland nimmt bei EPOS weiterhin eine Beobachterrolle ein. Ziel ist es von dieser in 2025 in den vollwertigen Mitgliederstatus zu wechseln. Der vom GFZ initiierte und koordinierte thematische Kern-Service (TCS) „Tsunami“ wurde auf der EPOS-Generalversammlung im Dezember 2023 vom Kandidatenstatus in den Vollstatus gehoben.

EMPHASIS ist eine verteilte ESFRI-Forschungsinfrastruktur zur Pflanzenphänotypisierung, die 2016 auf Antrag des BMBF in die ESFRI-Roadmap aufgenommen wurde. Im Jahr 2023 wurde durch mit dem Beginn des Projekt EMPHASIS-GO am FZJ der Start der volloperationalen Betriebsphase der Infrastruktur eingeläutet.

In-service Aircraft for a Global Observing System (IAGOS) ist eine europäische Forschungsinfrastruktur für globale Beobachtungen der Zusammensetzung der Atmosphäre aus Verkehrsflugzeugen. Im Berichtsjahr wurden erste Testflüge des IAGOS-CARIBIC Messmoduls in einem Flugzeug des Typs Airbus A350 der Lufthansa getestet, welches ab 2024 regelmäßig Daten für IAGOS sammeln soll.

eLTER ist eine europäische Infrastruktur, für deren Aufbau Deutschland (BMBF) die Führungsrolle mit dem koordinierenden Head Office am UFZ übernommen hat. Mit eLTER und der transdisziplinären Expertise aus 19 Partnerländern werden die wissenschaftlichen Kapazitäten zur Verfügung gestellt, um das Verständnis der kombinierten Auswirkungen von Klimawandel, Verlust der biologischen Vielfalt, Bodendegradation, Verschmutzung und nicht nachhaltiger Ressourcennutzung auf europäische Land-, Süßwasser- und Küstenökosysteme zu verbessern. Das neu eingeworbene EU-Infrastrukturprojekt *eLTER EnRich* zielt darauf ab, den Prozess der Formalisierung von eLTER als paneuropäische Rechtsform zu einem erfolgreichen Abschluss zu bringen.

Die Europäische Kommission hat das Projekt zur Atmosphärenforschung ACTRIS (Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure) offiziell als Konsortium für eine europäische

Forschungsinfrastruktur (ERIC), anerkannt. Europaweit sind mehr als 100 Institutionen beteiligt, die zusammen die größte standortübergreifende Infrastruktur der Welt für die Atmosphärenforschung bilden. Das Ziel von ACTRIS ist es, bessere Vorhersagen von Luftqualität, Wetter und Klima zu ermöglichen. Der deutsche Part (ACTRIS-D) besteht aus elf Universitäten, Behörden und wissenschaftlichen Einrichtungen – darunter das FZJ, KIT und AWI. Koordiniert wird ACTRIS-D vom Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (TROPOS) in Leipzig.

#### **4.3. Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft**

Ziel dieses Kapitels ist es, Beispiele aus dem Berichtszeitraum vorzustellen, in denen Forschungsleistungen über die akademische Gemeinschaft hinaus Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft hatten.

##### **Wirkungskategorie 1: Technologietransfer**

Aus dem durch die Bundesagentur für Sprunginnovationen (SPRIND) geförderten Projekt „C-CAUSE“ (Chemical Carbon Utilization through Sargassum Economy) wurde am 23.3.2023 das Startup MacroCarbon SL mit Sitz in Gran Canaria aus dem AWI ausgegründet. In Kooperation mit dem AWI und weiteren Partnern wie GEOMAR, BASF, Seafields und Carbonwave soll die Herstellung von Grundstoffen für die chemische Industrie aus Makroalgen entwickelt und hochskaliert werden. SPRIND fördert das Startup mit 2,3 Millionen Euro.

Im Jahr 2023 wurden wie im Vorjahr drei neue Unternehmen aus dem GFZ heraus gegründet. Bei den Ausgründungen handelt es sich um die GreenGate Genomics GmbH (Services im Bereich bioinformatischer Lösungen für komplexe Mikrobiome), die fluxtec GmbH (Services für die hochauflösende Gasemissionskartierung, z. B. für Geothermie-Exploration) und die FOMON GmbH (Services zum Monitoring von Infrastrukturen und geothermische Anwendungen mit Faseroptik). Alle drei Spin-offs haben Lizenz- bzw. Nutzungsverträge mit dem GFZ abgeschlossen und wurden zuvor durch Helmholtz Enterprise gefördert.

Im Frühjahr 2023 ist das Team von E-Tech PRO-Diols (Enzym-Technologie zur Produktion von chiralen Diolen, FZJ) in die zweijährige Projektphase im Rahmen der Helmholtz-Förderung der Validierungsprojekte (Transferkampagne) gestartet. Das enzymatische Verfahren zur Herstellung hochwertiger Diole soll auf einen marktrelevanten Maßstab skaliert werden, dabei besonders ressourcenschonend und ökonomisch sein und anschließend in Form einer Ausgründung auf den Markt gebracht werden.

Das neue Forschungsschiff des Hereon, CORIORIS, wird derzeit bei der Hitzler Werft in Lauenburg gebaut. Der Auftrag wurde 2022 vergeben. Es wird ein interdisziplinäres Spektrum aus Küsten-, Werkstoff-, Wasserstoff- und Membranforschung abdecken und damit eine Forschungs- und Innovationsplattform für die Schifffahrt von morgen sein. Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) unterstützt im Rahmen seiner Förderrichtlinie BordstromTech-II die Beschaffung, Erprobung und den Transfer eines Wasserstoffsystemlabors für die Erzeugung von Bordstrom für die CORIORIS. Insbesondere das Wasserstoffsystemlabor an Bord der CORIORIS wird u.a. die zukünftige Gestaltung von Genehmigungsverfahren beeinflussen und Wissen für den Transfer, Entscheider:innen und die Öffentlichkeit bereitstellen.

Die Helmholtz-Innovationsplattform SOOP (siehe Abschnitt 3.19) wurde mit 11 Millionen Euro gefördert. Die drei Helmholtz-Zentren AWI, GEOMAR und Hereon arbeiten an dem Aufbau nachhaltiger Meeresbeobachtungsstrukturen im wachsenden Markt der New Blue Economy.

Ziel ist es, ein „Meer der Möglichkeiten“ für Kooperationen zwischen Wissenschaft und Industrie im Bereich der Meerestechnik und -dienstleistungen zu schaffen. Mit SOOP sollen die Entwicklung neuer Messgeräte, insbesondere modularer Sensoren, unterstützt werden. Diese Sensoren können auf Schiffen eingesetzt werden, die nichtwissenschaftlichen Zwecken dienen, z. B. auf privaten Segelbooten. Die so gesammelten ozeanografischen und klimarelevanten Daten werden dann auf einer gemeinsam betriebenen digitalen Plattform zusammengeführt. Mit Hilfe dieser Daten können Modelle des Ozeans erstellt werden, die Temperatur, Salzgehalt, Strömung und andere Kenngrößen simulieren. So können die Wissenschaftler:innen Hinweise auf den Zustand der Meere geben und effektive Frühwarnsysteme ausarbeiten.

## **Wirkungskategorie 2: Wissen für Entscheider:innen**

Das UFZ und das Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz sind eine strategische Kooperation auf dem Gebiet der Forschung zu Wasserknappheit/Niedrigwasser und damit verbundenen Anpassungsstrategien an den Klimawandel eingegangen. Ziel der auf vorerst vier Jahre angelegten Kooperation ist es, gemeinsam wissenschaftsbasierte Maßnahmen zur aktiven Vorsorge zu entwickeln und die Schadenspotenziale von klimatischen Extremereignissen zu begrenzen. Den Auftakt bildete im März 2023 ein gemeinsamer Design-Thinking-Workshop, auf dessen Grundlage thematische AGs in weiteren Stakeholder-Workshops die Entwicklung konkreter Handlungsempfehlungen vorantreiben.

Ein webbasiertes Entscheidungshilfe-Tool für die Grünlandbewirtschaftung: Das Ziel des Projekts SUSALPS (Nachhaltige Nutzung von Grünland in den Alpen und im Alpenvorland im Klimawandel), das vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU) des KIT seit 2017 koordiniert wird, ist die Verbesserung des Kenntnisstandes der Auswirkung derzeitiger und zukünftiger Klima- und Bewirtschaftungsbedingungen auf wichtige Ökosystemfunktionen von Grünlandböden unter Berücksichtigung regionsspezifischer sozio-ökonomischer Rahmenbedingungen. Auf Basis dieser Erkenntnisse werden nachhaltige Bewirtschaftungsformen für Grünland in den Alpen und im Alpenvorland entwickelt, die die Klimaschutzfunktion dieser Böden unterstützen. Hierzu zählt auch das ausgearbeitete webbasierte Entscheidungshilfe-Tool für Landwirte und Interessensgruppen zur Simulation der aktuellen und klimawandelbedingten Auswirkungen der Grünlandbewirtschaftung auf Erträge und Bodenfunktionen. Dieses wird in engem Dialog mit einer Vielzahl an interessierten Stakeholdern und Praktikern aus Landwirtschaft, Verbänden, Behörden und Unternehmen diskutiert, weiterentwickelt und verfeinert. Im Jahr 2023 fanden hier verschiedenste Aktivitäten wie Informationsveranstaltungen und Workshops statt.

Anfang 2023 ist das acatech-Diskussionspapier „Sichere Entsorgung und Tiefenlagerung von hochradioaktivem Material – Forschungsperspektiven“ erschienen. In der Projekt- und Autorengruppe waren zentrenübergreifend Prof. Dr. M. Scheck-Wenderoth, Prof. Dr. M. Kühn (beide GFZ), Prof. Dr. A. Grunwald, Prof. Dr. F. Wenzel (beide KIT) und Prof. Dr. G. Teutsch (UFZ) eingebunden. Die Entsorgung hochradioaktiver Stoffe bleibt auch nach dem deutschen Atomausstieg eine Aufgabe, die noch künftige Generationen betreffen wird. Aus der Notwendigkeit einer langfristigen, tiefen geologischen Lagerung des Atom Mülls und der hohen gesellschaftlichen Relevanz des Themas ergeben sich besondere Anforderungen für die Politik aber auch an die Ausgestaltung von Forschungsprogrammen.

#### 4.4. Drittmittelinwerbung

Tabelle 4-2 zeigt eine Auswahl der wichtigsten Erfolge bei der Einwerbung von Drittmitteln für Projekte im Berichtsjahr. Tabelle 4-3 zeigt die Ergebnisse des Calls 2023 bei den ERC-Grants (European Research Council) und Tabelle 4-4 ERC-Grants mit Startdatum 2023 im FB EuU.

Tabelle 4-2 Drittmittelprojekte (Projektbeginn: 2023), Auswahl.

| Titel des Projekts, Akronym                                                                              | Fördermittelgeber                                  | Koordinierende:r Wissenschaftler:in, Zentrum                      | Budget                                    | Laufzeit                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|
| EERIE – European Eddy-Rich Earth System Model                                                            | EU HORIZON 2020 - Research and Innovation Action   | Thomas Jung, AWI                                                  | 1.419.597 Euro (insgesamt 10,8 Mio. Euro) | 2023–2026                 |
| Production of a second phase of hydrophobic aromatics with solvent-tolerant <i>Pseudomonas</i> (PROSPER) | ERC Consolidator Grant                             | Nick Wierckx, FZJ                                                 | 1.999.485,00 €                            | 2023–2027                 |
| Transformers                                                                                             | ERC Advanced Grant                                 | Ingo Grevenmeyer, GEOMAR                                          | 2,86 Mio. €                               | 10/23–09/28               |
| EMERGE „Measuring and Modelling Tectonic CO <sub>2</sub> Emissions Through Time“                         | ERC Consolidator Grant                             | Sascha Brune, GFZ                                                 | 1.999.991 €                               | 9/2023– 8/2028            |
| Validated local risk actionable data for adaptation (VALORADA)                                           | EU-HORIZON HORIZON-MISS-2022-CLIMA-01-01           | Dr. Cristóbal Reveco und Dr. Jörg Cortekar, beide GERICS (Hereon) | 445.873 € (insgesamt: 2.972.863 €)        | Juni 2023 — Mai 2026      |
| Advancing Subseasonal Predictions at Reduced computational Effort, ASPIRE                                | Europäische Union,<br>EU - ERC-STG: Starting Grant | Dr. Julian Quinting, KIT IMKTRO                                   | 1.496.246,00 Euro                         | 01.09.2023 bis 31.08.2028 |
| Artificial Intelligence and Mobility (AIAMO)                                                             | Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) | Jan Bumberger, UFZ                                                | 2,01 Mio. EUR<br>UFZ-Anteil               | 07/23–06/26               |

Tabelle 4-3: neue ERC Grants, (bewilligt 2023, noch nicht gestartet)

| ERC Grant                                  | Name                    | Zentrum          |
|--------------------------------------------|-------------------------|------------------|
| ERC Starting Grant: <b>OSTIA</b>           | Ivy <b>Frenger</b>      | GEOMAR           |
| ERC Starting Grant: <b>ASTROGEODESY</b>    | Minghui <b>Xu</b>       | GFZ (U Aalto/FI) |
| ERC Consolidator Grant: <b>HighBorG</b>    | Eleni <b>Anagnostou</b> | GEOMAR           |
| ERC Consolidator Grant: <b>FOXSTORM</b>    | Jeff <b>Carpenter</b>   | Hereon           |
| ERC Consolidator Grant: <b>Glass2Melt</b>  | Sergey <b>Lobanov</b>   | GFZ              |
| ERC Consolidator Grant: <b>DROOGHT</b>     | Guillaume <b>Lobet</b>  | FZJ              |
| ERC Consolidator Grant: <b>SEA-THROUGH</b> | Jan <b>Taucher</b>      | GEOMAR           |
| ERC Consolidator Grant: <b>WIRE</b>        | Dedong <b>Wang</b>      | GFZ              |
| ERC Synergy Grant: <b>WHIRLS</b>           | Arne <b>Biaostoch</b>   | GEOMAR           |
| ERC Synergy Grant: <b>Archean Park</b>     | Jens <b>Kallmeyer</b>   | GFZ              |
| ERC Synergy Grant: <b>i2B (BLUE)</b>       | Gerrit <b>Lohmann</b>   | AWI              |
| ERC Synergy Grant: <b>ROTTnROCK</b>        | Thomas <b>Walter</b>    | GFZ              |

Tabelle 4-4: Direkt eingeworbene ERC Grants im FB EuU mit Startdatum 2023

| ERC Grant                                | Name                              | Zentrum |
|------------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| ERC Starting Grant: <b>CHANEL</b>        | Georgios <b>Gkatzelis</b>         | FZJ     |
| ERC Starting Grant: <b>Ocean Peak</b>    | Judith <b>Hauck</b>               | AWI     |
| ERC Starting Grant: <b>PHAST</b>         | Elisa <b>Mantelli</b>             | AWI     |
| ERC Starting Grant: <b>QUAKEHUNTER</b>   | Patricia <b>Martínez-Garzón</b>   | GFZ     |
| ERC Starting Grant: <b>A3M-transform</b> | Felix <b>Python</b>               | AWI     |
| ERC Starting Grant: <b>ASPIRE</b>        | Julian <b>Quinting</b>            | KIT     |
| ERC Consolidator Grant: <b>EMERGE</b>    | Sascha <b>Brune</b>               | GFZ     |
| ERC Consolidator Grant: <b>PROSPER</b>   | Nick <b>Wierckx</b>               | FZJ     |
| ERC Advanced Grant: <b>DEVENDRA</b>      | Friedhelm von <b>Blanckenburg</b> | GFZ     |
| ERC Advanced Grant: <b>TRANSFORMERS</b>  | Ingo <b>Grevemeyer</b>            | GEOMAR  |

#### 4.5. Forschungsinfrastrukturen

Forschungsinfrastrukturen bilden die Grundlage für wissenschaftliche Fortschritte bei der Bewältigung globaler gesellschaftlicher Herausforderungen, daher strebt der FB EuU eine kontinuierliche Erneuerung und Erweiterung strategisch relevanter Infrastrukturen an. Im Rahmen der in der Helmholtz-Roadmap 2021 skizzierten Strategie geplanter Forschungsinfrastrukturprojekte wurde im Sommer 2023 der Antrag für das Infrastrukturvorhaben SAFAtor<sup>14</sup> eingereicht, mit dem Ziel der Realisierung ab 2025. Das Konzept von SAFAtor als Demonstrator für ein globales Monitoring- und Nutzerzentrum beruht auf der ergänzenden Nutzung von untermeerischen Telekommunikationskabeln und ermöglicht so ein globales Geomonitoring.

Die METEOR IV wird voraussichtlich ab 2026 die bereits 37 Jahre alte aktuelle METEOR sowie die bereits 2019 außer Dienst gestellte POSEIDON ersetzen. Die METEOR IV wird allen

<sup>14</sup> SAFAtor = SMART Cables And Fibre-optic Sensing Amphibious Demonstrator

meeresforschenden Disziplinen zur Verfügung stehen und schwerpunktmäßig im Atlantik, aber auch weltweit zum Einsatz kommen. Die Kiellegung der METEOR IV durch die ARGE Meyer Fassmer Spezialschiffbau erfolgte am 11. Juli 2023 auf der Neptun Werft in Rostock.

Damit das AWI und die internationale Wissenschaftsgemeinde auch in den kommenden und für die Zukunft des Planeten entscheidenden Jahrzehnten Polar- und Meeresforschung auf höchstem Niveau betreiben können, hat das BMBF zugestimmt, dass das AWI das Vergabeverfahren für den Neubau des multifunktionalen eisbrechenden Polarforschungs- und Versorgungsschiffs POLARSTERN durchführt. Das AWI wird zudem die Bauaufsicht führen sowie die Inbetriebnahme der neuen POLARSTERN nach erfolgter Erprobung koordinieren. Danach soll der neue Forschungseisbrecher die derzeitige POLARSTERN vollständig ersetzen. Das Mitte 2022 gestartete europaweite Vergabeverfahren ist mittlerweile weit fortgeschritten.

Die drei großen Meeresforschungsinstitute der Helmholtz-Gemeinschaft – das AWI, das GEOMAR und das Hereon – werden ihre Meerestechnik in den kommenden sieben Jahren im Großprojekt MUSE gemeinsam weiterentwickeln. Das Ziel: Unterwasserrobotik soll schneller und effektiver zum Einsatz kommen, damit die Forschung mit den Folgen von Klimawandel, Artenverlust und Umweltverschmutzung Schritt halten kann. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf Weiterentwicklungen von Sensortechnologien, auf deren Software und Einbindung von künstlicher Intelligenz, auch um zu beurteilen, ob Meeresschutz wirksam wird. Die Kick-Off-Veranstaltung von MUSE fand vom 23.-25.5.23 am koordinierenden Institut AWI statt.

Als Nachfolge der LUDWIG PRANDTL wurde der Bau des neuen Forschungsschiffs des Hereon, der CORIOLIS, in der Hitzler Werft in Lauenburg weiter vorangetrieben (vgl. Abschnitt 4.3). Sowohl Kiellegung als auch Stapelhub des Neubaus fanden in 2023 statt. Für die Finanzierung des Wasserstoffsystemplabors wurde ein Antrag beim Projektträger des Förderprogrammes „Bordstrom Tech II“ vom Verkehrsministerium bewilligt. Dies stellt einen wichtigen Meilenstein für die Erprobung und Weiterentwicklung der Metallhydridtechnologie für die Speicherung von Wasserstoff auf Schiffen in Kombination mit Brennstoffzellen dar. Die CORIOLIS wird ein weltweit einmaliges interdisziplinäres Spektrum aus Küsten-, Werkstoff-, Wasserstoff- und Membranforschung abdecken sowie neue Maßstäbe in der Digitalisierung setzen. Durch modernste Umweltforschung und als Innovationsplattform wird es eine klimafreundlichere Schifffahrt von morgen ermöglichen. Die Fertigstellung ist für 2024 geplant.

## 5. Erfolgsindikatoren

|                                                                                                                        | Einheit | 2019    | 2020    | 2021    | 2022    | 2023    | Veränderung<br>2023 zu 2022<br>absolut | Veränderung<br>2023 zu 2022<br>prozentual |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| WoS-, SCOPUS oder Open Research Europe indexierte Publikationen                                                        | Anzahl  | 3.736   | 3.987   | 4.474   | 3.858   | 3.626   | -232                                   | -6%                                       |
| ... davon Open-Access-Publikationen                                                                                    | Anzahl  | 2.351   | 3.139   | 3.567   | 3.580   |         |                                        |                                           |
| Andere referierte Publikationen (einschließlich Bücher und Buchkapitel)                                                | Anzahl  | 421     | 380     | 532     | 320     | 256     | -64                                    | -20%                                      |
| Drittmittelerträge                                                                                                     | TEUR    | 149.825 | 151.032 | 163.422 | 163.021 | 190.802 | 27.781                                 | 17%                                       |
| ... davon EU                                                                                                           | TEUR    | 23.441  | 25.136  | 24.642  | 25.510  | 41.435  | 15.925                                 | 62%                                       |
| ERC Grants - Bestand aktiver Grants zum 31.12.                                                                         | Anzahl  | 16      | 19      | 17      | 17      | 26      | 9                                      | 53%                                       |
| Abgeschlossene betreute Promotionen                                                                                    | Anzahl  | 210     | 186     | 195     | 205     | 204     | -1                                     | 0%                                        |
| Postdocs                                                                                                               | Anzahl  | 585     | 552     | 582     | 581     | 622     | 41                                     | 7%                                        |
| Nachwuchsgruppen                                                                                                       | Anzahl  | 43      | 42      | 38      | 34      | 36      | 2                                      | 6%                                        |
| Ausgewählte koordinierte, nationale und intern. Förderprogramme                                                        | Anzahl  | 164     | 187     | 181     | 248     | 248     | 0                                      | 0%                                        |
| Kooperationen mit der Wirtschaft und externen nichtwissenschaftlichen Institutionen, öffentlich oder privat finanziert | Anzahl  |         |         |         | 621     | 621     | 0                                      | 0%                                        |
| Ausgründungen (Spin-offs) und kompetenzbasierte Gründungen (Start-ups)                                                 | Anzahl  |         |         |         | 4       | 5       | 1                                      | 25%                                       |
| Wissenstransferaktivitäten in FTE                                                                                      | FTE     |         |         |         | 72      | 86      | 14                                     | 19%                                       |
| Kapazität der grundfinanzierten Wissenschaftler:innen                                                                  | PJ      | 1.240   | 1.281   | 1.251   | 1.283   | 1.295   | 12                                     | 1%                                        |
| Kapazität der drittmittel-finanzierten Wissenschaftler:innen                                                           | PJ      | 684     | 715     | 741     | 743     | 830     | 87                                     | 12%                                       |
| Summe Wissenschaftler:innen                                                                                            | PJ      | 1.924   | 1.995   | 1.992   | 2.024   | 2.126   | 102                                    | 5%                                        |

Kommentierungen zu den dargestellten Erfolgsindikatoren:

### Publikationen:

Die Anzahl der Publikationen ist im Vergleich zum Vorjahr gesunken, liegt aber nur etwas unter den Publikationszahlen vor der Pandemie. Grund für den Peak in 2021 wurde laut den Bibliotheken zusätzlich durch die in der PoF IV neu definierte Jahreszuordnung hervorgerufen (zuvor wurde das Jahr der finalen, nunmehr das der ersten, Veröffentlichung verwendet). Für 2021 handelt es sich außerdem um die nicht dedublierte Gesamterfassung der Publikationen. Ab 2022 konnte eine Dedublizierung erfolgen.

#### Drittmittelerträge:

Aufgrund einer Vielzahl von BMBF- und EU- geförderten Projekten sind die Drittmittelerträge gegenüber dem Jahr 2022 in allen Zentren angestiegen. Insbesondere beim AWI und GEO-MAR haben sie sich mehr als verdoppelt.

#### Abgeschlossene Promotionen:

Die Anzahl der Promotionen ist gegenüber dem Jahr 2022 konstant geblieben.

#### Grundfinanzierte Wissenschaftler:innen:

Im Vergleich zum Vorjahr gibt es keine wesentlichen Veränderungen (1%), bei den einzelnen Zentren gibt es unterschiedliche Entwicklungen von minus 3% bis zu plus 7% Wissenschaftler:innen in 2023 gegenüber 2022.

#### Drittmittelfinanzierte Wissenschaftler:innen:

Mit den höheren Drittmittelerträgen hat sich auch die Anzahl der drittmittelfinanzierten Wissenschaftler:innen erhöht, allerdings nur um 12%. Gegenüber dem Vorjahr.



### **Kontakt**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Stab und Strategie (STS)  
Kaiserstraße 12  
76131 Karlsruhe  
Telefon: +49 721 608-41134  
E-Mail: [Berichtswesen@sts.kit.edu](mailto:Berichtswesen@sts.kit.edu)

---

### **Herausgegeben von**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Prof. Dr. Oliver Kraft  
In Vertretung des Präsidenten des KIT  
Kaiserstraße 12  
76131 Karlsruhe  
[www.kit.edu](http://www.kit.edu)

Karlsruhe © KIT 2024