

Fortschrittsbericht 2021

Textteil



Fortschrittsbericht des Karlsruher Instituts für Technologie

Textteil
für das Jahr 2021

A	Teil A: Programmatisch-inhaltliche Entwicklung des Zentrums.....	9
A.1	Entwicklungen auf Zentrumsebene	9
A.1.1	Übersicht zum Zentrum.....	9
A.1.2	Qualitative Beschreibung der Zentrumsentwicklung	15
A.1.2.1	Ziele des letzten Jahres und Zielerreichung	15
A.1.2.2	Herausragende wissenschaftliche Ergebnisse des Jahres	21
A.1.2.3	Besondere Vorkommnisse	24
A.1.2.4	Planungen des laufenden und des kommenden Jahres	40
A.1.2.5	Nachwuchsförderung	45
A.1.2.6	Chancengleichheit	48
A.1.3	Strategische Zentrumsplanung	61
A.1.3.1	Mittel- und langfristige Strategie des Zentrums.....	61
A.1.3.2	Risikoanalyse	66
A.1.4	Entwicklung der Institute (Großforschungsbereich)	67
A.1.4.1	Bereich I.....	67
A.1.4.1.1	Institut für Biologische Grenzflächen (IBG)	67
A.1.4.1.1.1	Teilinstitut für Biologische Grenzflächen 1 – Biomolekulare Mikro- und Nanostrukturen (IBG 1)	67
A.1.4.1.1.2	Teilinstitut für Biologische Grenzflächen 2 – Molekulare Biophysik (IBG 2).....	69
A.1.4.1.1.3	Teilinstitut für Biologische Grenzflächen 3 – Makromolekulare Materialien (IBG 3)	72
A.1.4.1.1.4	Teilinstitut für Biologische Grenzflächen 4 – Magnetische Resonanz (IBG 4).....	73
A.1.4.1.1.5	Teilinstitut für Biologische Grenzflächen 5 – Biotechnologie und Mikrobielle Genetik (IBG 5)	75
A.1.4.1.2	Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG)	76
A.1.4.1.3	Helmholtz-Institut Ulm (HIU)	82
A.1.4.1.4	Institut für Katalysatorforschung und -technologie (IKFT)	86
A.1.4.1.5	Institut für Mikroverfahrenstechnik (IMVT)	88
A.1.4.1.6	Institut für Technische Chemie (ITC)	91
A.1.4.1.7	Institut für Biologische und Chemische Systeme (IBCS).....	92
A.1.4.1.7.1	Teilinstitut für Biologische Informationsprozessierung (IBCS-BIP)	92
A.1.4.1.7.2	Teilinstitut für Funktionelle Molekulare Systeme (IBCS-FMS)	94
A.1.4.2	Bereich II.....	97
A.1.4.2.1	Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS).....	97
A.1.4.2.2	Steinbuch Centre for Computing (SCC).....	99
A.1.4.3	Bereich III.....	103
A.1.4.3.1	Institut für Automation und angewandte Informatik (IAI)	103
A.1.4.3.2	Institut für Angewandte Materialien (IAM)	107

A.1.4.3.3	Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik (IHM)	118
A.1.4.3.4	Institut für Thermische Energietechnik und Sicherheit (ITES) ...	121
A.1.4.3.5	Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT)	124
A.1.4.3.6	Institut für Nukleare Entsorgung (INE)	129
A.1.4.3.7	Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR)	132
A.1.4.3.8	Institut für Technische Physik (ITEP)	135
A.1.4.4	Bereich IV	138
A.1.4.4.1	Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK)	138
A.1.4.4.1.1	Teilinstitut Troposphärenforschung (IMK-TRO)	138
A.1.4.4.1.2	Teilinstitut Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU)	139
A.1.4.4.1.3	Teilinstitut Atmosphärische Spurenstoffe und Fernerkundung (IMK-ASF)	140
A.1.4.4.1.4	Teilinstitut Atmosphärische Aerosolforschung (IMK-AAF)	141
A.1.4.5	Bereich V	143
A.1.4.5.1	Institut für Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT)	143
A.1.4.5.2	Institut für Quantenmaterialien und -technologien (IQMT)	148
A.1.4.5.3	Institut für Astroteilchenphysik (IAP)	151
A.1.4.5.4	Institut für Nanotechnologie (INT)	156
A.1.4.5.5	Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE)	160
A.1.4.5.6	Institut für Photonenforschung und Synchrotronstrahlung (IPS)	164
A.2	Programmanteile des Zentrums (LK I und LK II)	168
A.2.1	Überblick zum Forschungsbereich Energie	168
A.2.1.1	Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Senat	168
A.2.1.2	Rolle des Zentrums im Forschungsbereich	185
A.2.1.3	Programmanteil Energy System Design (ESD)	188
A.2.1.3.1	Das Programm im Überblick	188
A.2.1.3.2	Wissenschaftliche Highlights des Programms	192
A.2.1.3.3	Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen	195
A.2.1.3.4	Strategische Themen	198
A.2.1.3.5	Senatsempfehlungen	200
A.2.1.4	Programmanteil Materials and Technologies for Energy Transition (MTET)	200
A.2.1.4.1	Das Programm im Überblick	200
A.2.1.4.2	Wissenschaftliche Highlights des Programms	203
A.2.1.4.3	Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen	205
A.2.1.4.4	Strategische Themen	207
A.2.1.4.5	Senatsempfehlungen	209
A.2.1.5	Programmanteil Fusion (FUSION)	209
A.2.1.5.1	Das Programm im Überblick	209
A.2.1.5.2	Wissenschaftliche Highlights des Programms	212
A.2.1.5.3	Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen	213
A.2.1.5.4	Strategische Themen	214
A.2.1.5.5	Senatsempfehlungen	215

A.2.1.6 Programmanteil Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research (NUSAFE)	215
A.2.1.6.1 Das Programm im Überblick.....	215
A.2.1.6.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms	218
A.2.1.6.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen.....	219
A.2.1.6.4 Strategische Themen	222
A.2.1.6.5 Senatsempfehlungen.....	226
A.2.1.7 Strategische Initiativen	226
A.2.1.7.1 Energy Lab 2.0	226
A.2.1.7.2 Infrastrukturen HEMCP und HEMF.....	227
A.2.1.7.3 Querschnittsverbund Bioeconomy	228
A.2.1.7.4 Innovationspool	229
A.2.2 Überblick zum Forschungsbereich Information	233
A.2.2.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Senat	233
A.2.2.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich	246
A.2.2.3 Programmanteil Engineering Digital Futures (EDF)	249
A.2.2.3.1 Das Programm im Überblick.....	249
A.2.2.3.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms	252
A.2.2.3.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen.....	253
A.2.2.3.4 Strategische Themen	257
A.2.2.3.5 Senatsempfehlungen.....	260
A.2.2.4 Programmanteil Natural, Artificial and Cognitive Information Processing (NACIP)	261
A.2.2.4.1 Das Programm im Überblick.....	261
A.2.2.4.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms	263
A.2.2.4.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen.....	266
A.2.2.4.4 Strategische Themen	268
A.2.2.5 Programmanteil Materials Systems Engineering (MSE).....	270
A.2.2.5.1 Das Programm im Überblick.....	270
A.2.2.5.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms	272
A.2.2.5.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen.....	274
A.2.2.5.4 Strategische Themen	277
A.2.2.5.5 Forschungsinfrastrukturen	279
A.2.2.6 Strategische Initiativen	280
A.2.2.6.1 Helmholtz Data Federation (HDF)	280
A.2.2.6.2 Themengebiet Information und Data Science	281
A.2.2.6.3 Innovationspool	282
A.2.3 Überblick zum Forschungsbereich Materie.....	287
A.2.3.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Senat	287
A.2.3.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich Materie.....	334
A.2.3.3 Programmanteil Matter and the Universe (MU)	337
A.2.3.3.1 Das Programm im Überblick.....	337
A.2.3.3.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms	339
A.2.3.3.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen.....	340
A.2.3.3.4 Strategische Themen	343

A.2.3.3.5 Senatsempfehlungen.....	345
A.2.3.4 Programmanteil From Matter to Materials and Life (MML).....	345
A.2.3.4.1 Das Programm im Überblick.....	345
A.2.3.4.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms	347
A.2.3.4.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen.....	348
A.2.3.4.4 Strategische Themen	350
A.2.3.4.5 Senatsempfehlungen.....	350
A.2.3.5 Programmanteil Matter and Technologies (MT).....	351
A.2.3.5.1 Das Programm im Überblick.....	351
A.2.3.5.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms	352
A.2.3.5.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen.....	354
A.2.3.5.4 Strategische Themen	355
A.2.3.5.5 Senatsempfehlungen.....	357
A.2.3.6 Nationale und Internationale Wissenschaftsinfrastruktur (Großgeräte der Leistungskategorie II)	357
A.2.3.7 Strategische Initiativen	358
A.2.3.7.1 Querschnittsthema Materialforschung – Energieversorgung.....	358
A.2.3.7.2 Innovationspool	358
A.2.4 Überblick zum Forschungsbereich Erde und Umwelt	363
A.2.4.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Senat	363
A.2.4.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich Erde und Umwelt	384
A.2.4.3 Programmanteil Changing Earth – Sustaining our Future (CE)...	386
A.2.4.3.1 Das Programm im Überblick.....	386
A.2.4.3.2 Wissenschaftliche Highlights des Topics	388
A.2.4.3.3 Stand der Umsetzung des Topics und seiner Senatsempfehlungen.....	389
A.2.4.3.4 Strategische Themen	390
A.2.4.3.5 Senatsempfehlungen.....	393
A.2.4.4 Strategische Initiativen	393
A.2.4.4.1 MOSES	393
A.2.4.4.2 TERENO	394
A.2.4.4.3 Resilient Urban Spaces	394
A.2.4.4.4 Remote Sensing	395
A.2.4.4.5 Extremes	395
A.2.4.4.6 REKLIM.....	396
A.2.4.4.7 DataHub	396
A.2.4.4.8 Innovationspool	396
A.3 Programmungebundene Forschung.....	398
A.3.1 Zusätzliche Themen innerhalb von Programmen	398
A.3.2 Themen außerhalb von Programmen: Themennennung.....	398

A.4	<i>Wissens- und Technologietransfer (LK III).....</i>	<i>399</i>
	A.4.1 Wissenstransfer	403
	A.4.2 Technologietransfer	429
A.5	<i>Bericht zu den besonderen Finanzierungsaufgaben</i>	<i>438</i>
A.6	<i>Infrastruktur (IK V-VII).....</i>	<i>439</i>
	A.6.1 Entwicklung des Zentrumsmanagements	440
	A.6.2 Entwicklung der wissenschaftlichen Infrastruktur	457
	A.6.3 Entwicklung des Basisbetriebs	466
A.7	<i>Vollständige Publikationsliste</i>	<i>472</i>

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 9.800 Mitarbeitenden, davon rund 5.550 in Wissenschaft und Lehre, sowie rund 22.200 Studierenden, ist das KIT eine große Wissenschaftseinrichtung, die einen Spitzenplatz in Europa einnimmt. Das KIT bereitet seine Studierenden mithilfe eines forschungsorientierten Universitätsstudiums 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 119 Institute 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 somit in der Gesamtheit seiner Forschungsaktivitäten.

Die Bereiche verkörpern mit den KIT-Fakultäten und 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 koordinierende Funktion. Durch umfassende vorhandene Kompetenzen und Ressourcen ist das KIT prädestiniert, in den drei gesellschaftlichen Bedarfsfeldern Energie, Mobilität und Information mit den entsprechenden KIT-Zentren eine führende nationale und eine sehr sichtbare internationale Position einzunehmen. Die dynamische Weiterentwicklung von Profilbildung und Profilschärfung folgt einerseits dem Grundsatz, leistungsfähige Elemente des Forschungsprofils auszuweiten und noch sichtbarer zu machen. Andererseits sollen vielversprechende, zukunftsweisende Felder erschlossen werden.

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 Kraftstoffe aus regenerativen Quellen oder die Supraleiter für den verlustfreien Stromtransport.

Mit seiner Ausrichtung in Forschung, Lehre und Innovation sieht sich das KIT im Einklang mit der Hightech-Strategie 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 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 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. Daher wurde das KIT zum vierten Mal in Folge durch das verliehene Zertifikat des Audits „familiengerechte Hochschule“ für seine zahlreichen Maßnahmen und Unterstützungsangebote in dieser Hinsicht ausgezeichnet und darf das Siegel nun dauerhaft tragen.

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 wissenschaftliches Vorstandsmitglied für Forschung, (3) ein wissenschaftliches Vorstandsmitglied für Lehre und akademische Angelegenheiten, (4) ein wissenschaftliches Vorstandsmitglied für Innovation und Internationales (ab Januar 2022: Transfer und Internationales), (5) ein administratives Vorstandsmitglied für Wirtschaft und Finanzen, (6)

ein administratives Vorstandsmitglied für Personal und Recht. 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 Chancengleichheitsbeauftragte, Vertreterinnen und Vertreter aus dem Personalrat sowie gewählte Vertreterinnen und Vertreter der verschiedenen Angehörigengruppen aus der Universitätsaufgabe (UA) und aus der Großforschungsaufgabe (GFA) des KIT an. Den Vorsitz hat der Präsident des KIT inne.

Institute des KIT

119 Institute sind in den fünf disziplinär gebildeten Bereichen organisiert:

Bereich I – Biologie, Chemie und Verfahrenstechnik (20 Institute, 65 Professorinnen und Professoren sowie leitende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler), Bereichsleiterin: Frau Prof. Dr. Andrea Robitzki;

Bereich II – Informatik, Wirtschaft und Gesellschaft (25 Institute, 105 Professorinnen und Professoren sowie leitende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler), Bereichsleiter: Herr Prof. Dr. Michael Decker;

Bereich III – Maschinenbau und Elektrotechnik (32 Institute, 68 Professorinnen und Professoren sowie leitende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler), Bereichsleiter: Herr Prof. h.c. Dr. Joachim Knebel;

Bereich IV – Natürliche und gebaute Umwelt (21 Institute, 70 Professorinnen und Professoren sowie leitende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler), Bereichsleiter: Herr Prof. Dr. Johannes Orphal;

Bereich V – Physik und Mathematik (21 Institute und 69 Professorinnen und Professoren sowie leitende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler), Bereichsleiter: Herr Prof. Dr. Marc Weber.

Daten 2021

Budget KIT Gesamt (Planzahl laut Wirtschaftsplan 2021):

999 TEuro (davon grundfinanziert 661 TEuro)

Budget Großforschungsaufgabe (Planzahl laut Wirtschaftsplan 2021):

486 TEuro (davon grundfinanziert 353 TEuro)

Anzahl Mitarbeitende KIT Gesamt:

9.783

Anzahl Mitarbeitende Großforschungsaufgabe:

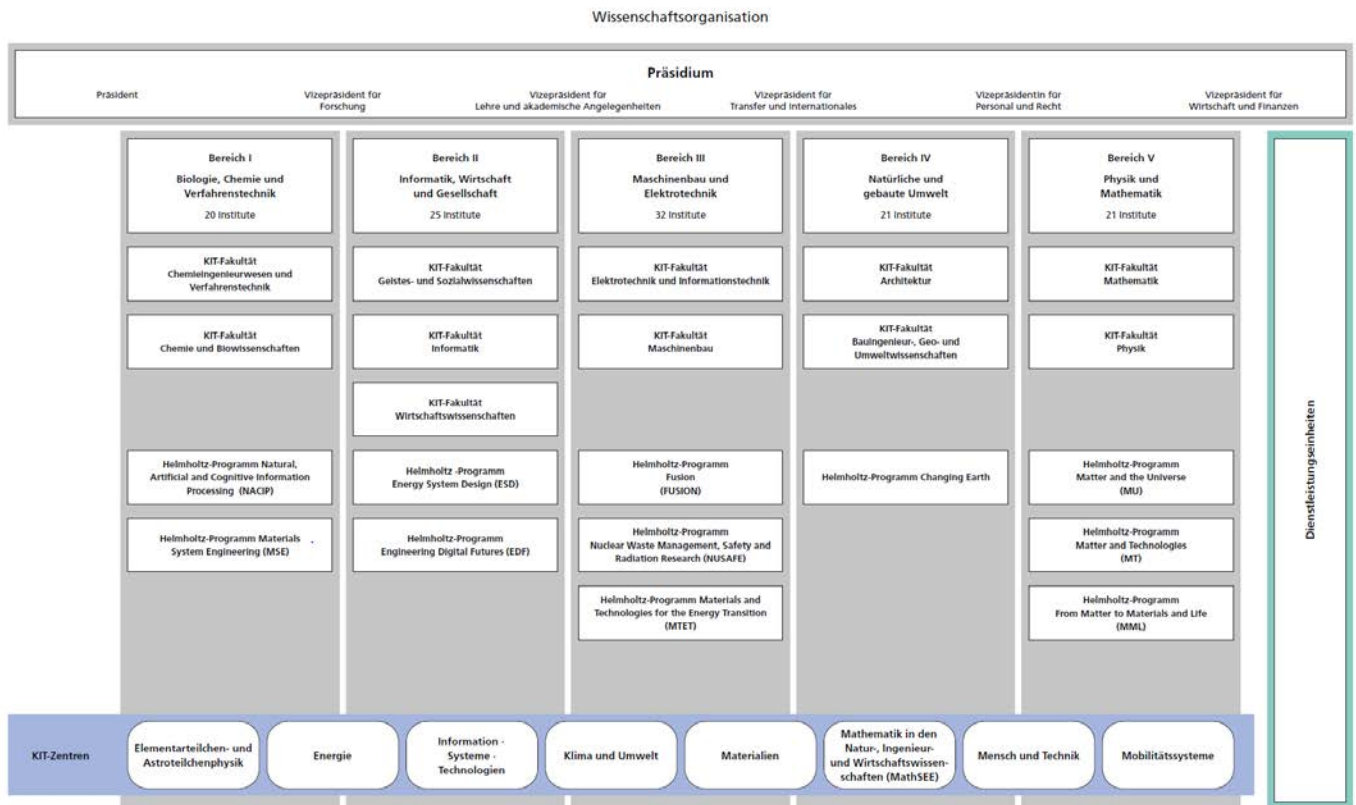
4.380

Organigramme

Organigramm der Wissenschaftsorganisation



Stand: April 2022

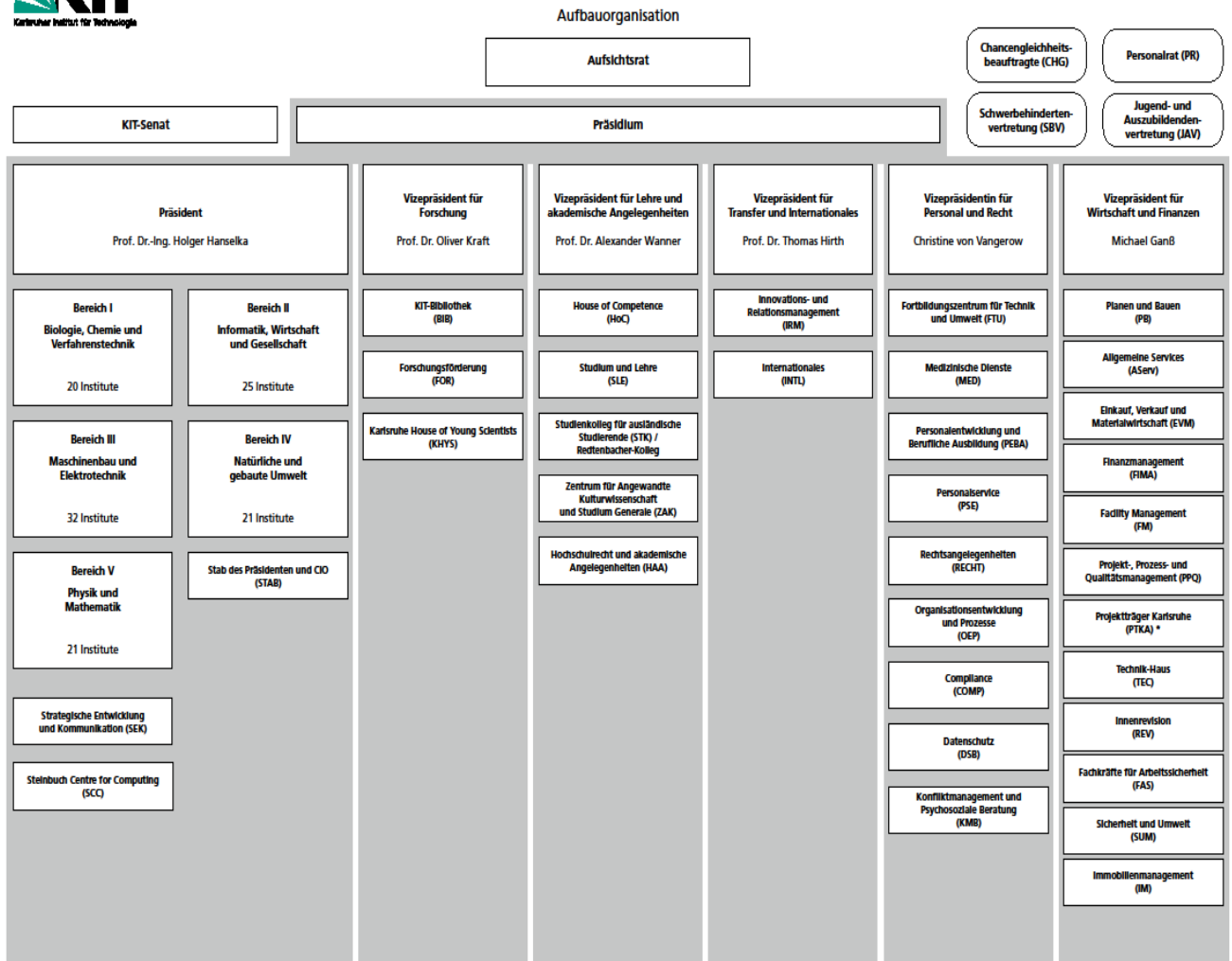


Die Helmholtz-Programme sind der Bereichsleiterin / den Bereichsleitern zugeordnet. Die Bearbeitung erfolgt bereichsübergreifend

Organigramm der Aufbauorganisation



Stand: 1. Februar 2022



* keine fachliche Weisung durch das Präsidium des KIT

A.1.2 Qualitative Beschreibung der Zentrumsentwicklung

A.1.2.1 Ziele des letzten Jahres und Zielerreichung

Organisationsstruktur des KIT

Im Jahr 2021 wurden zwei neue Handlungsfelder eröffnet, die in die Dachstrategie des KIT aufgenommen werden sollen: Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Zudem wurde beschlossen, das bestehende Handlungsfeld Innovation um den Wissenstransfer zu erweitern und zum Handlungsfeld Transfer weiterzuentwickeln. Um diese Weiterentwicklung der Dachstrategie in der Organisationsstruktur abzubilden, wurden folgende Änderungen der Ressorts in 2021 beschlossen: Ab 2022 wird das Ressort Innovation und Internationales zu Transfer und Internationales erweitert; ab 2023 werden die beiden Ressorts Personal und Recht sowie Wirtschaft und Finanzen zu einem administrativen Ressort vereint; es wird ein neues Ressort Digitalisierung und Nachhaltigkeit geschaffen.

Mit der Verabschiedung des 2. KIT-Weiterentwicklungsgesetzes (2. KIT-WG) Anfang 2021 wurde als erster Meilenstein zur Umsetzung der KIT-Gesetzes-Novelle die Erarbeitung einer neuen Gemeinsamen Satzung, die die erste Version aus 2013 ablöst und im Dezember 2021 die Zustimmung des KIT-Senats in zweiter Lesung erhalten hat, erreicht. In Abstimmung mit den Ministerien wurden Meilensteine zur Umsetzung des neuen KIT-Gesetzes erreicht.

Mit Wirkung zum 1. Januar 2021 wurde am KIT das Institut „KASTEL – Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit“ im Bereich II – Informatik, Wirtschaft und Gesellschaft gegründet. Das IAM-Teilinstitut „Werkstoffe der Elektrotechnik“ wurde umbenannt in „Institut für Angewandte Materialien – Elektrochemische Technologien“ (IAM-ET). Im Ressort des Präsidenten wurde in der Dienstleistungseinheit (DE) Strategische Entwicklung und Kommunikation (SEK) mit Wirkung zum 1. August 2021 die neue Abteilung Sustainability Office (SEK-SO) eingerichtet. Im Zuge dieser Maßnahme wurde die Stabsstelle Zukunftscampus (CAMPUS) aufgelöst. Der DE Facility Management (FM) wurden die „Infrastrukturellen Dienstleistungen“ zugeordnet, die bisher bei der DE ASERV (Allgemeine Services) angesiedelt waren. Die DE ASERV nimmt weiterhin die Aufgaben Dokumentendienstleistungen und Veranstaltungsmanagement wahr. Zum 1. Oktober 2021 wurde die bisherige Stabsstelle Sicherheit und Umwelt (SUM) zu einer Dienstleistungseinheit, wo nun auch die „Campussicherheit“ und die „Werkfeuerwehr“ (bisher ASERV) verortet sind.

Ab 2022 wird das ehemalige Studienzentrum für Sehgeschädigte des KIT umbenannt in ACCESS@KIT – Zentrum für digitale Barrierefreiheit und Assistive Technologien.

Dachstrategie KIT 2025

Die Umsetzung der Dachstrategie „KIT 2025“ mit acht Handlungsfeldern, 24 Zielen und 126 konkreten strategischen Maßnahmen ist inzwischen weit fortgeschritten. Ende 2021 waren 98% der Maßnahmen projektiert und 83% implementiert. 2021 begannen die Arbeiten zu den zwei neuen Handlungsfeldern Digitalisierung und Nachhaltigkeit, die in die Dachstrategie aufgenommen werden sollen. Zusätzlich wird das bestehende Handlungsfeld Innovation um das Themenfeld Wissenstransfer ergänzt und zum Handlungsfeld Transfer erweitert.

Wichtig für das KIT ist das Anfang 2021 gestartete Projekt KIT 2.0, 2. Phase: „Umsetzung des zweiten KIT Weiterentwicklungsgesetzes KITG 2.0“ (KITG 2.0). Es hat zum Ziel, die Inhalte

des 2. KIT-WG am KIT umzusetzen. Mit dem neuen Gesetz sollen administrative Hürden abgebaut und mehr Flexibilität in der Mittelverwendung und beim Personaleinsatz ermöglicht werden.

Trotz pandemiebedingter Einschränkungen sind die Arbeiten auch in den übrigen Projekten vorangeschritten und viele Projekte konnten erfolgreich abgeschlossen werden.

Mit dem Abschluss des Leitprojektes „Strategisches Prozessmanagement“ Ende 2021 wurde die Grundlage für die Implementierung eines Prozessmanagements am KIT geschaffen. Im Projekt „Personalstrategie“, konnten bis Ende 2021 alle sieben Teilprojekte vorangetrieben werden, auch das Leitprojekt konnte Anfang 2022 abgeschlossen werden. Die Ergebnisse des Leitprojektes Personalstrategie umfassen zielgruppenspezifische Konzepte für die Personalrekrutierung und Nachwuchsentwicklung, die strategische Personalplanung, die Rahmenbedingungen für Fachkarrieren von unbefristetem Personal und einen Werkzeugkasten für Führungskräfte. Mit Blick auf die Lehre wurde das Leitprojekt „Lehrstrategie – Strategische Weiterentwicklung der Studiengänge und des Studienangebots“ Mitte 2021 gestartet. Gemäß den Zielen der Dachstrategie KIT 2025: „Das KIT offeriert attraktive Studiengänge, die eine Präsenzphase bedingen“, soll die Weiterentwicklung der Studiengänge und des Studienangebots in den Blick genommen und ein zwischen KIT-Fakultäten, Bereichen und Präsidium abgestimmter Prozess für die Entwicklung des Studiengangportfolios entwickelt werden.

Mit dem abgeschlossenen Projekt „QQuality ADmission Masterstudiengänge am KIT“ wurden die Zulassungsverfahren zu Masterstudiengängen analysiert und weiterentwickelt mit dem Ziel, den Anteil der Masterstudierenden und die Attraktivität der Masterstudiengänge für herausragende externe Bewerberinnen und Bewerber am KIT zu erhöhen. Das Projekt hat gezeigt, dass die Zulassungsverfahren als solche aufgrund von rechtlichen Einschränkungen nur in engen Grenzen verändert werden können. Es sollen daher die Studieninformation und das Hochschulmarketing gestärkt werden, um die Zahl der Bewerbungen zu steigern und den Wettbewerb um Studienplätze am KIT zu intensivieren.

Im Jahr 2021 wurden außerdem einige ressortspezifische Umsetzungsprojekte abgeschlossen: Mit dem Abschluss des Projektes „Ist- und Bedarfsanalyse zweisprachiger Dokumente“ wird zukünftig allen Studierenden und Mitarbeitenden transparenter Zugang zu den für sie relevanten Dokumenten gewährt und sichergestellt, dass die für Arbeitsprozesse notwendigen Dokumente verstanden und sachgerecht bearbeitet werden können. Englischsprachige Dokumente wurden nach einer Bestandsaufnahme bedarfsorientiert ergänzt.

Aus der Vielzahl der Folgeprojekte konnten drei im Jahr 2021 abgeschlossen werden. Als Ergebnis des Projektes „Gendergerechte Sprache“ ist ein allgemeingültiger Leitfaden zur verbindlichen Verwendung einer gendergerechten Sprache und Schreibweise für das KIT und der Regeln zur Bildsprache entstanden. Das erste abgeschlossene Projekt aus der Reihe der ExU-Vorhaben ist „KIT Centers – Jedes Zentrum“.

Die acht KIT-Zentren bündeln thematisch die interdisziplinäre, institutsübergreifende und koordinierte Forschung, adressieren anwendungsorientierte Fragestellungen und bilden durch die bereichsübergreifende Ausgestaltung ein wesentliches Strukturelement des KIT. Im Rahmen des Vorhabens „KIT Centers – Jedes Zentrum“ wurden im Laufe des Jahres 2021 erstmals alle acht KIT-Zentren evaluiert, um Erfolge, Wirksamkeit und Planungen zu bewerten und die Weiterentwicklung der KIT-Zentren zu unterstützen. Grundlage hierfür waren die Selbstberichte sowie ein Evaluationsgespräch mit Sachverständigen.

Exzellenzstrategie – Exzellenzuniversität

Der Exzellenzantrag steht unter dem Leitmotiv „Living the Change“ und hat zum Ziel, die Organisation maßgeblich weiterzuentwickeln. Dazu sind vier Ziele im Antrag Exzellenzuniversität

formuliert: 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.

Im ersten Halbjahr 2021 wurden die sechs Research Foci (RF) und zwei Emerging Fields (EF) einer strategischen Diskussion und Weiterentwicklung unterzogen. Alle KIT-Zentren wurden erfolgreich evaluiert. Im Oktober 2021 nahm Prof. Dr. Markus Klute (vormals MIT) auf dem Gebiet der Teilchenphysik seine Arbeit auf (Alexander von Humboldt-Professur). Mit Blick auf das Ziel, Bewusstsein für Verantwortung auszuprägen, richtet das KIT vier Reallabore mit jeweils zwei Tandem-Professuren aus den Geistes- und Sozial- sowie den Technik- und Naturwissenschaften ein. Neben den beiden 2020 auf den Weg gebrachten Reallaboren „Digitale Barrierefreiheit und Assistenzsysteme für Menschen mit Einschränkungen“ und „Autonomes Fahren“ wurde 2021 das Konzept für ein weiteres Reallabor ausgewählt, dieses mit der Widmung „Echtzeitentscheidungen bei riskantem Nichtwissen in der Impactvorhersage von Extremereignissen (ERNIE)“. Zudem fand im Oktober 2021 die erste KIT Science Week unter dem Motto „Der Mensch im Zentrum Lernender Systeme“ mit dem Zukunftsthema Künstliche Intelligenz (KI) statt.

Das Anliegen des KIT, die Grundlagen für die Exzellenz von morgen zu sichern, wird u.a. durch die Einrichtung von W1-Professuren gestützt. So hat das KIT 2021 zehn Juniorprofessuren neu besetzt, davon acht mit Tenure Track (Rufannahmen). Im Rahmen des Graduate School Support Programs (GradeUp) wurde im November 2020 die Einrichtung von „Cultures of Knowledge“ und „UpGrade Mobility“ beschlossen. Nach einer zweiten Ausschreibungsrunde kamen 2021 vier weitere Graduiertenschulen dazu („Quantum Matter“, „Computational and Data Science“, „Enabling Net Zero“ und „Cyber Security“).

Der institutionelle Kulturwandel beinhaltet im ersten Schritt insbesondere, dass am KIT Diversität gefördert und genutzt wird. Während das KIT zu Beginn der Förderlinie Exzellenzuniversität im Jahr 2019 noch einen Anteil von 14,7% an Professorinnen hatte, so konnte diese Quote kontinuierlich verbessert werden, auf 15,6% im Jahr 2020 und 16,4% im Jahr 2021. Mit Blick auf Internationalisierung fand im Herbst 2020 die erste Auswahl für die International Excellence Fellowships statt, mit denen exzellente Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem Ausland für zwei Monate ans KIT kommen, um internationale Projekte vorzubereiten, Kooperationen aufzubauen und die Spitzenforschung zu stärken. 2021 waren schließlich fünfzehn International Excellence Fellows am KIT zu Gast.

Das im Jahr 2020 Erreichte konnte ebenso wie das für 2021 Geplante am 23. Juni 2021 den Zuwendungsgebern von Bund und Land im ersten Statusgespräch Exzellenzuniversität zur Zufriedenheit aller Beteiligten dargelegt werden.

Start der vierten 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 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 Forschungsbereich Energie setzt das KIT durch die Beteiligung an den beiden PoF IV-Programmen „Energy System Design“ (Federführung KIT) und

„Materials and Technologies for the Energy Transition“ einen Schwerpunkt auf die Energiewende. Darüber hinaus deckt das Programm „Fusion“ wesentliche Herausforderungen für die Realisierung der Fusion als Primärenergiequelle ab. Das Programm „Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research“ stellt Expertise für die nukleare Sicherheitsforschung und eine sichere Entsorgung zur Verfügung. Forschende des KIT sind maßgeblich beteiligt an der Erarbeitung der Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR).

Forschungsbereich Erde und Umwelt: Das KIT beteiligt sich ab 2021 in zwei Topics an dem Helmholtz-Programm „Changing Earth – Sustaining our Future“ im Forschungsbereich Erde und Umwelt. 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 2021 in die Aktivitäten des Joint Labs ExaESM eingegangen, das in Zusammenarbeit mit dem FB Information, insbesondere die Nationalen Hochleistungsrechner für die Datenmodellierung einbindet.

Forschungsbereich Information: Im Forschungsbereich Information legt das KIT in der PoF IV-Periode u. a. einen Schwerpunkt auf das Thema Cyber Security. So beteiligt sich das Kompetenzzentrum für angewandte Sicherheitstechnologie KASTEL im Forschungsbereich Information an der Helmholtz-Forschung auf dem Gebiet der angewandten Informationssicherheit. Weitere wichtige Themen für das KIT sind die Quantentechnologien, mit einem Schwerpunkt auf Quantencomputing sowie die informationsbasierte Materialwissenschaft. Dies zeigt sich auch in den neu entstandenen Querschnittsthemen (Joint Labs), die sich mit dem virtuellen Materialdesign unter Federführung des KIT, der Materialcharakterisierung sowie der Datenmodellierung in der Klimaforschung beschäftigen. Zudem wurde ein Innovationspoolprojekt auf dem Gebiet der Quantenforschung auch in 2021 weiter finanziert.

Forschungsbereich Materie: Im Forschungsbereich Materie konzentriert sich das KIT 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.

Strategische Investitionen im Korridor 2,5 – 15 Mio. Euro: Umsetzung ab 2021

Im Jahr 2021 hat das KIT die Umsetzung der Investitionen „IceCube Upgrade“, „INSIDE CLOUDS“ und „HiT -NMR“ weiter vorangetrieben und zudem mit der Umsetzung der Investition „Rotationsteststand HTS Geno“ begonnen. Das Ziel der Maßnahme ist es, einen weltweit einzigartigen Teststand zur Entwicklung rotierender, supraleitender Motoren und Generatoren aufzubauen. Wesentliche Komponenten einer supraleitenden Maschine, wie die Hochtemperatursupraleiter (HTS)-Wicklungen und das Kühlsystem, können in diesem Teststand entwickelt und in einem großen Maßstab getestet werden. Aktuell sind solche Tests nur an einer realen Maschine und dann nur zu begrenzten Zeiten, z.B. während einer Testphase, möglich. Dieser Teststand schließt somit eine Lücke von der Demonstratorentwicklung hin zu großen Prototypenanwendungen. Weiterhin wird der zuverlässige Betrieb von HTS Spulen für rotierende Maschinen demonstriert.

Strategische Investitionen im Korridor 2,5 – 15 Mio. Euro: Umsetzung ab 2022

Der Aufsichtsrat des KIT hat der Realisierung der Investition „DeepStor“ ab 2022 zugestimmt. Das Vorhaben „DeepStor“ hat die Erforschung eines Hochtemperatur-Wärmespeichers bzw. die Erforschung eines skalierbaren Multispeichersystems zum Ziel. Der Untergrund am Campus Nord des KIT gehört zu einer der prominentesten geothermalen Anomalien in Zentraleuropa. Mittels „DeepStor“ sollen dort die Eigenschaften eines saisonalen Hochtemperatur-Wärmespeichers in einem porösen tiefen Sedimentreservoir ausgelotet werden. Für einen geothermischen Wärmespeicher wird obertägig anfallende Abwärme eingespeichert (Sommer), welche dann im Winter u.a. zu Heizzwecken verwendet wird. Es besteht die Möglichkeit zur Nutzung als Fernwärme auf Wasserbasis oder für industrielle Anwendungen. Mit „DeepStor“ soll erprobt werden, wie Wärmespeicher ausgehend von einer derzeitigen Limitierung von ca. 50°C durch technologische Innovationen zu Hochtemperatur-Wärmespeichern mit Temperaturen von bis zu 150°C erweitert werden können. „DeepStor“ wird hierdurch zu einem wissenschaftlichen Demonstrator für einen Hochtemperatur-Untergrundspeicher mit höchstem Innovationspotenzial.

Strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. Euro: Umsetzung ab 2021

Die vom Senat der Helmholtz-Gemeinschaft in den Vorjahren bewilligten strategischen Ausbauinvestitionen unter Beteiligung des KIT, die „Helmholtz Data Federation (HDF)“, das „Modular Observation Solutions for Earth Systems (MOSES)“, „Full Scientific Exploitation of the LHC“, „Living Lab Energy Campus (LivingLab)“, „Karlsruhe Centre for Optics and Photonics (KCOP)“ und „Accelerator Technology Helmholtz INFRAstructure (ATHENA)“ wurden auch im Jahr 2021 weiter umgesetzt.

Zudem hat das KIT mit dem Aufbau der „Helmholtz Forschungs- und Versuchsplattform zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und zum Rückbau kerntechnischer Anlagen (HOVER)“ begonnen. Im August 2020 wurden dem KIT für HOVER zunächst nur die Mittel für die geplanten Baumaßnahmen in Höhe von ca. 5,2 Mio. Euro bewilligt. Im November 2020 wurden dem KIT dann durch die Zuwendungsgeber auch die Mittel für die geplanten Investitionen (für technische Ausstattung und Geräte) in Höhe von 9,4 Mio. Euro gewährt.

Die strategische Ausbauinvestition HOVER beinhaltet die Etablierung einer dezentralen Forschungsinfrastruktur an den Helmholtz-Zentren KIT, FZJ und HZDR. HOVER erlaubt die Bereitstellung einzigartiger und derzeit in Deutschland nicht verfügbarer Nuklearlaboratorien, die nukleare Abfallformen sowie Radionuklide einschließlich alpha-emittierender Aktinide untersuchen, um ihr Verhalten in Zwischenlagern und geologischen Tiefenlagern zu bestimmen. In der PoF IV und darüber hinaus soll HOVER das Programm „Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research (NUSAFE)“ durch neueste wissenschaftliche Untersuchungsmethoden und technische Entwicklungen im Rahmen der nationalen Entsorgungs- und Endlagerforschung stärken.

Strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. Euro: Umsetzung ab 2022

Der Helmholtz-Senat hat im Oktober 2020 eine Aussetzung des Verfahrens für strategische Ausbauinvestitionen im Jahr 2021 (Umsetzung ab 2022) beschlossen.

Teilnahme am Bund-Länder Programm zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses

Um den wissenschaftlichen Nachwuchs zu stärken, wird das KIT die Tenure-Track-Professur auch 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 auch im laufenden und kommenden Jahr weitere Junior- und Tenure-Track-Professuren im Rahmen des ExU-Vorhabens „KIT Excellent Tenure“ eingerichtet (geplant sind bis zu 10 JP/TTP 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 2. Förderrunde besetzt.

Bauliche Entwicklung

Das Projekt „Bauliche Entwicklungsplanung“ (BEP) ist in das Umsetzungsprojekt „Bereitstellung von Gebäuden und Infrastruktur“ des KIT integriert. Project-Owner ist der Vizepräsident für Wirtschaft und Finanzen des KIT. Die Projektverantwortung liegt bei der Dienstleistungseinheit Immobilienmanagement (IM), die bei der Projektbearbeitung weiterhin durch eine externe Beratungsgesellschaft unterstützt wird. Seit dem Projektstart in 2019 haben einzelne Projektmodule inzwischen einen weiten Bearbeitungsstand erreicht. Für die Abstimmung der Projektergebnisse fanden regelmäßige Austauschformate innerhalb des KIT statt, u.a. gemeinsame Sitzungen mit dem Präsidium und den Bereichsleitungen im Rahmen der Bauklausur KPS+, Workshops auf Präsidiums- und Bereichsebene zu den Themen „New Learning“, „New Work“ und „Forschungsinfrastrukturen“, Arbeitstermine mit Bereichs- und Institutsvertretern zur Flächenbedarfsbemessung. In der GFA und der UA wurden die Finanzmittelgeber über den Status der Baulichen Entwicklungsplanung beim Jahreskoordinierungsgespräch Bau und Jahresbautag informiert.

In den Modulen der Baulichen Entwicklungsplanung konnten weitere Ergebnisse vorgelegt werden. Im Modul Flächenbedarfsbemessung wurde ein Rechenmodell für die Ermittlung der Flächenbedarfe (aktuell und zukünftig) erarbeitet und ein Datengerüst erstellt. Diese Grundlagen wurden mit den Bereichen unter Hinzuziehen der Institute sowie der KIT-Fakultäten für die Flächenarten „Labor“, „Büro“, „theoretische und praktische Lehre“ vertieft herausgearbeitet und validiert, um darauf eine belastbare Flächenbedarfsgrundlage für die künftige bauliche Entwicklung am gesamten KIT aufzubauen. Erste Ergebnisse werden im 2. Quartal 2022 erwartet.

Im Modul „Bauliche Analyse“ konnten alle erforderlichen Gebäude (ca. 250) bis Ende des Jahres 2021 für die bauliche Zustandsbewertung an den Standorten Campus Nord, Campus Süd, Campus Ost und Campus West des KIT begangen werden. Für jedes Gebäude wird ein Gebäudesteckbrief erstellt, aus dem der Sanierungs- bzw. Modernisierungsbedarf hervorgeht. Bei einem Großteil der Gebäude wurde ein erheblicher Sanierungsbedarf festgestellt. Die Ergebnisse der baulichen Analyse werden in einem Gebäudeatlas zusammengestellt. Erste Ergebnisse liegen bereits vor. In der UA steht dazu noch die Abstimmung mit Vermögen und Bau, Amt Karlsruhe, aus.

Die Potenzialanalyse der Liegenschaften hat kurz-, mittel- und langfristig zur Verfügung stehende Baufeldpotenziale auf den Standorten des KIT identifiziert. Zudem wurde in der zweiten

Jahreshälfte 2021 eine Planungsgesellschaft mit der Entwicklung einer städtebaulichen Strukturplanung beauftragt und hat in enger Koordination mit der BEP die Arbeit aufgenommen. Hierbei werden die Standorte Nord, Süd und Ost des KIT in den Fokus genommen, wobei zunächst der Campus Nord einen prioritären Schwerpunkt für die städtebauliche Entwicklung bildet.

Der Beschluss des Bebauungsplans für den Campus Ost durch den Gemeinderat der Stadt Karlsruhe hat sich durch weitere Fragestellungen zu Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen verzögert und wird nun für 2022 erwartet.

Es wurde ein bauliches Leitbild KIT 2.0 erarbeitet. Mit den Bereichen wurden Ideen entwickelt, welche Gruppen von Nutzerinnen oder Nutzern zukünftig an welchem Standort zusammengeführt und untergebracht werden sollen – eine wesentliche Grundlage für das bauliche Entwicklungskonzept.

Für die bauliche Entwicklung der Physik im Bereich V wurden im Rahmen des baulichen Entwicklungskonzepts bereits verschiedene Szenarien untersucht und beleuchtet. Das KIT hat für die vertiefte Bearbeitung einen internen Auftrag zur Projektentwicklung ausgesprochen. Für die Gebäude in der UA steht der Projektentwicklungsauftrag des Landes dringend aus.

A.1.2.2 Herausragende wissenschaftliche Ergebnisse des Jahres

Wegweisende Ergebnisse der Energieforschung

Zur Entwicklung von Lithium-Metall-Batterien, die als Alternative zu herkömmlichen Lithium-Ionen-Batterien vor allem in der Elektromobilität Einsatz finden, haben Forschende am KIT und am in Kooperation mit der Universität Ulm gegründeten Helmholtz-Institut Ulm (HIU) eine vielversprechende Kombination aus Kathode und Elektrolyt eingesetzt. Die rekordverdächtige Lithium-Metall-Batterien haben eine hohe Energiedichte und können viel Energie pro Masse oder Volumen speichern. Darüber berichtet das Team im Magazin *Joule*. Die künftige Produktion von Batteriezellen muss schnell und kostengünstig, zugleich aber wandlungsfähig und mit hoher Produktqualität sein. Das vom KIT koordinierte Kompetenzcluster Intelligente Batteriezellproduktion (InZePro) zielt darauf ab, Produktionssysteme ganzheitlich zu optimieren und sie flexibler hinsichtlich Menge, Format, Material und eingesetzter Technologie zu machen. Die beteiligten Forschungsprojekte haben erste Ergebnisse erarbeitet. Im Forschungsgebiet Photovoltaik gelang es einem Team am KIT, den Wirkungsgrad von Perowskit-Solarzellen durch eine neue Materialkombination deutlich zu erhöhen. Die Ergebnisse seiner Studie veröffentlichte das Team in der Fachzeitschrift *Energy&Environmental Science*.

Forschung für Mobilität

Dass On-Demand-Verkehrsangebote der Verkehrswende nützen, haben Forschende des KIT und der TU München in einer aufwendigen Verkehrssimulation festgestellt. Sie haben über zwei Jahre lang die Wirkungen des von dem Dienstleister MOIA betriebenen, europaweit größten elektrischen Ridepooling-Dienstes auf den Verkehr in Hamburg untersucht. Die Studie mit einem eigens entwickelten Simulations-Tool liefert erstmals wissenschaftlich unabhängige Erkenntnisse für den Anbieter MOIA, die Verkehrspolitik und -planung. Ergebnis der Verkehrssimulationen ist, dass Ridepooling einen Beitrag zur Verkehrswende in Hamburg liefert, regula-

torische Maßnahmen im Pkw-Verkehr aber zudem notwendig sind, um größere Effekte zu erzielen. In vier Zukunftsszenarien konnte gezeigt werden, dass die Nutzung von Ridepooling stark von den Rahmenbedingungen in der Stadt abhängt und dass für ein nachhaltiges Verkehrssystem verkehrspolitische Maßnahmen notwendig sind.

Informationstechnologien der Zukunft

Dass sich Quanteninformationsverarbeitungssysteme, beispielsweise Quantencomputer, mit Licht schnell und effizient betreiben lassen, haben Forschende am KIT und an der Chimie ParisTech – CNRS gezeigt. Sie haben die Entwicklung von molekülbasierten Materialien, die sich als lichtadressierbare fundamentale Quanteneinheiten eignen, wesentlich vorangebracht. Wie sie in der Zeitschrift *Nature Communications* berichten, haben sie erstmals die Möglichkeit demonstriert, Kernspinniveaus eines molekularen Komplexes aus Europium(III)-Seltene-Erden-Ionen mit Licht zu adressieren. Das Projekt LaserShark untersucht versteckte Kommunikation über optische Kanäle. Hier konnten IT-Sicherheitsexperten des KIT demonstrieren, dass auch Computersysteme, die physisch von der Außenwelt isoliert sind, Angriffen ausgesetzt sein können. Mit einem gerichteten Laser lassen sich Daten an bereits in Geräten verbaute Leuchtdioden übertragen, sodass Angreifende über mehrere Meter heimlich mit physisch isolierten Systemen kommunizieren können. LaserShark zeigt, dass sicherheitskritische IT-Systeme nicht nur informations- und kommunikationstechnisch, sondern auch optisch gut geschützt sein müssen.

Neue Materialien und 3D-Druckverfahren

Im Exzellenzcluster „3D Matter Made to Order (3DMM2O)“ arbeiten Forschende des KIT und der Universität Heidelberg interdisziplinär daran, den 3D-Druck präziser, schneller und leistungsfähiger zu machen. Ein Team am KIT forscht zu künstlichen Materialien, sogenannten Metamaterialien, die Rotonen gleichsam züchten. Diese am Computer designten und mit ultrapräzisem 3D-Laserdruck hergestellten Metamaterialien könnten in Zukunft Schall auf bisher unerreichte Weise manipulieren oder lenken. Über diese Arbeit berichtet die Zeitschrift *Nature Communications*. Bei 3D-Laserdruckern, die dreidimensionale Mikro- und Nanostrukturen drucken, sind bisher große und kostspielige Lasersysteme notwendig. Am KIT und an der Universität Heidelberg nutzen Forschende stattdessen das sogenannte Zwei-Stufen-Verfahren, mit dem kompaktere, kleinere Drucker möglich sind und das mit kostengünstigen winzig kleinen blauen Laserdioden funktioniert (Publikation in *Nature Photonics*). In *Advanced Materials* berichten Forschende des KIT und der Friedrich-Schiller-Universität Jena, dass es ihnen gelungen ist, einen Diffusor – eine optische Streuscheibe – auf der Basis von Meta-Materialien aus Silizium-Nanopartikeln zu entwickeln. Damit können sie Richtung, Farbe und Polarisierung von Licht gezielt steuern. Anwendungen kann die neuartige Technologie etwa in transparenten Bildschirmen oder in der Augmented Reality finden. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT haben in 3DMM2O ein neues Verfahren entwickelt, mithilfe dessen der 3D-Druck nanoporöser Strukturen möglich ist (Publikation in *Nature Communications*).

Forschung für Klima und Umwelt

Um die Auswirkungen meteorologischer und hydrologischer Extreme auf die langfristige Entwicklung von Erd- und Umweltsystemen zu untersuchen, bauen neun Forschungszentren der Helmholtz-Gemeinschaft das mobile und modular verwendbare Beobachtungssystem MOSES (Modular Observation Solutions for Earth Systems) auf, das bis 2022 vollständig einsatzfähig

sein soll. Im Mai 2021 startet die mehrmonatige Messkampagne „Swabian MOSES“, die vom KIT koordiniert wurde, im Bereich der Schwäbischen Alb und des Neckartals in Baden-Württemberg. Das KIT setzte im Rahmen der Messkampagne sein mobiles Observatorium KITcube ein, das detaillierte Informationen über den Zustand der Atmosphäre bei der Entstehung und Entwicklung von Gewittern liefert.

Auf der Jagd nach kleinsten Teilchen

Neutrinos sind die häufigsten, leichtesten aber auch geheimnisvollsten Elementarteilchen unseres Universums. In der Kosmologie spielen sie bei der Bildung von großräumigen Strukturen eine wichtige Rolle, und in der Teilchenphysik nehmen sie eine Sonderstellung ein, denn ihre winzige Masse weist auf neue physikalische Prozesse jenseits der bisherigen Theorien hin. Ohne die Messung der Neutrinomasse wird unser Verständnis des Universums unvollständig bleiben. Mit dem Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment KATRIN wollen Forschende des KIT die Masse dieser rätselhaften Teilchen erstmals genau bestimmen und haben nun einen wichtigen Meilenstein in der Erforschung der Neutrinos und ihrer Eigenschaften erreicht. Die weltweit empfindlichste Waage konnte für die Neutrinomasse eine neue experimentelle Obergrenze von 0,8 Elektronenvolt aufstellen. Dies ist die bisher sensitivste modellunabhängige Eingrenzung überhaupt. Um die Masse des Neutrinos zu bestimmen, untersucht KATRIN den Beta-Zerfall von Tritium, einem instabilen Wasserstoff-Isotop. Aus der Energieverteilung der bei diesem Zerfall erzeugten Elektronen ermittelt KATRIN die Masse des Neutrinos. Das 70 Meter lange Experiment beherbergt die weltweit intensivste Quelle von Tritium sowie ein riesiges Spektrometer, mit dem sich die Energien der Zerfallselektronen mit bisher unerreichter Präzision messen lassen.

Forschung für die Gesellschaft

Die Motorik-Modul-Längsschnittstudie (MoMo) des KIT und der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe (PHKA) zeigt, dass sich die mentale Gesundheit von Kindern und Jugendlichen im ersten Lockdown verschlechtert hat. Bei Kindern zwischen vier und zehn Jahren und, unabhängig vom Alter, bei Mädchen förderte die mentale Gesundheit das Aktivitätsverhalten im coronabedingten Lockdown im Frühjahr 2020. Die Studie ist in der Fachzeitschrift *Children* erschienen. Angesichts der fehlenden sportlichen Aktivität bei Kindern und Jugendlichen während der Pandemie halten Sportwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler am KIT eine Qualitätsoffensive von Kommunal- und Bundespolitik für eine hochwertige Sport- und Bewegungsförderung Heranwachsender für notwendig. Gemeinsam mit Fachkolleginnen und -kollegen des deutschlandweit einzigen interinstitutionellen Forschungszentrums für den Schulsport und den Sport von Kindern und Jugendlichen (FoSS) – das vom KIT und der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe getragen wird – haben die Forscherinnen und Forscher „5 Thesen und 11 Empfehlungen zur Bewegungs- und Sportförderung vor dem Hintergrund der Corona-Pandemie“ veröffentlicht.

Corona-Forschung

Eine Erfindung des KIT ermöglicht schnellere PCR-Tests. Bei diesen Tests, die derzeit die verlässlichste Methode zum Nachweis einer SARS-CoV-2-Infektion darstellen, werden Bruchstücke der Erbsubstanz des Virus aufgespürt. Die im Abstrich enthaltene Erbsubstanz muss zunächst gereinigt und konzentriert werden. Für diese Aufreinigung beruht eines der verlässlichsten Verfahren auf der Verwendung speziell beschichteter Magnetpartikel. Eine Erfindung

von Wissenschaftlern des KIT automatisiert die Handhabung der Partikel und macht das Verfahren damit wesentlich effizienter. Bei ihrem Prinzip erfolgt die Manipulation der Partikel mit Metallstäben, deren magnetische Anziehungskraft sich von außen an- und ausschalten lässt. Damit lassen sich die Partikel für den nächsten Aufreinigungsschritt in ein neues Gefäß transportieren, um dort durch rasche Rotation die DNA-Bruchstücke wieder zu verteilen – wie winzige Rührer. Der Prozess läuft schnell und vollautomatisch mit 96 Nadeln gleichzeitig ab. Das am KIT entwickelte Prinzip der automatisierten und parallelisierten Manipulation und Wiederverteilung von Magnetpartikeln kommt in den Geräten der PerkinElmer chemagen Technologie GmbH zur Isolierung von Nukleinsäuren zum Einsatz. Im Jahr 2020 wurden weltweit mehr als 900 Systeme verkauft, und der Marktanteil in der Probenvorbereitung für SARS-CoV-2 PCR-Tests lag in Deutschland bei etwa 25 Prozent.

A.1.2.3 Besondere Vorkommnisse

Weiterentwicklung des KIT und wichtige Ereignisse

Mit der Unterzeichnung einer neuen Verwaltungsvereinbarung zwischen Bund und Land und der Verabschiedung des 2. KIT-Weiterentwicklungsgesetzes am 3. Februar 2021 im Landtag Baden-Württemberg wurde ein weiterer Schritt zum Zusammenwachsen des KIT getan.

Der Aufsichtsrat hat das Präsidium mit der Umsetzung des neuen Rechtsrahmens beauftragt. Eingebettet in die Projektlandschaft der Dachstrategie KIT 2025 erfolgt die Implementierung im Umsetzungsprojekt KIT 2.0. Kick-Off war im April 2021, das Projektende ist für Dezember 2022 anvisiert, wenn die gesetzlichen Übergangsfristen enden. Entlang von elf Arbeitspaketen werden bis dahin zahlreiche Prozesse und Grundlagen überarbeitet, wie die Gemeinsame Satzung oder das Finanzstatut des KIT.

Im Juli 2021 übergab die baden-württembergische Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Theresia Bauer, den Hochleistungsrechner Karlsruhe (HoreKa) an das KIT. Der Supercomputer erbringt eine Spitzenleistung von 17 PetaFLOPS, 17 Milliarden Rechenoperationen pro Sekunde, und ist damit einer der schnellsten in Europa.

Prof. Dr. Almut Arneth vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU) erhielt den Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis 2022 der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Mit dem mit 2,5 Mio. Euro höchstdotierten Wissenschaftspreis Deutschlands würdigt die DFG die Wissenschaftlerin für ihre Forschung zu Ökosystemen unter dem Einfluss globaler Umweltveränderungen.

Das KIT holte einen weiteren weltweit führenden Forscher nach Deutschland: Der Teilchenphysiker Prof. Dr. Markus Klute wurde für eine Humboldt-Professur ausgewählt. Er hat mit seiner Gruppe wesentlich zur Entdeckung des Higgs-Bosons im Jahr 2012 am CERN bei Genf beigetragen und spielte bei dem dortigen Experiment Compact Muon Solenoid (CMS) eine zentrale Rolle. Mit diesem Preis, der mit bis zu fünf Mio. Euro dotiert ist, zeichnet die Alexander von Humboldt-Stiftung herausragende Forschende aus, die bislang im Ausland tätig waren.

Im Jahr 2021 verliehen das KIT und der KIT Freundeskreis und Fördergesellschaft e.V. die Heinrich-Hertz-Gastprofessur an Claudia Nemat. Die deutsche Managerin ist Mitglied des Vorstands der Deutschen Telekom und zuständig für das Ressort Technologie und Innovation. Den Julius Wess-Preis 2021 des KIT-Zentrums Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik (KCETA) erhielt Prof. Dr. Mark Wise vom California Institute of Technology, kurz Caltech, für bahnbrechende wissenschaftliche Leistungen in der theoretischen Teilchenphysik.

Mit der KIT Science Week, einem Projekt innerhalb der Förderung als Exzellenzuniversität, startete das KIT mit Partnern im Oktober 2021 unter dem Motto „Der Mensch im Zentrum lernender Systeme“ ein neues beteiligungsorientiertes und interaktives Veranstaltungsformat. Nicht nur Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Kultur erhielten die Möglichkeit zum Austausch: Bürgerinnen und Bürger aus Stadt und Region waren eingeladen, sich an innovativen Onlineformaten wie Massive Open Online Courses oder Escape-Rooms zu beteiligen.

Beteiligung an nationalen Forschungsinfrastrukturen und Gremien

Das KIT ist an Aufbau und Betrieb großer Forschungsinfrastrukturen beteiligt, die Forschende weit über das KIT hinaus nutzen. In der europäischen Forschungsinfrastruktur ACTRIS (The Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure) untersuchen zahlreiche Forschungseinrichtungen kurzlebige Atmosphärenbestandteile und bauen die Erdsystembeobachtung und -forschung aus. An ACTRIS beteiligen sich europaweit weit über 100 Forschungseinrichtungen aus 22 Ländern. Innerhalb von ACTRIS ist das KIT insbesondere in zwei großen Forschungsfeldern engagiert: CIS und ACTRIS-D. So übernimmt das KIT den Aufbau und die Leitung des Kalibrierzentrums CIS – Centre for Cloud In-Situ Measurements. Das Konsortium CIS ist eines von sechs europäischen Zentren, die sich auf die Fernerkundung und auf die Vor-Ort-Untersuchungen von Aerosolen, Wolken und Spurengasen spezialisieren. Mit der Erforschung von kurzlebigen Bestandteilen der Atmosphäre vom Boden bis in die Stratosphäre soll die deutsche Infrastruktur ACTRIS-D – an der auch das KIT beteiligt ist – Forscherinnen und Forschern dabei helfen, die Unsicherheiten in der Vorhersage des zukünftigen Klimas zu reduzieren.

Um Datenbestände von Wissenschaft und Forschung für das gesamte deutsche Wissenschaftssystem zugänglich zu machen, bauen Bund und Länder die Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) auf, deren Direktorat in Karlsruhe angesiedelt ist. In der NFDI sollen wissenschaftliche Daten systematisch erschlossen, langfristig gesichert und zugänglich gemacht werden. Zentrales Element sind Konsortien, in denen Nutzer und Anbieter von Forschungsdaten mit Einrichtungen der Informationsinfrastruktur zusammenwirken. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) sind an fünf der in diesem Jahr geförderten zehn Konsortien beteiligt (NFDI4Earth, DAPHNE4NFDI, FAIRmat, NFDI-MatWerk, PUNCH4NFDI) sowie an weiteren, die bereits seit 2020 gefördert werden (NFDI4Chem, NFDI4Ing, NFDI4Cat).

Anfang des Jahres 2021 wurde Prof. Dr. Dorothea Wagner, Professorin für Algorithmik am KIT, in ihrem Amt als Vorsitzende des Wissenschaftsrats bestätigt. Prof. Dr. Almut Arneth, Institut für Meteorologie und Klimaforschung Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU), wurde in den Klima-Sachverständigenrat Baden-Württemberg gewählt. Prof. Dr. Andrea Hartwig, Institut für Angewandte Biowissenschaften (IAB), wurde als Repräsentantin des KIT als wissenschaftliches Mitglied in die Expert Group High Level Roundtable on the Chemicals Strategy for Sustainability der Europäischen Union berufen. Der Vizepräsident für Forschung des KIT, Prof. Dr. Oliver Kraft, wurde in den BMBF-Rat zur technologischen Souveränität berufen. Das BMBF berief Prof. Dr. Helmut Ehrenberg, Institut für Angewandte Materialien (IAM) und Prof. Dr. Jürgen Fleischer, Institut für Produktionstechnik (wbk) in den Beirat „Batterieforschung Deutschland“, und Prof. Dr. Armin Grunwald vom Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) wurde in den Deutschen Ethikrat berufen.

Neue Leuchtturmprojekte in der Forschung

Energie

Am KIT arbeiten viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterschiedlicher Disziplinen in Forschungsnetzwerken und Projekten an Themen der immer wichtiger werdenden globalen Batterieforschung. Im Forschungsprojekt AgiloBat2 entsteht ein Produktionssystem, mit dem sich Batteriezellen vollständig format-, material- und stückzahlflexibel herstellen lassen. Im Batterie-Kompetenzcluster Aqua optimieren Forschende die Massenfertigung hochwertiger Lithium-Ionen-Batterien mit einer automatischen Fehlererkennung und ermöglichen damit fortschrittliche Ansätze zur Qualitätssicherung und Analytik bei der Produktion. Im Projekt ALANO entwickeln Industrie und Wissenschaft unter der Koordination der BMW AG innovative Konzepte für Lithium-Batterien der nächsten Generation. Akkus mit einer Lithiummetall-Anode als zentraler Komponente und einem festen Elektrolyten sollen bei hoher Sicherheit die Energiedichte auf Zellebene erhöhen und damit die Reichweite von E-Autos verlängern.

Im Exzellenzcluster „Post Lithium Storage“ (POLiS) wurden erste Elektrolyte für Calciumbatterien entwickelt, welche auch bei Raumtemperatur arbeiten und die eine hohe Stabilität und Reversibilität aufweisen. Der in POLiS entwickelte Elektrolyt für Magnesiumbatterien gilt in der Fachwelt als Benchmark. Ebenfalls im Exzellenzcluster POLiS baut der im Vorjahr 2020 rekrutierte TT-Prof. Helge Stein eine weltweit einzigartige, sogenannte „Materials Acceleration Platform (MAP)“ auf, in der eine autonome, KI-gesteuerte Robotik selbsttätig Proben herstellt, analysiert, die Daten auswertet und neue Messreihen initiiert.

Im neuen Forschungskonsortium „Storage Research Infrastructure Eco-System“ (StoRIES), das am 1. November 2021 startete, arbeiten Forschende aus ganz Europa mit unterschiedlichen Forschungsschwerpunkten in enger Kooperation mit der Industrie an hybriden Energiespeichertechnologien. Das wichtigste technologische Ziel von StoRIES ist die Entwicklung von Energiespeichern aller Art, die leistungsfähig, ausdauernd, nachhaltig und kostengünstig sein sollen. Einen neuen Ansatz für die Entwicklung leistungsfähiger Energiespeicher im öffentlichen Stromnetz verfolgt das Forschungsprojekt „Lebensdaueroptimierte Integration Modularer Energiespeicher in Stromnetze“ (LeMoStore): Das Konzept sieht vor, mehrere kleine Batteriemodule, die auf verschiedenen Speichertechnologien basieren, flexibel zu kombinieren und effizient über einen netzfreundlichen Wechselrichter an das Stromnetz anzubinden. Im Projekt SKALE, das Anfang 2022 startete, entwickelt das KIT mit Partnern ein skalierbares Ladesystem für Elektroautos mit Photovoltaikanlage, stationärem Lithium-Ionen Speicher und Mittelspannungs- Netzanschluss. Ladeleistung und Wirkungsgrad sollen gesteigert und Kosten gesenkt werden.

Um eine grüne Wasserstoffwirtschaft weiter voranzutreiben, fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung drei Wasserstoff-Leitprojekte mit bis zu 740 Mio. Euro. In alle drei bringen Forscherinnen und Forscher des KIT ihre Expertise ein. Das Leitprojekt H₂Mare untersucht Möglichkeiten, grünen Wasserstoff und seine Folgeprodukte direkt auf See mithilfe von Windenergieanlagen zu produzieren, in TransHyDE entwickeln, bewerten und demonstrieren die beteiligten Partner wasserstoffbasierte Technologien und Lösungen für den Wasserstofftransport und H₂Giga erforscht die serienmäßige Herstellung von Wasser-Elektrolyseuren, also von Anlagen zur Wasserstofferzeugung mit Strom.

Information

Im Februar 2021 gründete das KIT „KASTEL – Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit“ als eigenständiges Institut. Hervorgegangen ist es aus dem – ebenfalls KASTEL genannten – Kompetenzzentrum für Angewandte Sicherheitstechnologie, das als eines von drei nationalen Kompetenzzentren für Cybersicherheit im Jahr 2011 auf Initiative des BMBF am KIT entstand. Ziel von KASTEL ist es, durch den breiten interdisziplinären Ansatz, der auch juristische und sozialwissenschaftliche Fragestellungen einschließt und am KIT alle Kompetenzen zum Thema IT-Sicherheit bündelt, Wirtschaft und Gesellschaft besser vor zunehmenden Cyberattacken zu schützen. KASTEL kann seit seiner Gründung auf eine Reihe von Initiativen und Innovationen im Bereich der IT-Sicherheit zurückblicken. So wurde beispielsweise das Blurry Box-Verfahren mit dem Deutschen IT-Sicherheitspreis ausgezeichnet – ein Softwareschutz zur Abwehr von Industriespionage und -sabotage, der auch dann schützt, wenn den Angreifenden der Schutzmechanismus bekannt ist. In der Lehre hat sich KASTEL dafür eingesetzt, dass der Aspekt der Sicherheit integraler Bestandteil des Informatik-Studiums am KIT wurde. Ob in der Produktion, im Lager oder Versand: Wo Güter hergestellt, gelagert, sortiert oder verpackt werden, wird auch kommissioniert. Im Projekt „Federated Learning for Robot Picking“ (FLAIROP) arbeiten Forschende des KIT gemeinsam mit Partnern aus Deutschland und Kanada an neuen KI-Methoden für Kommissionierroboter. Dabei werden an mehreren Kommissionierstationen Artikel von autonomen Robotern mittels Greifen und Umsetzen weiterverarbeitet. An den verschiedenen Stationen werden die Roboter mit ganz unterschiedlichen Artikeln trainiert. Am Ende sollen sie in der Lage sein, auch Artikel anderer Stationen zu greifen, die sie vorher noch nicht kennengelernt haben. Ein intelligenter digitaler Stift, der beim Erlernen der Handschrift hilft und diese mit digitalen Medien verbindet, soll im deutsch-französischen Projekt „Kaligo-based Intelligent Handwriting Teacher“ (KIHT) entstehen. Das Projekt wird vom KIT koordiniert und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Dabei werden Algorithmen der Künstlichen Intelligenz erforscht, die es ermöglichen, eine Schriftspur zu rekonstruieren und die Handschrift zu interpretieren. Das innovative Lerngerät lässt sich zum Schreiben auf Papier einsetzen, verfügt jedoch über Inertialsensorik, die es ermöglicht, kleinste Änderungen in den drei Raumachsen zu erfassen und jede Position in Folge zu bestimmen.

Klima und Umwelt

Das Projekt „Karlsruher Reallabor Nachhaltiger Klimaschutz“ (KARLA) des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse des KIT startete mit 30 Partnern im Jahr 2021; es wird durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg gefördert. Zur Erarbeitung gemeinsamer Klimaschutzziele und eines abgestimmten Vorgehens wurde mit den weiteren sieben Karlsruher Hochschulen und der Stadt Karlsruhe ein Klimapakt vereinbart. Erstmals kooperieren alle Karlsruher Hochschulen, um die städtischen Klimaziele zu erreichen. (Weiteres zum Projekt KARLA s. Kapitel zur Nachhaltigkeit unten.)

Mobilität

Ziel des Projekts „Software-defined Manufacturing für die Fahrzeug- und Zulieferindustrie“ (SDM4FZI) ist es, durch softwaredefinierte Fertigung Lösungen für eine schnelle, flexible und effiziente Produktion in diesen Branchen zu entwickeln. Im Projekt bündeln unter der Leitung der Robert Bosch GmbH sowie des KIT und der Universität Stuttgart als Wissenschaftspartnern insgesamt 30 Unternehmen ihre Kompetenzen. Beim Erproben hochautomatisierter

Fahrzeuge und Millionen dabei zurückgelegter Kilometer fallen große Mengen an Daten an. Das neue Verbundvorhaben „Künstliche Intelligenz zur selektiven echtzeitnahen Aufnahme von Szenarien- und Manöverdaten bei der Erprobung von hochautomatisierten Fahrzeugen“ (KISME) zielt darauf ab, diese Datenmengen mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz zu reduzieren. Das KIT stellt Daten aus Fahrversuchen und Simulationen bereit. Im Projekt „Software-Defined Car“ (SofDCar) sollen standardisierte Regeln und Prozesse geschaffen werden, damit die elektronischen Komponenten im Fahrzeug reibungslos zusammenspielen, jederzeit aktualisierbar und damit sicher bleiben. Neben dem KIT sind die Universität Stuttgart, das Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart sowie das FZI Forschungszentrum Informatik, ein Innovationspartner des KIT, beteiligt. Die agile E-Motoren-Produktion erforschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT im Forschungsvorhaben AgiloDrive2 in Zusammenarbeit mit weiteren Partnern. Sie wollen zukunftsrobuste Baukastenstrukturen, effiziente Auslegungsmethoden sowie datenbasierte Technologien und digitale Prozessketten entwickeln. Hiermit soll ein agiles Produktionssystem für elektrische Traktionsmotoren als reale Versuchsumgebung implementiert werden. In dem am KIT koordinierten Projekt XANDAR erarbeiten acht Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft eine komplette Werkzeugkette zur Softwareentwicklung und Hardware-Software-Integration für komplexe Anwendungen auf zukünftigen Prozessorplattformen, beispielsweise in autonomen Fahrzeugen und für zukünftige Urban-Air-Mobility-Konzepte. Die Europäische Kommission fördert das Projekt seit Anfang 2021 für drei Jahre mit insgesamt rund 5 Mio. Euro.

Weiterentwicklung der Lehre: Zukunftsweisende Projekte und Lernformen

Auch das Jahr 2021 war von der Corona-Pandemie geprägt. Wie schon im davorliegenden Wintersemester startete am KIT die Vorlesungszeit des Sommersemesters 2021 am 12. April 2021 mit Online- Lehre. Die Studierenden wurden gebeten, nicht zu Lehrveranstaltungen oder zum Lernen auf den Campus zu kommen. Mit Beginn des Wintersemesters im Oktober 2021 fanden nach drei Online-Semestern wieder viele Lehrveranstaltungen vor Ort auf dem Campus Süd des KIT statt. Gleichzeitig konnten Studierende einige Vorlesungen, die in Präsenz stattfanden, auch online von anderen Orten aus besuchen. Das Konzept der hybriden Lehre ermöglicht es den Studierenden, selbst zu entscheiden, wie sie angesichts des aktuellen Infektionsgeschehens in der Corona-Pandemie teilnehmen wollen. Die Lehrenden konnten ihre Lehrveranstaltungen trotzdem wie geplant durchführen. Mit den neuen Mischformaten blieb die Teilnahme auch für Studierende möglich, die noch nicht vollständig geimpft waren oder aufgrund von Quarantäne oder COVID-19-typischen Symptomen nicht in Präsenz teilnehmen durften. So wurde etwa ein Drittel der Vorlesungen am KIT als hybride Veranstaltung angeboten. Die Teilnehmenden an Präsenz-Veranstaltungen mussten jedoch einen 3G-Nachweis erbringen. Zusätzlich bestand bei diesen Veranstaltungen Maskenpflicht, wenn der Mindestabstand von 1,5 Meter nicht sicher eingehalten werden konnte. Unter diesen Bedingungen standen auch wieder studentische Lernplätze zur Verfügung.

Sechs Jahre nach der ersten Systemakkreditierung des KIT erfolgte 2020 standardmäßig eine erneute Prüfung des internen Qualitätsmanagements in Studium und Lehre durch eine internationale externe Gutachtergruppe, die es als hervorragend bescheinigte. Die daraufhin in 2021 durch den Akkreditierungsrat ausgesprochene erneute Systemakkreditierung ist ein Beleg dafür, dass die Studiengänge und das interne Qualitätsmanagement am KIT konsequent die hohen Standards erfüllen, und gewährleisten, dass die Studiengänge entsprechend dem Leitbild des KIT forschungsorientiert ausgerichtet sind und klar definierte Qualifikationsziele verfolgen.

Im Projekt „Partnerschaft für innovative E-Prüfungen“ (PePP) erschließen die baden-württembergischen Universitäten gemeinsam, wie digitale Prüfungen, die während der Corona-Pandemie an Bedeutung gewonnen haben, hochschulübergreifend verfügbar gemacht werden können. Mit PePP verfolgen sie das Ziel, bislang ungenutzte Potenziale elektronischer Prüfungen für Lernende und Lehrende systematisch zu erschließen sowie bestehende Erfahrungen breiter verfügbar zu machen. Das Verbundvorhaben ist Ergebnis der landesweiten Zusammenarbeit im Hochschulnetzwerk „Digitalisierung der Lehre Baden-Württemberg“ (HND-BW) mit seiner Geschäftsstelle am KIT. Sprecher des HND-BW-Lenkungskreises ist Prof. Dr. Alexander Wanner, Vizepräsident für Lehre und akademische Angelegenheiten des KIT. Ein erstes Online-Netzwerktreffen mit rund 100 Teilnehmenden aus ganz Deutschland bildete im September 2021 den Auftakt für den hochschulübergreifenden Austausch. Im Mittelpunkt des Treffens stand der Austausch über Chancen und Herausforderungen digitaler Prüfungen sowie die konstruktive Diskussion über verschiedene Lösungsansätze.

Das Corona-Absolventenprogramm im „InnovationsCampus Mobilität der Zukunft“ (ICM) der Universität Stuttgart und des KIT bietet angehenden Ingenieurinnen und Ingenieuren die Möglichkeit, einen Einstieg in den Arbeitsmarkt zu finden, der bisweilen durch die Corona-Pandemie erschwert ist. Bis zu 80 Studienabgängerinnen und Studienabgänger beider Universitäten können darin übergangsweise an den Universitäten angestellt werden, an Projekten arbeiten und sich weiter qualifizieren. Dabei stehen die unkomplizierte Aufnahme und die individuelle Betreuung im Vordergrund. Im Jahr 2021 nahmen 25 Absolventinnen und Absolventen an dem Programm teil. Die baden-württembergische Wissenschaftsministerin Theresia Bauer tauschte sich im Juli 2021 in einem virtuellen Treffen mit den Absolventinnen und Absolventen über die ersten Erfahrungen aus. Ende des Jahres haben die ersten Geförderten eine Anstellung in der Industrie gefunden.

Ab voraussichtlich 2023 können Studierende und Lehrende aus Maschinenbau und Elektrotechnik am KIT im neuen Lern- und Anwendungszentrum Mechatronik (LAZ) den vollständigen Prozess von der ersten Idee bis zum fertigen Produkt erleben. Der Grundstein für den Neubau wurde am 15. November 2021 gelegt. Das künftige LAZ wird auf einer Nutzfläche von rund 3.000 Quadratmetern unter anderem Platz für einen Hörsaal mit 274 Plätzen, moderne Lernflächen, eine Prototypenwerkstatt sowie neuartige Kommunikations- und Projekträume bieten. Das größte Stipendienprogramm am KIT ist das Deutschlandstipendium. Mit dem Deutschlandstipendium zeichnet das KIT besonders engagierte und herausragende Studierende aus. Im Wintersemester 2020/2021 konnten 312 Studierende mit Stipendien gefördert werden.

Kooperationen zur Steigerung der Innovationsleistung

In der innovationsorientierten Forschung konnte das KIT im Berichtsjahr 2021 zahlreiche zukunftsweisende Gründungsaktivitäten aufweisen. Die KIT-Gründerschmiede bündelt alle Aktivitäten zu den Themen Gründung und Entrepreneurship am KIT. Das neue „Global Horizon Program“ (GHPro), das über das EXIST-Förderprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert wird, hat das Ziel, Gründende für internationale Märkte fit zu machen. Die Internationalisierung wird auch in dem von den Hochschulen aus Mannheim, Heidelberg und Karlsruhe geschaffenen „DeepTechHub SouthWest“ (DTH) vorangetrieben. Die Stärken und Kompetenzen der TechnologieRegion Karlsruhe und der Metropolregion Rhein-Neckar sollen vereint werden, um sich deutschland- und europaweit für Gründungen und Entrepreneurship als wichtiger Hot Spot zu positionieren.

Im „Innovationscampus Mobilität der Zukunft“ (ICM) arbeiten das KIT und die Universität Stuttgart zusammen an der Entwicklung bahnbrechender Technologien, von neuen Dienstleistungen über völlig neue Antriebe und Bauteile bis hin zu innovativen Produktionsverfahren, damit

die künftige Mobilität umweltfreundlich, vernetzt und automatisiert werden kann. Das Land Baden-Württemberg baut den ICM zukünftig weiter aus und stellt dafür in den nächsten vier Jahren weitere 50 Mio. Euro in zwei Maßnahmenpaketen bereit.

Das von der Bunderegierung gegründete „Deutsche Zentrum Mobilität der Zukunft“ (DZM) bündelt Kompetenzen aus Wissenschaft, Wirtschaft, Bund, Ländern und Kommunen, erarbeitet Konzepte für eine zukunftsgerichtete Mobilität und bietet verschiedenen Mobilitätsideen und Forschungsansätzen eine zentrale Plattform. Einer der Standorte des DZM ist Karlsruhe. Das erste Forschungsprojekt „Country to City Bridge – C2CBridge“ mehrerer Karlsruher Einrichtungen rund um die Mobilität unter Federführung des KIT soll untersuchen, wie ein öffentliches Verkehrsangebot die Kluft zwischen Land und Stadt effizient und attraktiv überbrücken kann.

Wissenschaftlicher Nachwuchs

Zur Stärkung des wissenschaftlichen Nachwuchses fördert die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) Graduiertenkollegs. 2021 waren zwei neue Anträge des KIT erfolgreich. Im neuen interdisziplinären Graduiertenkolleg „KD²School – Gestaltung von adaptiven Systemen für ökonomische Entscheidungen“ wird erforscht, wie ökonomische Entscheidungsprozesse in der Wirtschaft und im Alltag kontextabhängig durch IT-basierte Systeme unterstützt werden können, um beispielsweise Menschen in ihrer Arbeitsumgebung mehr Produktivität und Wohlbefinden zu ermöglichen. Außerdem verlängerte die DFG das Graduiertenkolleg „SiMET – Simulation mechanisch-elektrisch-thermischer Vorgänge in Lithium-Ionen-Batterien“ bis zum Jahr 2026. Die Mitglieder des Graduiertenkollegs entwickeln Modelle und Simulationsmethoden, mit denen sich unter anderem vorhersagen lässt, wie sich Unterschiede im inneren Aufbau auf die Leistungsfähigkeit der Batterie im Betrieb und auf deren Alterungsverhalten auswirken.

Das Förderprogramm GradeUP bietet eine langfristige Förderung zur Initiierung neuer KIT-Graduiertenschulen, die direkt an oder in einem KIT-Zentrum angesiedelt sind. Zum 1. Januar 2021 starteten zwei Graduiertenschulen: „Cultures of Knowledge“ im KIT-Zentrum Mensch und Technik sowie „UpGrade Mobility“ im KIT-Zentrum Mobilitätssysteme. In der zweiten Förderrunde waren weitere vier Graduiertenschulen erfolgreich, die am 1. August 2021 starteten: „KIT Graduate School of Quantum Matter“ im KIT-Zentrum Materialien, „KIT Graduate School of Computational and Data Science“ im KIT-Zentrum Mathematik, „Enabling Net Zero“ im KIT-Zentrum Energie sowie „Cyber Security“ im KIT-Zentrum Information.

Die Förderung der interdisziplinären mathematischen Forschung steht im Mittelpunkt der neuen Förderinitiative am KIT-Zentrum „Mathematics in Sciences, Engineering, and Economics“ (MathSEE). Die Initiative „Bridge PhDs – Förderung der interdisziplinären mathematischen Forschung“ zielt darauf ab, die Zusammenarbeit zwischen Forschenden der Mathematik und den angewandten Wissenschaften zu stärken.

Im Jahr 2021 wurden neue KIT-Nachwuchsgruppen bewilligt. Eine von der DFG für jeweils sechs Jahre geförderte Emmy Noether-Nachwuchsgruppe erhielten Dr. Rudolf Lioutikov, Institut für Anthropomatik und Robotik, und Dr. Belina von Krosigk, Institut für Astroteilchenphysik, Dr. Benjamin Schäfer, Institut für Automation und angewandte Informatik, konnte eine Helmholtz-Nachwuchsgruppe einwerben und Dr. Simon Fleischmann vom Helmholtz-Institut Ulm eine BMBF-Nachwuchsgruppe.

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

Ausbau der internationalen Kooperationen

Das virtuelle Institut für öko-industrielle Entwicklung (IECO) wurde 2017 im Rahmen des deutsch-chilenischen Verbundprojekts gegründet, um öko-industrielle Entwicklungsstrategien in unterschiedlichen industriellen Kontexten von den Grundlagen bis hin zur Anwendung zu erforschen. Neben dem KIT sind die Universidad Austral de Chile (Valdivia), die Universidad de Concepción und die Universidad de Chile (Santiago) beteiligt. Highlights 2021 waren die IECO Days im Oktober mit einem Panel zum Thema „Green Hydrogen“, an dem auch der Vizepräsident für Transfer und Internationales, Prof. Dr. Thomas Hirth, teilnahm, die Erstellung des IECO Books mit Forschungsergebnissen, das Mitte 2022 veröffentlicht wird, ein Start-up-Workshop und der Launch eines monatlichen Newsletters. Gemeinsam mit dem KIT-Zentrum Mensch und Technik wurde eine internationale Ringvorlesung etabliert, bei der Referentinnen und Referenten aus Chile, Argentinien, Ecuador und weiteren Ländern Beiträge zu Nachhaltigkeit, Nachhaltigkeitskritiken und alternativen Konzepten aus dem globalen Süden präsentierten.

Das KIT schrieb Ende 2020 im Rahmen der Förderung des Exzellenzuniversitätskonzepts „Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft | Living the Change“ erstmalig die „International Excellence Grants und Fellowships“ (IEG) aus. Mit den IEG können Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT herausragende Kolleginnen und Kollegen aus dem Ausland einladen und somit ihre internationale Zusammenarbeit und ihr akademisches Netzwerk stärken. Insgesamt 20 renommierte ausländische Forschende wurden im Jahr 2021 mit einem International Excellence Fellowship ausgezeichnet, davon acht Wissenschaftlerinnen. Das Programm wird vom International Scholars and Welcome Office (IScO) der Dienstleistungseinheit Internationales am KIT koordiniert. 2021 konnten trotz Pandemiebedingungen 13 Fellows ans KIT kommen und ihre Aufenthalte abschließen.

Unter dem Motto „Mit MINT die Zukunft gestalten – DEIN Studium für eine nachhaltigere Welt“ luden 2021 die Universität Stuttgart und das KIT zur TU9-ING-Woche ein. Jedes Jahr bieten zwei Universitäten den Schülerinnen und Schülern deutscher Auslandsschulen aus aller Welt einen exklusiven Einblick in Studiengänge der Ingenieur- und Naturwissenschaften entlang eines gesellschaftlich relevanten Zukunftsthemas. Die MINT-Probestudienwoche fand 2021 bereits zum zweiten Mal virtuell statt. Mehr als 35 studieninteressierte Schülerinnen und Schüler aus der ganzen Welt nahmen an Instituts- und Laborbesichtigungen, Vorträgen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu Studieninhalten und beruflichen Perspektiven eines MINT-Studiums sowie Workshops und Besichtigungen lokaler Unternehmen teil.

Das MINTernship-Programm unterstützt studentische Forschungsaufenthalte zur Förderung der MINT-Fächer und des internationalen Austauschs am KIT sowie an ausgewählten Partnerhochschulen im Ausland. 2021 nahmen fünf Studierende des KIT und fünf US-amerikanische Studierende der University of North Carolina at Charlotte teil; vor dem Hintergrund der pandemischen Lage im April 2021 startete das Programm für die Studierenden des KIT zunächst virtuell in Karlsruhe. Sobald die Einreisebeschränkungen der USA für Forschungsstudierende aus Deutschland aufgehoben waren, konnten alle Studierenden nach Charlotte fliegen und ihre Projekte vor Ort fortsetzen. Aufgrund der Reisebeschränkungen konnten die fünf Stipendiatinnen und Stipendiaten der amerikanischen Partneruniversität nicht physisch vor Ort empfangen werden. Dennoch schuf das KIT virtuell gute Arbeitsbedingungen und bot ein digitales Begleit- und Kulturprogramm an.

Nachhaltigkeit

Zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung und des Klimaschutzes bedarf es komplexer und langfristiger Initiativen, institutioneller Reorganisation sowie Kooperationen, um substanzielle und passende Beiträge zu entwickeln. Unter Einbindung verschiedener Anspruchsgruppen wurden am KIT Ziele und Maßnahmen entwickelt und im Struktur- und Entwicklungsplan für die Jahre 2022 bis 2026 verankert. Nach der Bestellung eines Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsbeauftragten des Präsidiums im Jahr 2020 erfolgte 2021 eine Weiterentwicklung mit der Einrichtung des Sustainability Office als zentraler Ansprechstelle für das Nachhaltigkeitsmanagement am KIT. Ab Januar 2023 wird ein neues Präsidiumsressort mit dem Geschäftsbereich Digitalisierung und Nachhaltigkeit eingerichtet.

Mit dem Runden Tisch Nachhaltigkeit wurde ein neues kommunikatives Element zur internen Diskussion und Schärfung von Nachhaltigkeitsthemen mit Wissenschaft, Administration und Studierenden geschaffen.

Als unabhängiges Expertengremium unterstützt die Wissenschaftsplattform Klimaschutz (WPKS) die Bundesregierung bei der Umsetzung und Weiterentwicklung der deutschen Langfriststrategie zum Klimaschutz. BMBF und BMU beriefen Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, den Präsidenten des KIT, als eines von derzeit acht Mitgliedern in den Lenkungskreis. Das erste Jahresgutachten der WPKS wurde im Februar 2022 an die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Bettina Stark-Watzinger, und Staatssekretär Dr. Patrick Graichen vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz übergeben.

Das Karlsruher Reallabor Nachhaltiger Klimaschutz (KARLA) untersucht, bewertet und unterstützt in Karlsruhe Maßnahmen zum Klimaschutz, insbesondere deren Nachhaltigkeitsaspekte. KARLA verfolgt zugleich Forschungs-, Transformations- und Bildungsziele. Im Mittelpunkt stehen sogenannte Transformationsexperimente, wie klimaschonendes berufliches Reisen, nachhaltiger Klimaschutz im Bauwesen, Fachkräfte für den Klimaschutz oder klimafreundliche Kantinen. Außerdem will KARLA die in Karlsruhe geplanten Klimaschutzmaßnahmen auf Nachhaltigkeitsaspekte untersuchen und den Klimaschutz institutionalisieren. Als eine Maßnahme von KARLA wurde 2021 der „Klimapakt“ zwischen den ansässigen acht Hochschulen und der Stadt Karlsruhe geschlossen, um den Austausch und Synergien im Klimaschutz zu etablieren. Den geografischen Rahmen des Reallabors bildet der Karlsruher Stadt-raum unter besonderem Einbezug der Standorte des KIT. Das Projekt KARLA des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse startete mit 30 Partnern im Jahr 2021, ist zunächst auf drei Jahre angelegt und wird durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg gefördert.

Das „MobiLab“ entstand 2021 am KIT als ein mobiles Partizipationslabor in Form eines Tiny House. Es stellt eine Plattform für den Austausch von Wissenschaft und Gesellschaft dar. Mit dem MobiLab können Forschung und Dialog in der Mitte der Gesellschaft an jedem beliebigen Ort stattfinden. Das MobiLab wurde bei der Endverbrauchermesse Offerta im Herbst 2021 von KARLA zum Dialog mit Bürgerinnen und Bürgern genutzt und kam außerdem bei den Energiewende- und Nachhaltigkeitstagen Baden-Württemberg zum Einsatz.

Mit ihrem Potenzial zur Bereitstellung und Speicherung von Wärme könnte die Tiefengeothermie eine wichtige Rolle für die Wärmewende einnehmen. An der Technologie, dem sicheren Betrieb und potenziellen Standorten von Geothermie-Anlagen forschen am KIT insgesamt rund 40 Expertinnen und Experten verschiedener Disziplinen an sechs Instituten. Geothermie-Anlagen sind trotz eines breiten Konsenses für die Energiewende oft umstritten. In dem inter- und transdisziplinären Projekt GECKO von KIT und Ökoinstitut e.V., Freiburg werden daher Anspruchsgruppen von der Konzeptentwicklung bis hin zum Design eingebunden.

Ein Leuchtturmprojekt in der Lehre stellen die „Frühlingstage der Nachhaltigkeit“ am KIT dar, eine Veranstaltung des ZAK | Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale in Kooperation mit dem Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse des KIT sowie der Karlsruher Schule der Nachhaltigkeit. Bis zu 300 Studierende erkunden in Vorträgen, Workshops und Exkursionen, wie Wissenschaft zu einer nachhaltigen Entwicklung beitragen kann. 2021 fand die Veranstaltung pandemiebedingt online statt. Die „Frühlingstage der Nachhaltigkeit“ am KIT wurden 2021 mit dem landesweiten Lehrpreis „Hochschullehre für eine nachhaltige Entwicklung“ ausgezeichnet, einem Preis gefördert vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst und dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.

Digitalisierung

Angesichts der Bedeutung von Digitalisierung für die Erfüllung der Kernaufgaben in Forschung, Lehre und Innovation des KIT sowie für eine leistungsfähige und moderne Administration hat das KIT unter Federführung des Chief Information Officers, Präsident Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, und der Chief Digital Officerin, Dr. Julia Winter, mit Unterstützung des Digital Offices sowie der Gremien des KIT ein Strategiepapier vorgelegt, das als neues Handlungsfeld in die Dachstrategie KIT 2025 aufgenommen werden soll. Das Handlungsfeld Digitalisierung definiert die strategischen Ziele sowie Maßnahmen für die Digitalisierung am KIT. Der Text des Handlungsfeldes wurde im Jahr 2021 abgestimmt und wird im Frühjahr 2022 den Gremien des KIT vorgelegt. Das neue Präsidiumsressort mit dem Geschäftsbereich Digitalisierung und Nachhaltigkeit wird ab Januar 2023 am KIT eingerichtet.

Die strategischen Digitalisierungsziele des KIT sind in der langfristigen IV-Strategie (IV= Informationsverarbeitung und -versorgung) und dem jährlich aktualisierten IV-Konzept sowie im kommenden Handlungsfeld Digitalisierung der Dachstrategie KIT 2025 definiert. Um die Umsetzung von strategisch relevanten Digitalisierungsprojekten, die diese Ziele unterstützen und beschleunigen, in allen Kernaufgaben sowie der Administration am KIT zu fördern, stellt der Strategiefonds des Präsidiums im Teilbudget Digitalisierung die benötigten Mittel zur Verfügung. Die Maßnahmen werden zeitlich befristet gefördert. Insgesamt stellte der Strategiefonds für Vorhaben mit Digitalisierungscharakter im Jahr 2021 rund 3,38 Mio. Euro bereit.

Im Oktober 2021 startete das Präsidium des KIT das bis Mitte 2023 angesetzte Projekt „New Work“. Im großen Zusammenhang der Umsetzung der Dachstrategie erkunden die Projektbeteiligten, welche Arbeitsformen dem KIT und seinen fast 10.000 Beschäftigten in Zukunft guttun. Eine Vielzahl von Einzelinterviews mit Vertreterinnen und Vertretern unterschiedlichster Hierarchieebenen aus Wissenschaft und Administration, mit dem Personalrat und mit Studierenden leitete das Projekt ein. Dazu kam eine Online-Befragung aller Mitarbeitenden. Im Jahr 2022 stehen lokale Testläufe mit Pilotprojekten an, die aus Ideenskizzen der Organisationseinheiten des KIT ausgewählt wurden.

Einen Leitfaden zur Einführung von Cloud-Diensten an Hochschulen veröffentlichte die Kommission Cloud des Vereins „Zentren für Kommunikation und Informationsverarbeitung in Lehre und Forschung e.V.“ (ZKI), der Vereinigung der IT-Servicezentren der Hochschulen, Universitäten und Forschungseinrichtungen in Deutschland. In der ZKI-Kommission ist auch das KIT vertreten. Um die digitale Transformation administrativer Prozesse an den Universitäten zu unterstützen, haben die Universitäten des Landes Baden-Württemberg mit bwUni.digital einen gemeinsamen Rahmen geschaffen. Ein Think-Tank, der sich mit der Nutzung von Microsoft 365 und den zugehörigen datenschutzrechtlichen Fragen beschäftigt, wird vom KIT koordi-

niert. Im Oktober 2021 hat der Think-Tank einen Bericht vorgelegt, in dem er die aktuelle Situation analysiert und nach Wegen sucht, um den Einsatz von Microsoft 365 rechtskonform mit der Datenschutz-Grundverordnung zu ermöglichen. Eine detaillierte Prüfung wird in einem 2021 gestarteten Umsetzungsprojekt, an dem auch weitere Hochschularten beteiligt sind, durchgeführt.

Praktiken offener Wissenschaft (Open Science) spielen national wie international eine stetig steigende Rolle. In der Wissenschaft geht es darum, einen freien Zugang zu wissenschaftlicher Literatur (Open Access), aber auch zu Forschungsdaten, Laborberichten und anderen Forschungsprozessen zu schaffen. Im Bereich der Lehre spielen sogenannte Open Educational Resources (OER) eine vergleichbare Rolle. Hierzu zählen beispielsweise Kurse oder Programme, Kursmaterialien, einzelne Grafiken, Leitfäden für Studierende, Hinweise für Lehrende, Lehrbücher, Forschungsbeiträge und Videos. OER stehen im Einklang mit den Werten und der Mission des KIT, Wissen für die Gesellschaft zu schaffen und zu vermitteln. Aus diesem Grund hat das KIT im Jahr 2021 eine OER-Policy verabschiedet. Um die Qualität von Lehre und Studium auf hohem Niveau zu sichern und weiterzuentwickeln, unterstützt das KIT den Einsatz zeitgemäßer Lehr- und Lernmethoden sowie die Nutzung digitaler Elemente in der Lehre.

Hochrangige Besuche am KIT

Am 28. Juni 2021 besuchte die Französische Botschafterin Anne-Marie Descôtes das KIT, um sich über die Deutsch-Französische Zusammenarbeit in der Atmosphären- und Klimafor- schung sowie in der Quantentechnologie zu informieren. Bei einem Besuch am KIT informierte sich die damalige Bundesministerin für Bildung und Forschung, Anja Karliczek, am 29. Juni 2021 über die vielfältigen Aktivitäten des KIT in der Exzellenzstrategie. Unter anderem gaben Forschende und Präsidium einen Einblick in die Reallabore am KIT und zeigten etwa Anwen- dungen von Methoden der Künstlichen Intelligenz am Studienzentrum für Sehgeschädigte. Weitere Themen des Austauschs waren planbare Karrierewege für den wissenschaftlichen Nachwuchs sowie die Weiterentwicklung des KIT. Die baden-württembergische Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Theresia Bauer, informierte sich bei einem Vor-Ort-Be- such am 19. Juli 2021 über den „InnovationsCampus Mobilität der Zukunft“ und die „Karlsruher Forschungsfabrik für KI-integrierte Produktion“. Ein zweites Mal besuchte Ministerin Bauer das KIT am 30. Juli 2021 anlässlich der Übergabe des „Hochleistungsrechners Karlsruhe“ (Ho- reKa) an das KIT. Am 4. August 2021 besuchte Staatssekretär Dr. Andre Baumann aus dem baden-württembergischen Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft das KIT, um sich über den THINKTANK „Industrielle Ressourcenstrategien“, über Kunststoffpyrolyse am Institut für Technische Chemie (ITC), über das „EnergyLab 2.0“ und zu Geothermie zu infor- mieren. Der Ministerpräsident von Baden-Württemberg, Winfried Kretschmann, war am 9. September 2021 zu Gast am „ZEISS Innovation Hub @ KIT“. Neben Führungen durch die High-Tech-Laboratorien des Unternehmens stand auch der Austausch mit jungen Gründerin- nen und Gründern aus dem KIT auf dem Programm. Am 5. Oktober 2021 nahm Thomas Strobl, Stellvertretender Ministerpräsident des Landes Baden-Württemberg, an der Eröffnung der KIT Science Week 2021 teil und diskutierte gemeinsam mit Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, Präsi- dent des KIT, und Gabriele Luczak-Schwarz, Erste Bürgermeisterin der Stadt Karlsruhe, über die Chancen und neuen Möglichkeiten, die Künstliche Intelligenz für die Gesellschaft bietet.

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

Mit dem Teilchenphysiker Prof. Dr. **Markus Klute** holt das KIT einen weiteren weltweit führenden Forscher nach Deutschland: Er wurde für eine **Humboldt-Professur** ausgewählt, Deutschlands höchstdotierten internationalen Forschungspreis.

Prof. Dr. **Almut Arneth**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK), erhielt den **Gottfried Wilhelm-Leibniz-Preis 2022**. Außerdem wurde sie in den neu eingesetzten Klima-Sachverständigenrat des Landes Baden-Württemberg berufen, der die Landesregierung und den Landtag bei der Umsetzung der Klimawende beraten und unterstützen wird.

Sieben Forschende des KIT gehören zu den „**Highly Cited Researchers**“, einer von der Web of Science Group geführten Rangliste, die diejenigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aufführt, deren Publikationen weltweit am häufigsten zitiert wurden. Dies sind: Prof. Dr. **Almut Arneth**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK), Dr. **Amir-Abbas Haghighirad**, Institut für Quanten Materialien und Technologien (IQMT), Prof. Dr. **Jürgen Janek**, Institut für Nanotechnologie (INT) und wissenschaftlicher Leiter des Gemeinschaftslabors BELLA von KIT und BASF SE sowie Forschungsgruppenleiter an der Justus-Liebig-Universität Gießen, **Prof. Dr. Stefano Passerini**, Direktor des Helmholtz-Instituts Ulm (HIU), Prof. Dr. **Holger Puchta**, Botanisches Institut (BOTANIK), Prof. Dr. **Alexandros Stamatakis**, Institut für Theoretische Informatik (ITI) und Forschungsgruppenleiter am Heidelberger Institut für Theoretische Studien (HITS), sowie Prof. Dr. **Martin Wegener**, Institut für Angewandte Physik (APH), Institut für Nanotechnologie (INT) und Sprecher des Exzellenzclusters „3D Matter Made to Order“.

Das BNE-Hochschulnetzwerk Baden-Württemberg hat **Ines Bott** und **Anne-Sophie Risse**, beide Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale (ZAK) sowie **Richard Beecroft** und Dr. **Oliver Parodi**, beide Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), für ihre Lehrveranstaltung „Frühlingstage der Nachhaltigkeit“ mit dem **Preis „Hochschulbildung für eine nachhaltige Entwicklung“** geehrt.

Dr. **Thierry Olivier Bineli Betsi** (Botswana) kommt mit einem **Georg Forster-Forschungsstipendium** für erfahrene Wissenschaftler der Alexander von Humboldt-Stiftung an das Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW).

Dr. **Frank Biedermann**, Institut für Nanotechnologie (INT), erhielt einen **Life Science Bridge Award** der Aventis Foundation, mit dem diese jungen Forschenden möglichst früh den Einstieg in die eigenständige Forschung ermöglichen möchte.

Dr. **Marion Börnhorst**, Institut für Technische Chemie und Polymerchemie (ITCP), ist Preisträgerin des **Friedrich und Elisabeth Boysen-Preises 2021**, mit dem die gleichnamige Stiftung herausragende Dissertationen auf dem Gebiet der Umwelttechnik mit besonderer Berücksichtigung von ingenieurwissenschaftlichen Lösungen zur Reduktion von Schadstoffen, von Lärm und des Energieverbrauchs auszeichnet.

Für seine herausragenden Forschungsarbeiten in der Batterieforschung würdigte die Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften Dr. **Dominic Bresser**, Helmholtz-Institut Ulm (HIU), mit der **Carus-Medaille 2021**.

Dr. **Miriam Brosi**, Institut für Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT), erhielt im Forschungsbereich Materie den **Helmholtz-Doktorandenpreis 2020**, der im Mai 2021 verliehen wurde, für ihre herausragende Doktorarbeit „In-Depth Analysis of the Micro-Bunching Characteristics in Single and Multi-Bunch Operation at KARA“.

Dr. **Philip Brown**, Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG), wurde für seine Doktorarbeit mit dem **Sparkassen-Umwelt-Preis 2020**, der im Sommer 2021 überreicht wurde, ausgezeichnet.

Mit Professor Dr. **Klaus Butterbach-Bahl**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK), Prof. Dr. **Bettina Frohnepfel**, Institut für Strömungsmechanik (ISTM), und Prof. Dr. **Peter Knippertz**, ebenfalls Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK), hat die Alexander-von-Humboldt-Stiftung im vergangenen Jahr drei Forschende des KIT für **das Henriette Herz-Scouting- Programm** ausgewählt. Es erlaubt ihnen, bis zu drei Wissenschaftstalente aus dem Ausland für ein Humboldt- Forschungsstipendium vorzuschlagen.

Die **acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften** hat Prof. Dr. **Michael Decker**, den Leiter des Bereichs II – Informatik, Wirtschaft und Gesellschaft, Prof. Dr. **Barbara Deml**, Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (IfAB), und Prof. Dr. **Rafaela Hilderbrand**, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), in den Kreis ihrer Mitglieder aufgenommen.

Dr. **Maximilian Dommermuth** hat für seine am Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (IfAB) angefertigte Dissertation den **Dissertationspreis der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Arbeits- und Betriebsorganisation e.V.** erhalten.

Prof. Dr. **Helmut Ehrenberg**, Institut für Angewandte Materialien (IAM), und Prof. Dr. **Jürgen Fleischer**, Institut für Produktionstechnik (wbk), wurden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung in den **Beirat „Batterieforschung Deutschland“** berufen.

Prof. Dr. **Sabine Enders**, Institut für Technische Thermodynamik und Kältetechnik (TTK), wurde zur **Vorsitzenden der Arbeitsgruppe Thermodynamics and Transport Properties** der Europäischen Föderation für Chemieingenieurwesen berufen.

Prof. Dr. **Ralph Engel**, Institut für Astroteilchenphysik (IAP), wurde zum **stellvertretenden Vorsitzenden des Fachverbandes Teilchenphysik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft** ernannt.

Dr. **Edouard Fouché**, Institut für Programmstrukturen und Datenorganisation (IPD), erhielt im Forschungsbereich Information den **Helmholtz-Doktorandenpreis 2020**, der im Mai 2021 verliehen wurde, für seine herausragende Doktorarbeit „Estimating Dependency, Monitoring and Knowledge Discovery in High-Dimensional Data Streams“.

Dr. **Christian Grams**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK), wurde vom European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) ab 1. Januar 2021 für zunächst drei Jahre zum **ECMWF Fellow** ernannt.

Der damalige Bundestagspräsident Wolfgang Schäuble hat Prof. Dr. **Armin Grunwald**, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), in den Deutschen Ethikrat berufen. Das **Komitee Forschung mit Synchrotronstrahlung** hat Prof. Dr. **Jan-Dierk Grunwaldt**, Institut für Technische Chemie und Polymerchemie (ITCP), zum Vorsitzenden gewählt.

Prof. Dr. **Peter Gumbsch**, Institut für Angewandte Materialien (IAM), wurde bis Ende 2027 in den **Auswahlausschuss für das Gottfried Wilhelm Leibniz-Programm** der Deutschen Forschungsgemeinschaft gewählt.

Dr. **Frederik Haase**, Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG), erhielt ein **Liebig-Stipendium** des Fonds der Chemischen Industrie.

Präsident Prof. Dr.-Ing. **Holger Hanselka** erhielt den Made in **Baden Award 2021** der Badischen Wirtschaft in der Sparte Wissenschaft und Forschung.

Prof. Dr. **Andrea Hartwig**, Institut für Angewandte Biowissenschaften (IAB), wurde als Repräsentantin des KIT als wissenschaftliches Mitglied in die **Expert Group High Level Roundtable on the Chemicals Strategy for Sustainability** der Europäischen Union berufen.

Die Deutsche Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie hat Dr. **Lars Heinke**, Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG), den **Nernst-Haber-Bodenstein-Preis** verliehen, der als wichtigster Preis für den physikalisch-chemischen Nachwuchs in Deutschland gilt.

Dr. **Alexander Hinz**, Institut für Anorganische Chemie (AOC), hat den **EurJIC-Wöhler-Young Investigator Preis** der Wöhler-Vereinigung für Anorganische Chemie und dem European Journal of Inorganic Chemistry (EurJIC) erhalten.

Prof. Dr. **Thomas Hirth**, Vizepräsident für Transfer und Internationales des KIT, wurde von der Versammlung der Leitungen der Mitgliedsuniversitäten für drei Jahre zum **stellvertretenden Präsidenten von Eucor – The European Campus** gewählt.

Prof. Dr. **Marlis Hochbruck**, Institut für Angewandte und Numerische Mathematik (IANM), wurde für eine Amtszeit von vier Jahren in den **Senatsausschuss Strategische Vorhaben der Leibniz-Gemeinschaft** gewählt.

Prof. Dr. **Margarete Mühlleitner** und Prof. Dr. **Ulrich Husemann**, Institut für Experimentelle Teilchenphysik (ETP), wurden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung für die kommende Förderperiode ab Juli 2021 in den **Gutachterausschuss** berufen. Prof. Dr. **Ulrich Husemann**, der für eine zweite Amtszeit tätig ist, wurde zum Co-Vorsitzenden dieses angesehenen Gremiums gewählt.

Prof. Dr. **Ulrich Husemann** wurde außerdem erneut in den **Vorstandsrat der Deutschen Physikalischen Gesellschaft für den Bereich Hochschule** gewählt.

Nikolaos Karastathis, Institut für Astroteilchenphysik (IAP), erhielt auf der 37. International Cosmic Ray Conference den **Award for Best Contributed Talk** für seinen Vortrag „Simulations of radio emission from air showers with CORSIKA 8“.

Prof. Dr. **Oliver Kraft**, Vizepräsident für Forschung des KIT, ist Mitglied im neu gegründeten **Rat für technologische Souveränität**. Das Gremium des Bundesministeriums für Bildung und Forschung hat am 1. September 2021 seine Arbeit aufgenommen und soll Empfehlungen zur Stärkung der technologischen Souveränität Deutschlands und der Europäischen Union auf zentralen Technologiefeldern erarbeiten.

Prof. Dr. **Ulrike Krewer**, Institut für Angewandte Materialien (IAM), wurde in den **Beirat „Batterieforschung Deutschland“** des Bundesministeriums für Bildung und Forschung berufen.

Prof. Dr. **Harald Kunstmann**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK) und Professor für Regionales Klima und Hydrologie der Universität Augsburg, erhielt den **Wasser-Ressourcenpreis 2021 der Rüdiger Kurt Bode-Stiftung** für seine Verdienste um die Zusammenführung von Atmosphären-/Klimaforschung und Wasserforschung. Er wurde außerdem zum Gründungsdirektor des neuen Zentrums für Klimaresilienz der Universität Augsburg ernannt.

Monika Landgraf, Dienstleistungseinheit Strategische Entwicklung und Kommunikation, wurde erneut in den **Vorstand des Bundesverbandes Hochschulkommunikation** gewählt. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie hat Prof. Dr. **Gisela Lanza**, Institut für Produktionstechnik (wbk), für fünf Jahre in das **Kuratorium der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt** berufen. Darüber hinaus hat der **Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0** Prof. Dr. **Gisela Lanza** zur stellvertretenden wissenschaftlichen Sprecherin gewählt.

Dr. **Kathrin Menberg**, Institut für Angewandte Geowissenschaften, wurde für ein **Margarete von Wrangell-Habilitationsstipendium** des Landes Baden-Württemberg ausgewählt.

Mit dem **Erna-Scheffler-Förderpreis 2021** für eine Dissertation zeichnete der Soroptimist Club Karlsruhe Dr. **Gabriela Molinar** für ihre am Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV) des KIT verfasste Arbeit „Machine Learning Tool for Transmission Capacity Forecasting of Overhead Lines based on Distributed Weather Data“ aus.

Das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg hat Prof. Dr. **Jörn Müller-Quade**, Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit (KASTEL), in den **Hochschulrat der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe** berufen.

Prof. Dr. **Hermann Nirschl**, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik (MVM), erhielt die **Hans Rumpf-Medaille** der DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und

Biotechnologie e.V. für seine herausragenden Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Mechanischen Verfahrenstechnik.

Dr. **Andreas Nürnberg** und Dr. **Iwan Shvetsov**, beide Institut für Experimentelle Teilchenphysik (ETP), erhielten den im Februar 2021 verliehenen **CMS Award 2020** der internationalen Compact Muon Solenoid-Kollaboration am CERN in Genf für ihre herausragenden Beiträge zum CMS-Projekt.

Dr. **Peter Oberle**, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG), wurde in das Lenkungs-gremium Hochwasserrisikomanagement des Landes Baden-Württemberg berufen.

Der **Joachim-Reutter-Preis 2021** der Gips-Schüle-Stiftung ging an Dr. **Oliver Parodi** und seine Forschungsgruppe Nachhaltigkeit und gesellschaftliche Transformation am Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse für das Reallabor-Projekt „Quartier Zukunft – Labor Stadt“.

Die Doktorandin **Meghana M. Patil**, Institut für Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT), hielt auf der **IBIC'21-Konferenz den Preisvortrag** „Ultra-fast line-camera KALYPSO for fs-laser-based electron beam diagnostics“ für einen herausragenden Beitrag zur Entwicklung eines innovativen und nachweislich funktionsfähigen Strahlendiagnose-Instruments.

Im Rahmen der virtuellen Konferenz „Advanced Nanoparticle Generation and Excitation by Lasers in Liquids“ in Hefei, China, wurde der **Fojtik-Henglein-Preis** an Dr. **Anton Plech**, Institut für Photonenforschung und Synchrotronstrahlung (IPS), und Professor Leonid Zhigilei (University of Virginia) für die experimentelle Klärung und theoretische Modellierung von Ablation und Fragmentierung verliehen.

Dr. **Gabriel Rau**, Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW), wurde mit dem **Hermann-Credner-Preis** der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften geehrt.

Dr. **Janna Ruhland**, wbk Institut für Produktionstechnik (wbk), hat für ihre Dissertation zum Thema „Prozessmodellierung des Fünf-Achs-Nadelwickelns zur Implementierung einer trajektorienbasierten Drahtzugkraftregelung“ den **Förderpreis des Arbeitgeberverbandes Südwestmetall** erhalten.

Die Universität Cambridge hat Prof. Dr. **Wilhelm Schabel**, Institut für Thermische Verfahrenstechnik (TVT), zum „**Edwards Fellow**“ ernannt. Die Ehrung ist mit regelmäßigen Forschungsaufenthalten als Gastprofessor verbunden.

Dr. **Christian Scharun**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung des KIT (IMK), errang beim **Falling Walls Lab** im Juni 2021 in Karlsruhe den **ersten Platz** des Wettbewerbs.

Prof. Dr. **Volker Schulze**, Institut für Produktionstechnik (wbk), wurde in den **Vorstand der Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlungs- und Werkstofftechnik e.V.** gewählt.

Dr. **Frank G. Schröder**, Institut für Astroteilchenphysik (IAP) und Universität von Delaware, hat ein **Sloan-Forschungsstipendium** erhalten, eine der renommiertesten Auszeichnungen für junge Forschende in den USA und Kanada.

Die Helmholtz-Gemeinschaft hat Prof. Dr. **Achim Streit**, Steinbuch Centre for Computing (SCC), für sein kontinuierliches Engagement im Helmholtz-Inkubator mit der **Helmholtz-Inkubator Ehrennadel** ausgezeichnet.

Dr. **Gudrun Thäter**, Institut für Angewandte und Numerische Mathematik (IANM), wurde für vier Jahre in den **Vorstand der Deutschen Mathematiker Vereinigung** gewählt.

Prof. Dr. **Mehdi Tahoori**, Institut für Technische Informatik (ITEC), und sein Team sind für eine Methode zur Entdeckung von Trojanern mit einem **Best Paper Award der IEEE** Circuit and System Society ausgezeichnet worden.

Die Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie in Deutschland e.V. hat Dr. **Sandra Trautwein**, Institut für Sport und Sportwissenschaft (IfSS), mit dem **Karl-Feige-Preis** für ihr hervorragendes Dissertationsprojekt ausgezeichnet.

Prof. Dr. **Dorothea Wagner** ist satzungsgemäß nach einem Jahr als **Vorsitzende des Wissenschaftsrats** wiedergewählt worden.

Prof. Dr. **Alexander Wanner**, Vizepräsident für Lehre und akademische Angelegenheiten des KIT, wurde zum **Sprecher des Lenkungskreises des Hochschulnetzwerks Digitalisierung in der Lehre Baden-Württemberg** (HND-BW) gewählt.

Prof. Dr. **Ludwig Wappner**, Institut für Entwerfen und Bautechnik (IEB), ist seit Januar 2021 **Vorsitzender des Stadtgestaltungsbeirats** der Stadt Mannheim. Darüber hinaus ist er seit Januar 2021 Vorsitzender des Vorstands der Schelling Architektur Stiftung in Karlsruhe.

Prof. Dr. **Marion Weissenberger-Eibl**, Institut für Entrepreneurship (EnTechnon), Technologie- Management und Innovation, wurde vom manager magazin und der Boston Consulting Group in die Liste der **100 einflussreichsten Frauen der deutschen Wirtschaft** im Jahr 2020 aufgenommen.

Dr. **Jannik Wilhelm**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK), wurde mit dem **Spar-kassen-Umwelt-Preis 2021** für seine Dissertation „Einfluss atmosphärischer Umgebungsbedingungen auf den Lebenszyklus konvektiver Zellen in der Echtzeit-Vorhersage“ ausgezeichnet.

Die Akademie der Wissenschaften und der Literatur Mainz hat Prof. Dr. **Manfred Wilhelm**, Institut für Technische und Polymerchemie (ITCP), zum ordentlichen **Mitglied ihrer Mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse** gewählt.

Dr. **Philip Wilke**, Physikalisches Institut (PHI), erhielt den **Gaedepris der Deutschen Physikalischen Gesellschaft** für seine herausragenden experimentellen Arbeiten zur Erforschung von einzelnen Elektronen und Kernspins mittels Elektronenspinresonanz an einzelnen Atomen auf Oberflächen.

Dr. **Thomas Windmann**, Stabsstelle Konfliktmanagement und Psychosoziale Beratung, wurde von der Mitgliederversammlung im September 2021 in den **Vorstand des Bundesverband Mediation e.V.** gewählt.

Dr. **Simon Woska**, Institut für Angewandte Physik (APH), wurde von der Fachzeitschrift Optical Materials Express mit dem **Emerging Researcher Best Paper Prize 2020** ausgezeichnet.

Dr. **Alik Ismail Zadeh**, Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW), wurde als **Distinguished Lecture Series Speaker** des American Geophysical Union's College ausgewählt.

Swenja Zaremba, ZAK | Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale, wurde im November 2021 als **Fellow 2022 des Thomas Mann House** ausgewählt. Damit ist ein dreimonatiger Arbeitsaufenthalt im ehemaligen Wohnhaus von Thomas Mann in Los Angeles verbunden.

Dr. **Walter Zürn**, Geowissenschaftliches Gemeinschaftsobservatorium Schiltach, erhielt die **Paul Melchior Medaille** anlässlich des 19ten Internationalen Symposiums über Geodynamik und Erdzeiten. Mit der Medaille werden alle vier Jahre herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit großer Expertise und großem Einfluss in der Gezeitenforschung ausgezeichnet.

Das Start-up **ARCUS Greencycling Technologies** als Lizenznehmer einer am Institut für Technische Chemie (ITC) entwickelten Pyrolysetechnologie haben für eine rohstoffliche Recyclinglösung den **zweiten Platz beim Lothar-Späth-Award 2021** belegt.

Für in Kooperation unter anderem mit dem KIT entwickelte Granulate, mit denen im Spritzgussverfahren Glasbauteile produziert werden, wurde die **Glassomer GmbH** aus Freiburg mit einem von zwei dritten Plätzen beim **Lothar-Späth-Award 2021** ausgezeichnet.

Zudem konnte das KIT auch 2021 wieder zahlreiche Preise für studentische Arbeiten verzeichnen. Diese sind jedoch in der obenstehenden Aufstellung, die sich aufgrund des Berichtszwecks auf wissenschaftsbezogene und wissenschaftsnahe Auszeichnungen konzentriert, nicht aufgeführt.

A.1.2.4 Planungen des laufenden und des kommenden Jahres

Dachstrategie KIT 2025

Das Jahr 2021 brachte aus strategischer Sicht einige wichtige Impulse. Allem voran wurde der Beschluss gefasst, zwei neue Handlungsfelder in die aktuelle Dachstrategie aufzunehmen und das bestehende Handlungsfeld Innovation zum Handlungsfeld Transfer weiterzuentwickeln. Im neuen Handlungsfeld Digitalisierung wurden Ziele und Maßnahmen ausgearbeitet, die im Jahr 2022 projektiert werden. Ein Projekt, „New Work“, wurde bereits gestartet. Es zielt darauf ab, eine moderne, flexible und effektive Gestaltung der Arbeit am KIT zu fördern. Wie Digitalisierung ist auch Nachhaltigkeit ein zentrales Querschnittsthema. Auch hier begann 2021 die Arbeit, Ziele und Maßnahmen für dieses zehnte Handlungsfeld zu entwickeln, die Ende 2022 abgeschlossen werden soll. Das bisherige Handlungsfeld Innovation wird thematisch um den Aspekt Wissenstransfer erweitert; auch hier wurden 2021 Ziele formuliert. Alle drei Handlungsfelder sollen Ende 2022 auch textlich in die Dachstrategie des KIT aufgenommen werden und eröffnen den Zeithorizont der Dachstrategie bis 2030.

Besonders nennenswert ist auch das neugestartete Projekt KIT 2.0, 2. Phase. Hintergrund hierfür ist der veränderte Rechtsrahmen des KIT nach der Verabschiedung des „2. KIT-Weiterentwicklungsgesetzes“ (2. KIT-WG) im Januar 2021. Das Projekt hat zum Ziel, die sich aus dem 2. KIT-WG ergebenden Neuerungen zu implementieren, die bis zum Auslaufen der Übergangsfristen Ende 2022 umzusetzen sind; durch das 2. KIT-WG soll das Potenzial des KIT in Forschung, Lehre und Innovation noch wesentlich weitreichender als zuvor ausgeschöpft werden.

Im Hinblick auf die Exzellenzstrategie wurde im Jahr 2021 verstärkt auf die kommenden Anträge zur Einwerbung von Exzellenz-Clustern hingearbeitet. Ein gesondertes Projekt, das Cluster-Ideen am KIT auswertet und hin zu Vollanträgen begleiten soll, wurde aufgesetzt.

Das Jahr 2022 wird maßgeblich von den Arbeiten in dem erweiterten und den neuen Handlungsfeldern geprägt sein, die in Umsetzung gebracht werden müssen. Gleichzeitig befindet sich die auf zehn Jahre ausgelegte Dachstrategie aktuell im siebten Jahr, womit die Projekte zunehmend einen hohen Reifegrad haben, und die im Strategiepapier anvisierten Maßnahmen sich ihrer vollständigen Umsetzung nähern.

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. Für Frühjahr und Sommer 2022 sind Strategieworkshops des Präsidiums mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie Arbeitskreise auf operativer

Ebene geplant. Es sollen die aktuellen und zukünftigen Wirkungen einzelner Vorhaben und Ziele reflektiert wie auch ihre strategische Relevanz und Integration in den Gesamtkontext der Förderung als Exzellenzuniversität und des KIT als Ganzes beleuchtet werden.

Von zentraler Bedeutung zur Stärkung der Spitzenforschung sind die Vorhaben KIT Future Fields und KIT Centers. 2020 wurden zwanzig Projekte für eine Laufzeit von zwei Jahren ausgewählt, die 2021 erfolgreich angelaufen sind und die zentralen Forschungsfelder des KIT maßgeblich stärken sollen. 2022 sollen weitere Projekte für eine Förderung ausgewählt werden.

Die Berufungsverhandlungen zur Einrichtung von ersten Professuren-Tandems (Reallabor-Professuren) aus den Geistes- und Sozialwissenschaften sowie aus den Technik- und Naturwissenschaften wurden 2021 zum Abschluss gebracht. Für 2022 ist geplant, dass die ersten Professuren der beiden Reallabore „Assistenzsysteme für Barrierefreiheit“ sowie „Autonomes Fahren“ ihre Arbeit aufnehmen.

Die Attraktivität und Sichtbarkeit des KIT für internationale Nachwuchskräfte in der frühen Postdoc-Phase wurde u.a. mithilfe des Vorhabens „Young Investigator Group Preparation Program“ (YIG Prep Pro) im Jahr 2021 weiter stark ausgebaut. YIG Prep Pro richtet sich an exzellente Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler bis drei Jahre nach der Promotion und erreicht damit eine frühe Bindung exzellenter Kräfte an das KIT sowie einen Ausbau des KIT-eigenen Forschungsportfolios mit Nachwuchsgruppen in Zukunftsfeldern.

Die tiefe Verankerung von Diversität im Denken und Handeln des KIT wird u.a. durch das Vorhaben „Gender Equity 1“ gefördert. 2020 wurde durch Tiefeninterviews eine Kulturanalyse durchgeführt, um den Status quo und Handlungsfelder zu eruieren. Die Ergebnisse wurden von den Präsidiumsmitgliedern zusammen mit der Leiterin und den Leitern der Bereiche im Rahmen eines Kultur- und Visionsworkshops diskutiert. In sogenannten Denkwerkstätten wurden mögliche Handlungsfelder und Ideen zur Verbesserung der Chancengleichheit am KIT eruiert. 2021 hat das KIT auf Basis einer internen Ausschreibung zugehörige Aktivitäten mit einer Laufzeit von zwei Jahren in einem wettbewerblichen Verfahren ausgewählt. In einem bereichsübergreifenden Metaforum wird im Mai 2022 eine begleitete Reflexion des Gesamtprozesses wie auch der ersten Ergebnisse und derer (potentiellen) Wirksamkeit stattfinden.

Exzellenzstrategie – Exzellenzcluster

Das KIT setzt sich seit Mitte des Jahres 2021 mit dem Erstellen von Antragsskizzen in der DFG-Förderlinie „Exzellenzcluster“ auseinander. Auftakt dafür bildete ein KIT-interner Aufruf an die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT, ihre Ideen für neue Exzellenzcluster bis Anfang November 2021 in einer Absichtserklärung darzulegen. Weitere Schritte zur Identifikation und Entwicklung neuer Exzellenzcluster-Initiativen sollen 2022 durchlaufen werden. Die Förderausschreibung der DFG wird für 15. Dezember 2022 erwartet.

Vierte Phase der Programmorientierten Förderung (PoF IV)

Im Forschungsbereich Energie wird durch die Programme „Energy System Design“ und „Materials and Technology for the Energy Transition“ ein Schwerpunkt auf die Energiewende gesetzt. Der zuständige Koordinator des Forschungsbereichs hat hierfür durch den Strategischen Beirat den Auftrag erhalten, die „Helmholtz Energy Transition Roadmap“ (HETR) als strategisches Werkzeug für diese Themen zu entwickeln. Die Entwicklung der HETR ist damit ein zentrales Element in der PoF IV, in der auf Basis unterschiedlicher Szenarien die Rahmenbedingungen für die Helmholtz-Energieforschung für die Energiewende erarbeitet werden. Auch

im laufenden und kommenden Jahr wird die Arbeit an HETR fortgesetzt mit intensiver Beteiligung von Forschenden des KIT, z.B. in den Fachgruppen. In 2022 startete die Antragserstellung zum „High Power Grid Lab“ (HPGL), einer Erweiterung des Energy Lab 2.0 im Rahmen der Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen. Für eine Realisierung ab 2024 wird 2022 der Antrag zur Infrastruktur 4D-CAT mit Beteiligung des KIT bei der Helmholtz-Gemeinschaft eingereicht.

Im Forschungsbereich Information hat das KIT das Thema Cyber Security auf der Basis einer Startwerteerhöhung von 14 Mio. Euro pro Jahr etablieren können. Mit dem Aufbau des Kompetenzzentrums für angewandte Sicherheitstechnologie KASTEL und der Integration als Topic 3 „Engineering Secure Systems“ innerhalb des Programms „Engineering Digital Futures“ wird das KIT einen entscheidenden Beitrag im Forschungsbereich Information sowie für die gesamte Helmholtz-Gemeinschaft und darüber hinaus auf dem Gebiet der angewandten Informationssicherheit leisten. Für die Weiterführung der Arbeiten von KASTEL wurde am KIT das neue Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit (KASTEL) gegründet. Weitere relevante Themen für das KIT im Forschungsbereich Information sind der neue Schwerpunkt auf informationsbasierter Materialforschung im Programm „Materials Systems Engineering“, das unter anderem mit einer neuen Professur und der Initiative „VirtMat“ des KIT (virtuelles Materialdesign) gestärkt wurde. Letztgenannte Aktivitäten wurden zur Basis für das ab der PoF IV laufen Joint Lab „Virtual Materials Design“, das unter Federführung des KIT programmübergreifend den Forschungsbereich verbindet. Im Programm „Natural, Artificial and Cognitive Information Processing“ wurden Schwerpunkte auf die Quantentechnologien, insbesondere auf Quanten-Computing, gelegt.

Durch die Neuaufstellung des Forschungsbereichs Erde und Umwelt wurde die ganzheitliche Betrachtung des Erdsystems mit nur noch einem Programm des Titels „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. 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. Die Datenmodellierung wird nun unter anderem in dem Joint Lab ExaESM mit dem Forschungsbereich Information fortgesetzt.

Im Forschungsbereich Materie steht auch in der PoF IV die Durchführung des KATRIN-Experiments im Mittelpunkt sowie die Beteiligung am internationalen Neutrino-Experiment IceCube. Als weiteres internationales Projekt wird 2022 die Vorantragsstellung für „Dark Matter WIMP Search with Liquid Xenon“ (DARWIN) vorbereitet, mit einer angestrebten Realisierung ab 2025. Zudem stellt die Entwicklung neuer Technologien für kompakte und energieeffiziente Beschleuniger einen wichtigen Schwerpunkt der Strategie des KIT im Forschungsbereich Materie dar, die durch die Begutachtung bestätigt wurde. Im Programmenthema „Accelerator Research and Development“ des Programms MT dient der „Karlsruhe Research Accelerator“ (KARA) der Erforschung von Beschleunigertechnologien und neuen Beschleunigerkonzepten. Kurze Pulse erfordern eine präzise Messtechnik und ein vertieftes Verständnis der Strahldynamik. Für diese Untersuchungen wurde im KIT die Testanlage „Ferninfrarot Linac- und Test-Experiment – Far-infrared linac and test experiment“ (FLUTE) aufgebaut. Neben den Programmen MT und MML greifen am KIT weitere Collaborative Research Groups, die ebenfalls Strahlrohre an KARA betreiben, und weitere Gruppen in den Helmholtz-Programmen der Forschungsbereiche Energie und Information auf Synchrotronstrahlung zurück. Der Remote-Access sowie Einsatz von Machine Learning und KI Methoden bei dem Betrieb von Forschungsinfrastrukturen wird hier ebenfalls vorangetrieben.

Die Materialforschungsstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft, die unter Federführung von Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka am KIT koordiniert wurde, wurde im April 2021 verabschiedet und zur Umsetzung freigegeben. Damit wird zur bundesweiten Materialforschungsstrategie (Materialdachstrategie des BMBF) ein herausragender Beitrag geleistet und die internationale Sichtbarkeit und Konkurrenzfähigkeit Deutschlands auf dem Gebiet der Materialforschung gestärkt.

Weitere Helmholtz-weite Strategien zur Digitalisierung und der Quantentechnologie sind in Bearbeitung. An beiden gestalten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT aktiv mit, um die Aktivitäten entsprechend darzustellen. Im Rahmen der Digitalisierungsstrategie ist es geplant, zunächst dezentrale Aktivitäten und erste Use Cases im Verantwortungsbereich der Zentren und Forschungsbereiche zu erproben.

Strategische Investitionen im Korridor 2,5 – 15 Mio. Euro: Umsetzung ab 2022ff

Im Jahr 2022 werden die vom Aufsichtsrat genehmigten Investitionen „IceCube Upgrade“, „INSIDE CLOUDS“, „HiT-NMR“ und „Rotationsteststand HTS Geno“ weiter vorangetrieben und zudem mit der Umsetzung der Investition „DeepStor“ begonnen werden.

Das Programm FUSION am KIT plant im Rahmen von EUROfusion FP9 und PoF IV, vorbehaltlich der Förderung der Maßnahmen als „New Investment“ durch EUROfusion, die Errichtung der Anlage „Direct Internal Recycling Integrated Development Platform Karlsruhe“ (DIPAK) und der ersten Stufe von „Helium Loop Karlsruhe – Upgrade Storage“ (HELOKA-US), denen der Aufsichtsrat des KIT in seiner Sitzung am 10. November 2021 zugestimmt hat.

DIPAK ist eine integrierte Testplattform zur Validierung der vom KIT entwickelten Konzepte zur Minimierung des Tritium-Inventars im Brennstoffkreislauf eines Fusionsreaktors auf einer relevanten Größenskala.

HELOKA-US ist eine Erweiterung des bestehenden Hochdruck-, Hochtemperatur-Heliumkreislaufs HELOKA am INR. HELOKA-US soll die Machbarkeit der Umwandlung der über heißes Helium abgeführten Fusionsenergie über einen zwischengeschalteten thermischen Flüssigsalzspeicher in ein gängiges Turbinenmedium (Wasser) und somit letztlich die Kraftwerkstauglichkeit der Helium-Kühlung demonstrieren. Die erste Ausbaustufe soll bereits zum EUROfusion Gate Review 2024 Ergebnisse liefern, die dann maßgeblich in die Entscheidung für das Kühlmedium des DEMO-Primärkreislaufs einfließen.

Strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. Euro: Umsetzung ab 2022ff

Die vom Senat der Helmholtz-Gemeinschaft bewilligten strategischen Ausbauinvestitionen unter Beteiligung des KIT, die „Helmholtz Data Federation“ (HDF), das „Modular Observation Solutions for Earth Systems“ (MOSES), die Infrastrukturen „Full Scientific Exploitation of the LHC“, „Living Lab Energy Campus“ (LivingLab), „Karlsruhe Centre for Optics and Photonics“ (KCOP), „Accelerator Technology Helmholtz iNfrAstructure“ (ATHENA) und „Helmholtz Forschungs- und Versuchsplattform zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und zum Rückbau kerntechnischer Anlagen“ (HOVER) werden auch im Jahr 2022 weiter umgesetzt.

Der Helmholtz-Senat hat im Oktober 2020 neben der Aussetzung des Verfahrens für strategische Ausbauinvestitionen im Jahr 2021 (Umsetzung ab 2022) die priorisierte Berücksichtigung des GeoLaB (Geothermal Laboratory in the Crystalline Basement)-Antrags im darauffolgenden Verfahren beschlossen. Das GeoLaB Untertagelabor ist als Forschungsinfrastruktur(-Plattform) mit einem großmaßstäblichen Untertage-Reservoirsimulator konzipiert. Die Plattform besitzt ein weltweites Alleinstellungsmerkmal als generisches geothermisches Untertage-

labor für Geothermie. Über einen etwa 1-2 km langen Zugangsstollen werden einzelne Kavernen in der Nähe von Störungszonen erschlossen, in denen kontrollierte Hochfluss -Experimente (CHFE) in ca. 400 m Tiefe vorgenommen werden. Die Experimente werden durch Messungen in fächerförmigen Bohrungen kontinuierlich überwacht. Damit wird ein 4D-Benchmark-Datensatz thermischer, hydraulischer, chemischer und mechanischer Parameter geschaffen. Mit dem angestrebten Nachweis von Skalenunabhängigkeit großskaliger Transportprozesse verändert GeoLaB grundlegend unser Verständnis der geothermisch maßgeblichen Prozesse und birgt ein hohes Innovationspotenzial in der Schaffung von Sicherheitsstandards sowie der Erarbeitung einer Kommunikationsstrategie für Geothermie. Der Einsatz und die Entwicklung modernster Beobachtungs- und Auswertungsmethoden führen zu Erkenntnissen, die für eine sichere und ökologisch nachhaltige Nutzung der Geothermie und des unterirdischen Raumes von großer Bedeutung sind.

Im Jahr 2021 wurde nach umfangreichen Abstimmungen innerhalb des KIT und in Abstimmung mit der Helmholtz-Geschäftsstelle ein wissenschaftlich unveränderter Antrag erneut in das Verfahren für strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. Euro eingereicht. Um dem Beschluss des Helmholtz-Senats Rechnung zu tragen, konnte durch die erfolgreiche Einwerbung eines Forschungsauftrags durch das KIT das Volumen der beantragten Mittel um 15 Mio. Euro auf ca. 35 Mio. Euro reduzieren werden. Diese Drittmittelförderung zielt ausschließlich auf eine Beteiligung während der Aufbauphase von GeoLaB (2023-2028) ab. Dies bedeutet, dass die Planung und das Design der Infrastruktur erhalten und auch, dass die wissenschaftlichen Fragestellungen und Zielsetzungen des Gesamtprojekts während der Betriebsphase unverändert bleiben.

Zudem beteiligt sich das KIT an dem ebenfalls im Jahr 2021 wiedereingereichten Antrag „Distributed Detector Laboratory (DDL)“. Das verteilte Detektorlabor wird eine gemeinsam von dem Forschungsbereich Materie mit den Partnern des Programms Materie und Technologien/Topic Detektortechnologien und -systeme (DTS) getragene Infrastruktur sein. Schwerpunkte des DDL sind die Entwicklung, das Design, die Fabrikation und die Charakterisierung von Detektoren für die Grundlagenforschung.

Mit der Neuaufstellung der Forschungsbereiche für die PoF IV und der damit verbundenen Diskussion neuer, mit den Programmen verbundener Forschungsinfrastrukturen wurde die Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen aktualisiert. In den Forschungsbereichen mit Beteiligung des KIT „Energie“, „Erde und Umwelt“, „Information“ und „Materie“ sind auf der aktualisierten Helmholtz-Roadmap 30 geplante Forschungsinfrastrukturen (FIS) aufgeführt, von denen das KIT bei zehn FIS in Federführung und bei sieben FIS beteiligt ist.

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

Um den wissenschaftlichen Nachwuchs zu stärken, wird das KIT die Tenure-Track-Professur auch 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 auch im laufenden und kommenden Jahr weitere Junior- und Tenure-Track-Professuren im Rahmen des ExU-Vorhabens „KIT Excellent Tenure“ eingerichtet (geplant sind 10 JP/TTP 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 2021 alle neun Tenure-Track-Professuren aus der ersten Förderrunde besetzt. Aus der zweiten Förderrunde

konnten zwei Tenure-Track-Professuren bereits besetzt und für zwei weitere Rufe erteilt werden. Für die verbleibenden zwei Tenure-Track-Professuren erfolgten bereits die Ausschreibungen.

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 voranzubringen. Hierfür soll mit der BEP ein rollierendes Planungsinstrument entwickelt werden. Dafür werden die einzelnen BEP-Module weiter inhaltlich ausgearbeitet und präzisiert. Ein erster Entwurf der Baulichen Entwicklungsplanung ist für Ende 2022 vorgesehen. Die Arbeiten in den analytischen Modulen – „Flächenbedarfe“, „Bauliche Analyse Zustand“ und „Potentiale“ – haben inzwischen einen weiten Arbeitsstand erreicht und sollen in der ersten drei Quartalen 2022 zum Abschluss gebracht werden. Im Modul „Bauliche Analyse Zustand“ wird ein Gebäudeatlas für die Gebäude an den Standorten des KIT erstellt. Aus diesem können die Investitionsbedarfe zum Abbau des Sanierungsbedarfs bis ins Jahr 2050 für eine Sanierungsstrategie präzise abgeleitet werden. Das Modul „Bauliches Entwicklungskonzept“ wird im Austausch mit dem Präsidium und den Bereichsleitungen unter Betrachtung der Themenkomplexe „New Work“, „New Learning“ und „Forschungsinfrastrukturen“ weiterentwickelt. Zudem wird mit einer externen Planungsgesellschaft eine städtebauliche Strukturplanung für die Standorte des KIT ausgearbeitet. Die Einbindung der externen Stakeholder (Finanzmittelgeber und nachgeordnete Baubehörden, Stadt Karlsruhe) wird weiterhin gestärkt. Für die notwendigen Baumaßnahmen im Bereich V/Physik wird die Ausreifung der baulichen Entwicklungsszenarien zur konkreten Projektentwicklung forciert.

A.1.2.5 Nachwuchsförderung

Die systematische Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses ist ein zentrales Ziel des KIT und eines der acht Handlungsfelder in der Dachstrategie KIT 2025. Damit unterstreicht das KIT seine Wertschätzung der Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler, die mit ihren Forschungsleistungen wesentlich zum Erfolg des KIT beitragen. 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. Juniorprofessorinnen und -professoren.

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- und Förderangebot 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 For-

schungsprogramme (z. B. Graduiertenkollegs und -schulen), führt im Rahmen des aufgebauten Qualitätsmanagementsystems Befragungen durch, ist für die Erfassung der Doktorandinnen und Doktoranden 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.

Um den negativen Auswirkungen für den wissenschaftlichen Nachwuchs durch die einschränkenden Maßnahmen im Rahmen der Corona-Pandemie begegnen zu können, hat das KHYS 2021 drei Angebote aufgesetzt. Zum einen wurde das Weiterbildungsprogramm auf Online-Formate umgestellt und ein umfangreiches E-Learning-Angebot erworben, zum anderen wurden zwei neue Maßnahmen ausgeschrieben. Mit dem Notfallfonds zur Unterstützung des Promotionsabschlusses werden Promovierende unterstützt, die ihr Promotionsvorhaben im Zuge der Einschränkungen nicht wie geplant durchführen konnten und deren zeitlich befristete Finanzierung ausläuft. Insgesamt werden in 2021 und 2022 halbe E13-Stellen für 34 Promovierende aus zwei Ausschreibungsrunden finanziert. Mit dem Remote Collaboration Program wurde ein flexibles Tool geschaffen, das Promovierende und Postdocs dabei unterstützt, ihre internationalen forschungs- oder karriererelevanten Netzwerke unabhängig von derzeitigen Reisebeschränkungen auszubauen oder zu erhalten.

Ein wesentlicher strategischer Baustein der Nachwuchsförderung am KIT ist die Ermöglichung der Promotion im Rahmen von mehr als 20 Promotionsprogrammen. Das KIT hat sich zum Ziel gesetzt, weitere Graduiertenschulen einzurichten und damit die Möglichkeit zur strukturierten Promotion am KIT maßgeblich auszubauen. So wurden im Rahmen der Exzellenzstrategie mit dem wettbewerblichen Förderinstrument „Graduate School Support Programm“ (GradeUP) gezielt Anreize geschaffen, um KIT Graduate Schools an den KIT-Zentren zu strategisch relevanten Themen wissenschaftsgetrieben einzurichten. 2021 wurden dazu in einer zweiten Ausschreibungsrunde vier weitere Graduiertenschulen ausgewählt: die KIT Graduate Schools „Enabling Net Zero“ und „Cyber Security“ sowie die KIT Graduate School of Quantum Matter und die KIT Graduate School on Computational and Data Science. Zusammen mit den bereits bestehenden Graduiertenschulen am KIT verfügt damit jedes KIT-Zentrum über mindestens eine Graduiertenschule. Darüber hinaus wurde 2021 am KIT ein DFG-Graduiertenkolleg (GRK 2739) neu eingerichtet sowie ein weiteres verlängert (GRK 2218).

Das KHYS Postdoc Office, ein Helmholtz Career Development Center für Postdocs, konnte sich 2021 erfolgreich weiter etablieren. Als sichtbare Anlaufstelle für Postdocs, Postdoc-Interessierte sowie deren Vorgesetzte ist es gelungen, durch Ausweitung der Informations-, Unterstützungs- und Förderangebote, die drei definierten Ziele erfolgreich zu verfolgen: Orientierung für die Karriereentwicklung und -entscheidung bereitzustellen, karrierespezifische Qualifizierung zu ermöglichen und Selbstständigkeit und Vernetzung zu fördern. Insbesondere das Angebot an persönlichen Beratungen zur Postdoc-Phase und Karriereplanung sowie die Anzahl an Informationsveranstaltungen und Qualifizierungsmaßnahmen („Welcome Event for Postdocs“, Workshops im Rahmen von „Fit for your next career step“, E-Learning-Angebote etc.) konnten 2021 immens gesteigert werden und wurden von der Zielgruppe auch sehr gut angenommen. Besonderes Augenmerk wurde 2021 auf die interne und externe Vernetzung gelegt, wodurch mehrere Veranstaltungen z.B. im Rahmen der „Postdocs Days“ in Kooperation mit anderen (Dienstleistungs)einrichtungen (FOR, PEBA, IRM, YIN) realisiert und so die vorhandene Expertise und Services am KIT für Postdocs sichtbarer wurden. Darüber hinaus wurde damit begonnen, in Kooperation mit fünf weiteren Helmholtz-Zentren einen gemeinsamen Career Day für Postdocs zu planen, der im April 2022 stattfinden wird. Die Internationalisierungsmaßnahmen „Aspirant Grant“ und „Connecting Young Scientists“ (ConYS) stießen wei-

terhin auf sehr gute Akzeptanz, auch wenn aufgrund der in 2021 herrschenden Reiseeinschränkungen und der damit verbundenen Unsicherheiten bisher nur wenige Mobilitätsvorhaben realisiert werden konnten.

Im gemeinsam von PEBA und FOR begleiteten Exzellenzuniversitätsvorhaben „Young Investigator Group Preparation Program“ (YIG Prep Pro) konnten im Rahmen der dritten Ausschreibungsrunde aus mehr als 90 Bewerbungen in einem mehrstufigen Auswahlverfahren insgesamt zehn Fellows gewonnen werden. Die vierte Auswahlrunde wurde Ende 2021 ausgeschrieben. Bis Mitte Februar 2022 können sich wieder Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler aus dem Ausland bewerben. 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; von den in 2021 ausgewählten Fellows sind 60% Frauen. Seit Start des Programms 2019 wurden bis zum Ende des Jahres 15 Nachwuchsgruppenanträge von weiblichen YIG Prep Pro Fellows gestellt. Zwei Frauen aus dem YIG Prep Pro traten bzw. treten eine Professur am KIT an. Die neuen YIG Prep Pro Kandidatinnen und Kandidaten werden ihre Stelle erneut nach einem zweistufigen Auswahlverfahren durch CRYs voraussichtlich im Sommer 2022 antreten. Bei erfolgreicher Einwerbung einer extern finanzierten Nachwuchsgruppe erhalten Fellows die Chance, 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. Die damit zu erfüllenden Qualitätsmerkmale ebnen den Nachwuchsgruppenleitungen den Weg als KIT Associate Fellow am Promotionsverfahren mitzuwirken. Insgesamt 116 KIT-Nachwuchsgruppen wurden bislang formal als solche anerkannt. Im Jahr 2021 hat Dr. Benjamin Schäfer eine Helmholtz-Nachwuchsgruppe eingeworben, die er seit Beginn 2022 am Institut für Automation und Angewandte Informatik (IAI) aufbaut. Mit Dr. Belina von Krosigk (IAP) und Dr. Rudolf Lioutikov (IAR) sind zwei neue Emmy Noether-Nachwuchsgruppenleitende ans KIT gekommen. Eine BMBF-Nachwuchsgruppe hat im Jahr 2021 Dr. Simon Fleischmann am Helmholtz Institut Ulm (HIU) etabliert. Jun.-Prof. Dr. Matti Schneider (ITM), TT-Prof. Dr. Katharina Scherf (IAB) und Dr. Dominic Bresser (HIU) wurden jeweils mit einem ERC Starting Grant ausgezeichnet, während Dr. Lars Heinke (IFG) einen ERC Consolidator Grant erhielt.

Das Young Investigator Network (YIN) besteht seit 2008 und ist das selbstverwaltete Netzwerk für den Führungskräftenachwuchs in der Etablierungsphase am KIT. Erstmals seit 2012 zählten Ende 2021 wieder über 60 unabhängige Nachwuchsgruppenleitungen und Junior- bzw. Tenure-Track-Professorinnen und -professoren zu den Mitgliedern – darunter 30% Frauen. Der Anstieg geht insbesondere auf die verstärkte Einrichtung von Tenure-Track-Professuren und eine Zunahme bei den KIT-Nachwuchsgruppen zurück. Dem YIN steht ein eigenes Budget für sein zielgerichtetes Angebotsportfolio und die YIN-Geschäftsstelle zur Verfügung, welches auch 2021 über Exzellenzuniversitätsmittel erweitert wurde und vom YIN-Vorstand verwaltet wird. Im vergangenen Jahr konnten die Vernetzungs-, Weiterbildungs- und Coaching-Angebote erfolgreich virtuell durchgeführt werden. Highlights darunter waren eine Informationsveranstaltung zum Heisenberg-Programm mit Programmdirektor Paul Heuermann, DFG, sowie ein ERC Support-Package, welches ergänzend zu den Angeboten der Forschungsförderung den Schwerpunkt auf Peer-Coaching und Peer-Austausch legte. Aus dem YIN war Dr. Gerardo Hernandez-Sosa im Heisenberg-Programm erfolgreich und mit Dr. Dominic Bresser und TT-Prof. Katharina Scherf haben zwei YIN-Mitglieder einen ERC Starting Grant eingeworben. Zudem sind die ersten drei YIN-Mitglieder im Rahmen des KIT Excellent Tenure Programms auf eine W1-Professur berufen worden. Vier weitere haben eine volle Professur angetreten. Die

W2/W3-Berufungsrate aus dem YIN liegt damit bei rund 50 Prozent. Des Weiteren waren mehrere YIN-Mitglieder bei der Einwerbung von EU, DFG und sonstigen Drittmitteln erfolgreich. Besonders hervorzuheben ist der Start des EU Projekt MICROCARD, welches durch die Kooperation und die Ergebnisse eines YIN Grants entstand. Zudem wurde Dr. Dominic Bresser 2021 mit der Carus-Medaille der Leopoldina geehrt und Dr. Philip Willke zum academics-Nachwuchswissenschaftler 2021 gewählt.

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 2021 lag die Erfolgsquote trotz der besonderen Bedingungen durch die Corona-Pandemie bei den Abschlussprüfungen mit nahezu 100% wieder wesentlich über dem Landes- bzw. Bundesdurchschnitt. Bei der Jahresbesten-Ehrung 2021 des IHK-Kammerbezirks Karlsruhe stellte das KIT insgesamt 13 Preisträgerinnen und Preisträger in ihren jeweiligen dualen Ausbildungsberufen. Das KIT erhielt somit auch dieses Jahr eine Belobigung und Urkunde für seine exzellente Ausbildung durch die IHK Karlsruhe. Zudem wurden zwei Auszubildende (Kaufleute für Büromanagement) mit dem 1. Preis des Landtages Baden-Württemberg für ihren Beitrag im Rahmen des Schülerwettbewerbs zur politischen Bildung ausgezeichnet. Des Weiteren erhielt das KIT durch die Fachzeitschrift Capital, der Talentplattform ausbildung.de und den Personalmarketingexperten von Territory Embraceals die Auszeichnung als einer der „Besten Ausbilder Deutschlands 2021“ in der Kategorie „Ausbildung“ und „Duales Studium“.

Zum Stichtag 31. Dezember 2021 beschäftigte das KIT 312 Auszubildende in mehr als 25 verschiedenen Ausbildungsberufen bzw. Fachrichtungen nach dem Berufsbildungsgesetz und 55 Duale Hochschülerinnen und Hochschüler in 10 Studiengänge mit 15 Studienrichtungen. Damit waren 367 Personen in Ausbildung am KIT. Darüber hinaus wurden mehrere Auszubildende anderer Unternehmen im Rahmen von Kooperationsvereinbarungen für bestimmte Ausbildungsabschnitte oder einzelne Maßnahmen mitausgebildet.

2021 kooperierte das KIT mit insgesamt 17 Haupt- und Realschulen sowie Gymnasien im Rahmen der IHK-Initiative „Wirtschaft macht Schule“. 120 Schülerinnen und Schüler konnten am KIT im Jahr 2021 trotz der Einschränkungen durch die Pandemie eine bis zu zweiwöchige Berufsorientierungsmaßnahme (OIB, BORS und BoGy) ermöglicht werden. Des Weiteren wurden 12 Weiterbildungen und eine Technikerarbeit, sowie für 150 in- und ausländische Studierende, 107 Praktika und 43 Abschlussarbeiten, über die berufliche Ausbildung organisiert, betreut und durchgeführt.

A.1.2.6 Chancengleichheit

Am KIT stellt die Chancengleichheit eine Querschnittsaufgabe dar, welche in die Kernaufgaben Forschung, Lehre und Innovation einfließt. Die strukturelle Verankerung der Chancengleichheit ist gesetzlich durch § 16 KITG sowie die Chancengleichheitssatzung vorgegeben. Die maßgeblichen Akteurinnen und Akteure sind die Chancengleichheitsbeauftragten und deren Stellvertreterinnen, die Geschäftsstelle Chancengleichheit, die Vertrauensfrauen in den KIT-Fakultäten und den Außenstellen des KIT sowie die KIT-Senatskommission für Chancengleichheit und Diversität. Parallel verfolgt das Diversity Management des KIT einen Ansatz,

bei dem die Entfaltung von Leistungspotentialen im Mittelpunkt steht. Es leistet damit ebenfalls einen Beitrag zur Förderung der Chancengleichheit.

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 2021 weiter ausgebaut:

(1) Familiengerechte, flexible Arbeitszeiten

Auf dem Gebiet der internen Arbeitsorganisation werden familiengerechte und flexible Arbeitszeiten im Rahmen der vorhandenen Gleitzeitregelung ermöglicht. Die Dienstvereinbarung zur Regelung der gleitenden Arbeitszeit sieht individuelle Regelungen vor, die, unter Wahrung der betrieblichen Interessen, Gestaltungsmöglichkeiten einräumt.

(2) Teilzeitbeschäftigung, Tele-Arbeitsplätze, familienbedingte Beurlaubung

Das KIT bietet vielfältige individuell zu vereinbarende Arbeitszeitmodelle an. Die zu besetzenden Stellen am KIT werden soweit möglich als teilzeitgeeignet ausgeschrieben.

Im Februar 2019 haben das Präsidium und die Personalräte der beiden Dienststellen Karlsruhe und Garmisch-Partenkirchen erstmals eine Dienstvereinbarung zu "Tearbeit und mobile Arbeit" unterzeichnet. Allen Beschäftigten des KIT kann die Möglichkeit zur Telearbeit und zur mobilen Arbeit nach Maßgabe der Regelungen dieser Dienstvereinbarung gewährt werden, sofern dies mit den jeweiligen dienstlichen Belangen zu vereinbaren ist und die arbeitsorganisatorischen Voraussetzungen erfüllt werden. Aktuell erfolgt eine Anpassung dieser Dienstvereinbarung, um die Erkenntnisse, die in Zeiten von Corona gewonnen werden konnten, auch in den normalen Dienstbetrieb einfließen lassen zu können.

(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 „Elterncafés“ angedacht – die aufgrund von Corona jedoch nicht stattfinden konnten. In diesem Rahmen werden Eltern regelmäßig in quartals- bis halbjährigem Turnus zu einem Zusammentreffen eingeladen, moderiert durch das Team der Familienbetreuung der Dienstleistungseinheit Personalentwicklung und Berufliche Ausbildung (PEBA). In den Elterncafés sollen Bedarfe der Zielgruppen eruiert, neue Projekte vorgestellt und der generelle Austausch gefördert werden. Auch thematische Inputs zu konkreten Themen können hier integriert 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. Weiterhin aufgenommen wurden Vorträge zur Zusatzversorgung durch die VBL und das Angebot von Beratungen und Vorträge zur Altersvorsorgestrategie in Zusammenarbeit mit der deutschen Rentenversicherung. Aufgrund der aktuellen Lage werden diese Beratungen derzeit nur digital durchgeführt.

(5) Kinderbetreuungseinrichtungen (betriebseigen/extern)

Das KIT verfügt über 205 feste Betreuungsplätze für die Kinder der Beschäftigten. Davon werden in der Betriebskindertagesstätte „nanos!“ auf dem Gelände des Campus Nord 50 Betreuungsplätze – 30 Krippen- und 20 Kindergartenplätze – angeboten. Weitere 30 Betreuungsplätze entfallen auf die Kita „Räuberkiste“, die ihren Standort in der Nähe des Campus Süd hat. Hier sind 10 Plätze dem Krippen- und 20 Plätze dem Kindergartenbereich zuzuordnen. Ebenfalls am Campus Süd bietet die Betriebskindertagesstätte „KinderUniversum“ nochmals 115 Betreuungsplätze für die Beschäftigten am KIT an. Insgesamt stehen dort 65 Krippenplätze und 50 Kindergartenplätze zur Verfügung. Für Berufungszusagen, Nachwuchsgruppenleiterinnen und Nachwuchsgruppenleiter sowie Sonderforschungsbereiche stehen dem KIT zudem in der Kindertagesstätte „Schlossgeister“ zehn Plätze zur Verfügung. Für einen befristeten Zeitraum bis mindestens Sommer/Herbst 2022 konnte das Platzkontingent um weitere fünf Plätze aufgestockt werden.

Für die Beschäftigten, Promovierenden sowie Studierenden bietet das KIT mehrere Möglichkeiten, die Eltern bei Betreuungsengpässen mit einer Notbetreuung zu unterstützen. 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. Während der Corona-Pandemie war dieser Service aufgrund der geltenden Richtlinien teilweise gar nicht oder nur eingeschränkt nutzbar.

Ebenso besteht eine Zusammenarbeit mit einem Tageselternverein, über den das Team der Familienbetreuung die Vermittlung für längerfristige Betreuungen unterstützt. Auch hier bestanden im Jahr 2021 über weite Teile Einschränkungen aufgrund der pandemischen Lage.

Der Arbeitsbereich „Kinder in Naturwissenschaft und Technik am KIT“ (KiNT) umfasst aktuell drei Maßnahmenswerpunkte; Schulkind-Betreuung (mit Fokus auf die Ferienzeiten im Schulferienkalender Baden-Württemberg), Kinder-Uni sowie Angebote zur Kongressbetreuung. Der Fokus 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. Im Rahmen der außerschulischen Bildungs- und Betreuungsangebote für schulpflichtige Kinder nahmen im Jahr 2021 insgesamt 253 Kinder an den 7 Veranstaltungswochen der Schulkindbetreuung des KIT teil, wobei die maximale Anzahl der Teilnehmenden auf 35 Kinder pro Veranstaltungswoche begrenzt war. In Einklang der jeweils für das Land Baden-Württemberg geltenden CoronaVO wurden gemäß den Vorgaben zur Einhaltung des Infektionsschutzgesetzes im Jahr 2021 keine weiteren Präsenzveranstaltungen angeboten und durchgeführt.

Das Eltern-Kind-Büro am Campus Nord ist ein Projekt der Chancengleichheit im KIT mit dem Ziel, Beschäftigten des KIT in Betreuungsnotfällen kurzfristig Hilfe anzubieten, damit sie vor Ort arbeiten und gleichzeitig ein Kind betreuen können. Durch die Lage der Räumlichkeiten im Außenbereich vom Campus Nord wird der betrieblichen Zugangsbeschränkung für Kinder

Rechnung getragen. Die vorhandenen Möglichkeiten werden ständig an den aktuellen Bedarf angepasst. Die Ausstattung besteht zurzeit aus einem Schreibtisch mit PC, Telefon, Internetzugang und WLAN sowie einer Spiellandschaft für Kinder. Im Jahr 2021 wurde das Eltern-Kind-Büro aufgrund der geltenden Richtlinien während der Corona-Pandemie in nur 3 Bedarfsfällen in Anspruch genommen.

Um nahtlose Ersatz Einstellungen für Mutterschutzzeiten realisieren zu können, wurde ein Kompensationspool für Schwangerschaften aufgelegt. Dies gilt besonders für 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 Ersatz Einstellungen sind wachsende Bedarfe auszumachen, sodass der Kompensationspool im Jahr 2021 komplett ausgeschöpft war.

(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 Partnerinnen und Partnern 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 Jahr 2021 wurden 22 Paare unterstützt.

(7) Auditierung von gleichstellungspolitischen und familienfreundlichen Maßnahmen

Das KIT ist seit 2010 mit dem Audit „familienfreundliche Hochschule“ zertifiziert und hat in 2020 bereits die dritte Re-Zertifizierung durchlaufen, sodass das Siegel nun ohne Befristung getragen werden darf. Das sogenannte „Handlungsprogramm“, gilt für den Zeitraum 2020-2023 und umfasst Maßnahmen in verschiedenen Themenfeldern, welche die Vereinbarkeit von Familie, Beruf und Studium – insbesondere in Zeiten von Corona – weiter vorantreiben sollen. Die Weiterentwicklung familienfreundlicher Maßnahmen stand dabei auch 2021 im Fokus.

Chancengleichheit von Männern und Frauen

Das Thema „Chancengleichheit von Männern und Frauen“ wurde am KIT auch 2021 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 April 2021 startete der 12. und damit der zweite internationale (englischsprachige) Durchgang mit elf Frauen und vier Männern. Die Öffnung der Mentoring-Programme auch für Männer macht es möglich, geschlechtsspezifische Aspekte kontextbezogen in die Veranstaltungen zu integrieren und gemeinsam zu reflektieren. Es geht darum, Frauen und Männer zu frühen Zeitpunkten in der Karriere für Genderaspekte zu sensibilisieren und die Geschlechter in einen konstruktiven Austausch miteinander zu bringen. 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 setzen sich die Teilnehmenden von X-Ment frühzeitig mit dieser Thematik auseinander.

(2) Weiterbildungsmaßnahmen für (zukünftige) Führungskräfte

Seit 2009 ist das Programm „Coaching für Professorinnen“ umgesetzt. Die Maßnahme wurde vom Arbeitskreis zur Chancengleichheit am KIT initiiert und von der Personalentwicklung ausgearbeitet. Zielsetzung des Programms ist die bedarfsorientierte Unterstützung von jungen Professorinnen, die zum ersten Mal berufen wurden, und erfahreneren Professorinnen. Das Programm ist so erfolgreich, dass es auch für Professoren geöffnet wurde. In 2021 fanden 32 Einzelcoachings mit 13 Professorinnen und 19 Professoren sowie 16 Treffen in drei kollegialen Coaching-Gruppen mit insgesamt 12 Professorinnen und 5 Professoren statt.

Zudem fanden für die Führungskräfte in Verwaltung und Technik 24 Einzelcoachings mit 7 männlichen und 17 weiblichen Führungskräften sowie selbstorganisierte kollegiale Praxisberatungen im Rahmen von vier bis sechs Terminen in fünf Gruppen mit insgesamt 5 männlichen und 14 weiblichen Führungskräften statt.

Bereits im Jahr 2019 ging die Helmholtz-Akademie mit einem neu aufgelegten Programm an den Start. Bei der Auswahl der Teilnehmenden finden Aspekte der Chancengleichheit explizit Berücksichtigung, indem von Seiten des KIT darauf geachtet wird, auch immer eine entsprechende Anzahl an Frauen auszuwählen. Im Jahr 2021 nahmen deutlich mehr Frauen als Männer an den Programmen der Helmholtz-Akademie teil. Für 2021 waren zu gleichen Teilen Teilnehmende aus der Administration/Infrastruktur sowie der Wissenschaft und dem Wissensmanagement vertreten. Aufgrund der anhaltenden pandemischen Situation wurden viele Maßnahmen digital angeboten.

(3) Chancengerechte Besetzung von Gremien und Begutachtungsgruppen

Die Besetzung von Gremien wird in § 16 Abs. 7 KIT-Gesetz (KITG) geregelt, der besagt, dass bei der Besetzung von Gremien Frauen und Männer gleichberechtigt berücksichtigt werden sollen. Im KIT-Senat und den KIT-Fakultätsräten sollen 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 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 2021 waren 14 Frauen unter den insgesamt 64 Mitgliedern des KIT-Senats. 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 gewählt, weshalb eine Einflussnahme nur begrenzt möglich ist.

(4) Beteiligung der Gleichstellungsbeauftragten

Die Chancengleichheitsbeauftragten des KIT werden in zahlreiche Gremien, gerade auch in solche, die über Ressourcen entscheiden, als Mitglied oder als Gast eingebunden (z.B. Berufungskommissionen, Bereichsräte, KIT-Senat, KIT-Fakultätsräte, Programmkommissionen, KIT-Senatskommission). So gelangt das Thema Chancengleichheit zunehmend in das allgemeine Bewusstsein und Selbstverständnis.

(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“ (GE2) unterstützt, indem zusätzliches Berufungsbudget explizit zur Gewinnung herausragender Professorinnen bereitgestellt wird. Seit Projektbeginn in 2019 sind sieben Hochschullehrerinnen am KIT mit insgesamt 1.227 TEuro gefördert worden. Ergänzend wird in GE 2 ein „Female Academics Network“ (FAN) aufgebaut, das Wissenschaftlerinnen am KIT, bei nationalen und internationalen Partnern sowie Alumni aus Forschung, Lehre und Innovation mit Vortragsreihen, Mentoring und Forschungsaufenthalten vernetzen und die Sichtbarkeit insbesondere von jungen Wissenschaftlerinnen stärken soll. Es ist ein enges Zusammenwirken mit dem „Women Professors Forum“ (WPF) am KIT geplant.

(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:

Das ExU-Vorhaben „Gender Equity 1“ (GE1) verfolgt das Ziel einer KIT-weiten Stärkung von Chancengleichheit: Wichtiger Bestandteil des Vorhabens waren daher die 2020/21 durchgeführten Denkwerkstätten, innerhalb derer Angehörige der fünf wissenschaftlichen Bereiche und der zentralen Verwaltung fachspezifische Chancengleichheitsthemen entwickelten. Die grundlegende Orientierung wurde in einem Kultur- und Visionsworkshop des Präsidiums und der Bereichsleitungen entwickelt. Dort wurden Handlungsfelder für die Chancengleichheitsarbeit sowie strategische Eckpunkte definiert. Seit Herbst 2021 werden 14 fachspezifische Projekte aus GE1-Mitteln gefördert. Diese reichen von Rekrutierungsmaßnahmen für verschiedene Karrierestufen über den Aufbau von Netzwerken für Wissenschaftlerinnen bis hin zur Analyse und Optimierung der Arbeitsbedingungen unter dem Aspekt der Chancengleichheit. Das Projekt zur Umsetzung der im Jahr 2018 durchgeführten Evaluation der Chancengleichheitsarbeit am KIT wurde in 2021 erfolgreich abgeschlossen und verschiedene konkrete Ergebnisse in die Umsetzung gebracht. So ist beispielsweise das Absolvieren des im Rahmen des Projektes entwickelten Online-Moduls zum Aufbau von Genderkompetenz seit 2021 obligatorisch für die ersten drei Leitungsebenen des KIT sowie die internen Mitglieder von Berufungskommissionen.

Informationen zu den Rahmenbedingungen, unter denen die Professorinnen am KIT arbeiten, werden seit 2021 im Projekt zur Erhebung der aktuellen Situation von Professorinnen am KIT quantitativ und qualitativ ermittelt und analysiert. Neben internen Analysen zu Gehaltsgefüge, Ausstattung und Sichtbarkeit wurde eine Befragung aller Professorinnen und Professoren am KIT mit externer Begleitung durchgeführt. Die Ergebnisse des Projektes werden im Herbst 2022 erwartet.

Im Jahr 2021 wurde das „Women Professors Forum“ (WPF) am KIT von Professorinnen aus unterschiedlichen Fachbereichen gegründet, u.a. mit dem Ziel, die Sichtbarkeit exzellenter Wissenschaftlerinnen weiter zu erhöhen und diese untereinander zu vernetzen. Der Präsident hat die Patenschaft dafür übernommen.

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. Seit 2017 konnte der Frauenanteil der Rufannahmen von 20% auf 34,5% in 2021 erhöht werden, so dass das KIT auf einem guten Weg ist, das 20%-Ziel zu erfüllen (2021: 16,4%).

Im Jahr 2021 wurde eine quantitative und qualitative Analyse der Frauenanteile der laufenden und abgeschlossenen Promotionen durchgeführt, da das Ziel des aktuellen Chancengleichheitsplans (Frauenanteil von 30% bei den abgeschlossenen Promotionen) noch nicht erreicht

wurde. Die Ergebnisse wurden im Präsidium, mit den Bereichsleitungen sowie im KIT-Senat diskutiert. Abgeleitet wurde ein Maßnahmenbündel aus u.a. kontinuierlichem Monitoring, Unconscious Bias Workshops in den Bereichen sowie zukünftig weiteren Angeboten zur Sensibilisierung von Promotions-Betreuenden.

Um den kritischen Übergang von der Postdoc-Phase hin zur Professur so zu gestalten, dass gerade auch Wissenschaftlerinnen, Wissenschaftler 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. Beide Maßnahmen werden im Rahmen des Ziels „Providing Reliable Academic Careers“ umgesetzt bzw. erweitert. In beiden Programmen (auch im Rahmen der Maßnahme KIT Excellent Tenure) wird ein Frauenanteil von mind. 40% angestrebt.

Der jährliche Gender-Monitoring-Bericht dient als Analyse- und Reflexionsinstrument und ist damit eine wichtige Arbeitsgrundlage für die Leitungsebene 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 2021) dargestellt.

Der neue Chancengleichheitsplan 2022-2026 wurde als Teil des Struktur- und Entwicklungsplans nach Abschluss des Gremienweges, positiver Stellungnahme des KIT-Senats und Beschluss des Aufsichtsrates an das MWK übersandt. Der Chancengleichheitsplan enthält ambitionierte Ziele und Maßnahmen zur Weiterentwicklung und Verwirklichung der Chancengleichheit.

In 2021 wurden im Rahmen des Gender Consultings insgesamt 21 Forschungsinitiativen bei der Antragsstellung zu Möglichkeiten zur Förderung von Chancengleichheit beraten. Die deutliche Zunahme im Vergleich zum Vorjahr gründet sich zum einen auf die Ausweitung der Chancengleichheitsförderung für jetzt alle Förderangebote der DFG (auch in der Einzelförderung) und zum anderen auf die Fortsetzung des Förderprogramms zu kooperativen Promotionskollegs des Landes Baden-Württemberg sowie die Einrichtung von Graduiertenschulen im Rahmen der Grade-up Initiative des KIT.

Bei der Übernahme von befristet Beschäftigten in unbefristete Arbeitsverhältnisse (EVA-Verfahren) betrug der Frauenanteil im Jahr 2021 über alle Entgelt- und Besoldungsstufen 48%. Der Frauenanteil bei den unbefristeten Neueinstellungen lag bei 49%.

(7) Gendergerechte/geschlechterdifferenzierte Sprache

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.

Kaskadenmodell

Das KIT setzt sich gemäß dem Kaskadenmodell der GWK bis zum Jahr 2025 die in der nachfolgenden Darstellung 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 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 zu ermitteln.

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, 2020 und 2021, 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 2021) dar.

Kaskadenmodell: Ziel-Quoten am 31. Dezember 2025 und Ist-Quoten am 31. Dezember der Jahre 2019 bis 2021 für das wissenschaftliche Personal (ohne verwaltungs-, technisches und sonstiges Personal) in Köpfen (nicht: VZÄ).

Frauenquote – Ableitung und Ziel 2025																				
Frauenquote – Entwicklung										Prognose 2020 – 2025				SOLL 31.12.2025						
IST 31.12.2019			IST 31.12.2020			IST 31.12.2021			Prognose 31.12.2025		Zugänge ³			Ziel-Frauen- quote (%)						
Anzahl Personen	davon Frauen	Frauen- quote (%)	Anzahl Personen	davon Frauen	Frauen- quote (%)	Anzahl Personen	davon Frauen	Anzahl Personen	davon Frauen	Abgänge ³										
										Gesamt	davon Frauen	Wieder- besetzung von Stellen (Fluktuation)	Neue Stellen (Aufwuchs)		Besetzbare Positionen Gesamt (Fluktuation & Aufwuchs)	davon Besetzung mit Frauen	Frauenquote Neube- setzungen			
Führungsebenen ⁴	Zentrumsleitung ⁴																			
	Erste Führungsebene ⁴	5	1	20,0%			5	1	20,0%			5	1	0	0	-	20,0%			
	Zweite Führungsebene ¹	34	2	5,9%	30	3	10,0%	28	2	7,1%		35	5	0	5	3	50,0%	14,3%		
	Dritte Führungsebene ¹	66	11	16,7%	71	12	16,9%	79	15	19,0%		70	14	3	15	4	31,6%	20,0%		
	Leitung selbständiger Forschungs- und Nachwuchsgruppen/Forschungsbereiche ²	21	6	28,6%	20	5	25,0%	20	6	30,0%		25	9	3	14	4	6	33,3%	36,0%	
		W3/C4	52	5	9,6%	52	7	13,5%	53	8	15,1%		63	11	8	0	8	11	6	31,6%
	W2/C3	2		0,0%			0,0%	2		0,0%		2	0	0	0	0	0	0	-	0,0%
Vergütungsgruppen	W1		-			-	3	1	33,3%		5	2				5	2		40,0%	40,0%
	E 15 Ü TV00/TV-L, ATB, S (B2, B3)	9	1	11,1%	9	1	11,1%	10	1	10,0%		7	1	2	0	0	0	-	-	14,3%
	E15 TV00/TV-L	135	13	9,6%	132	13	9,8%	135	15	11,1%		140	24	36	2	36	5	13	31,7%	17,1%
	E14 TV00/TV-L	430	81	18,8%	424	85	20,0%	425	79	18,6%		450	99	119	25	119	20	43	30,9%	22,0%
	E13 TV00/TV-L	1.036	326	31,5%	1.117	336	30,1%	1.306	398	30,5%		1.050	354	908	284	908	14	922	312	33,8%

¹ Soweit nicht Teil der darüber liegenden Ebene

² Soweit nicht Teil der 1.-3. Führungsebene

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

⁴ 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: Begründungen für die Festlegung der Zielquoten bis 2025

		Begründung zu "ambitionierte, aber realistische Zielquote"
Zentrumsleitung ⁴		• 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 ⁴	Erste Führungsebene ⁴	• Keine geplanten Veränderungen
	Zweite Führungsebene ¹	• 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 ¹	• 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 ²	• 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.

¹ Soweit nicht Teil der darüber liegenden Ebene

² Soweit nicht Teil der 1.-3. Führungsebene

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

⁴ 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?
Strategien: • 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 • Karriereförderung von qualifizierten Frauen, v.a. für obere Leitungs-/Führungspositionen • Strukturelle Verankerung der Chancengleichheit und Entwicklung fachspezifischer Ansätze Maßnahmen: • 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) • 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) • Vielfältige und umfangreiche Maßnahmen zur Vereinbarkeit von Beruf, Wissenschaft, Studium und Familie & Pflege sowie allgemeine Personalentwicklungsmaßnahmen Die hier beschriebenen Strategien und Maßnahmen werden auch im neuen Chancengleichheitsplan 2022-2026 festgehalten.

Kaskadenmodell: Erläuterungen zu den IST-Werten (Stand 31.12.2021)

Bitte erläutern Sie in der Vergleichstabelle, aus welchen Gründen sich die IST-Werte zum Teil nicht auf dem angestrebten Niveau der SOLL-Werte befinden.		
SOLL-IST-Vergleich 2021	IST - SOLL Frauenquote	Erläuterung
Zentrumsleitung ⁴	+0,0%	Hinweis: In dieser Kaskade werden lediglich die Führungspersonen und Vergütungsgruppen betrachtet, welche der Großforschungsaufgabe des KIT zugeordnet werden. Bezogen auf Gesamt-KIT (inkl. Universitätsaufgabe) liegt der Frauenanteil im Präsidium bei 17% (6 Personen, davon 1 Frau).
Führungsebenen ⁴	Erste Führungsebene ⁴	...
	Zweite Führungsebene ¹	Aufgrund der Bereinigung der Governance im Zuge der Weiterentwicklung des KIT hat sich eine Umstrukturierung innerhalb eines Institutes ergeben, so dass eine Frau auf eine andere Position gedrückt ist und sich der Frauenanteil dadurch etwas verringert hat.
	Dritte Führungsebene ¹	Auf der dritten Führungsebene zeigt sich im Vergleich zum Vorjahr ein Zuwachs. Die Differenz zum gesetzten Zielwert für 2025 hat sich dadurch verringert.
	Leitung selbständiger Forschungs- und Nachwuchsgruppen/Forschungsbereiche ²	Auf der Ebene der Nachwuchsgruppen ist im Vergleich zum Vorjahr ein Anstieg zu verzeichnen. Die Differenz zum gesetzten Zielwert für 2025 hat sich dadurch verringert.
Vergütungsgruppen	W3/C4	Bei den W3/C4 Professuren hat sich der Frauenanteil im Vergleich zum Vorjahr erhöht, so dass sich die Differenz zum gesetzten Zielwert für 2025 entsprechend verringert hat.
	W2/C3	...
	W1	Bei den W1 Professuren, welche vorrangig der Großforschungsaufgabe zugeordnet sind, lässt sich für das Jahr 2021 bereits ein Frauenanteil von 33% festhalten. Im Zuge der geplanten Einrichtung weiterer W1 Professuren, wird sich der Frauenanteil entsprechend der gesetzten Ziele bis 2025 sukzessive erhöhen.
	E 15 U TV6d/TV-L, A TB, S (B2, B3)	Die Engeltgruppe E15 U TV6d wird nicht mehr eingestellt, daher ist insgesamt in dieser Kategorie ein Rückgang der absoluten Zahlen seit 2019 zu verzeichnen. In diesen Positionen werden zukünftig keine Neu-/Wiederbesetzungen erwartet.
	E15 TV6d/TV-L	In dieser Engeltgruppe zeigt sich ein leichter Anstieg bei den absoluten Zahlen und den Frauenanteilen, die Differenz zum gesetzten Zielwert für 2025 hat sich dadurch verringert.
	E14 TV6d/TV-L	Hier zeigt sich im Vergleich zum Vorjahr ein Zuwachs bei der Gesamtzahl um einen Kopf, jedoch parallel ein Rückgang bei den Frauen um 6 Köpfe, so dass sich im Vergleich zum Vorjahr ein Rückgang beim Frauenanteil um 1,4 Prozentpunkte ergibt (von 20% auf 18,6%). In dieser Vergütungsgruppe finden sich auch Postdocs und Gruppenleitungen, welche nach Beendigung der (meist befristeten) Qualifizierungsphase am KIT oftmals eine externe Position einnehmen.
	E13 TV6d/TV-L	Bezogen auf die absoluten Zahlen (Anzahl Gesamt und Frauen) zeigt sich eine deutliche Steigerung, jedoch bleibt der Frauenanteil nahezu gleich und die prognostizierten Frauenanteile für 2025 wurden noch nicht erreicht.

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. Der fortgeschriebene Chancengleichheitsplan wurde um die spezifische Kennzahl „Ruferteilungen“ erweitert: das KIT hat sich das Ziel gesetzt, zwischen 25-30% aller Rufe an Wissenschaftlerinnen zu erteilen. Folgende Zielzahlen hat sich das gesamte KIT auf Ebene des wissenschaftlichen und wissenschaftsunterstützenden Personals (für alle Mitarbeitenden mit Universitäts- und/oder Großforschungsaufgabe) gesetzt:

Zielkategorie	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Zielwert 31.12.2021
1. Professuren	13%	14%	13%	13%	14%	14%	16%	17%	16%
2. Ruferteilungen						39%	28%	29%	25-30%
3. Abgeschl. Promotionen	25%	24%	23%	27%	23%	21%	22%	27%	30%
4. Wiss. Mitarbeitende	26%	26%	26%	27%	27%	27%	28%	28%	28%
5. DE-Leitungen	37%	37%	39%	48%	46%	48%	47%	49%	40%

Anm. zu „2. Ruferteilungen“: Diese neue Zielkategorie wurde für die Fortschreibung bis 2021 aufgenommen.

Professorinnen und Professoren nach Alter*

	Gesamt	m (%)	w (%)
Prof. (W1-W3) gesamt	374	83	17
Prof (W2/W3) ab 50 J.	250	88	12
Prof (W2/W3) bis 49 J.	100	75	25
Juniorprof. (W1) gesamt	24	67	33

*ohne Vertretungsprofessuren

Zum Stand 31. Dezember 2021 hat das KIT die Ziele in den Kategorien Professuren, Ruferteilungen und Leitungen der Dienstleistungseinheiten/Stabsstellen erreicht. Bei den Frauenanteilen der abgeschlossenen Promotionen und der wissenschaftlichen Mitarbeitenden wurden die gesetzten Ziele noch nicht erreicht. Zur Analyse möglicher Gründe wurde bei den abgeschlossenen und laufenden Promotionen eine quantitative und qualitative Analyse durchgeführt. Die Ergebnisse wurden im Präsidium, mit den Bereichsleitungen sowie im KIT-Senat diskutiert. Abgeleitet wurde ein Maßnahmenbündel aus u.a. kontinuierlichem Monitoring, Unconscious Bias-Workshops in den Bereichen sowie zukünftig weiteren Angeboten zur Sensibilisierung von Promotions-Betreuerinnen bzw. -betreuern. Auf Ebene der wissenschaftlichen

Mitarbeitenden wird zur Erhöhung der Frauenanteile ein Fokus auf Einstellungsverfahren gelegt. Um die Leitungs- und Führungskräfte für die Thematik zu sensibilisieren, ist beispielsweise das Absolvieren des o.g. Online-Moduls zum Aufbau von Genderkompetenz seit 2021 obligatorisch für die ersten drei Leitungsebenen des KIT. Ab dem Jahr 2022 gilt ein neuer Chancengleichheitsplan 2022-2026, welcher auf Basis der Bestandsaufnahme und Bewertung der Entwicklungen des ersten Geltungszeitraums neue Zielkategorien und Zielwerte beinhaltet. Über diese wird im folgenden Zentrenfortschrittsbericht an dieser Stelle informiert.

A.1.3 Strategische Zentrumsplanung

A.1.3.1 Mittel- und langfristige Strategie des Zentrums

Gestaltungsoptionen durch neue gesetzliche Rahmenbedingungen

Mit der Unterzeichnung einer neuen Verwaltungsvereinbarung zwischen Bund und Land und der Verabschiedung des 2. KIT-Weiterentwicklungsgesetzes (2. KIT-WG) am 3. Februar 2021 im Landtag Baden-Württemberg wurde ein weiterer wesentlicher Schritt im Zusammenwachsen des KIT getan, indem der 2009 initiierte Zusammenschluss weiter intensiviert wird, um so das Potenzial des KIT in Forschung, Lehre und Innovation in neuem Maße auszuschöpfen. Das KIT wird künftig die Aufgaben einer Universität und eines Großforschungszentrums gleichrangig wahrnehmen. Auf Basis des neuen Gesetzes werden in enger, trilateraler Zusammenarbeit mit Bund und Land die Wege geebnet für die Umsetzung der zahlreichen Neuerungen wie beispielsweise die Einrichtung des neuen und speziell für das KIT geschaffenen Statusamts „Universitätsprofessorin am KIT“ bzw. „Universitätsprofessor am KIT“, was auch die Überführung aller bereits berufenen Professorinnen und Professoren in das neue Statusamt bedeutet. Dienstaufgaben können sowohl universitäre als auch Großforschungsaufgaben sein. Der Aufsichtsrat hat das Präsidium mit der Umsetzung des neuen Rechtsrahmens beauftragt. Eingebettet in die Projektlandschaft der Dachstrategie KIT 2025 erfolgt die Implementierung im Umsetzungsprojekt KIT 2.0. Kick-Off war im April 2021, das Projektende ist mit Blick auf die gesetzlichen Übergangsfristen für Dezember 2022 anvisiert. Entlang von elf Arbeitspaketen werden vielfältige Regelungen, Vorgehensweisen und Grundlagen überarbeitet, von Governance- und Finanzfragen über das Bauwesen bis hin zu Auswirkungen im Berichtswesen. All dies erfolgt in Zusammenschau mit den wissenschaftlichen Kernaufgaben Forschung, Lehre und Innovation. Ein wichtiger bereits erreichter Meilenstein ist die Erarbeitung einer neuen Gemeinsamen Satzung, die die erste Version aus 2013 ablöst und im Februar 2022 nach zweiter Lesung einstimmig vom KIT-Senat beschlossen wurde.

Governance und Organisationsstruktur

Die bereits erreichte Vereinheitlichung von Regelungen und Abläufen, Subsidiarität und zyklischen Führungsinstrumenten wird entsprechend dem 2. KIT-Weiterentwicklungsgesetz fortgeführt. Als steuernder Rahmen für die verschiedenen Planungsprozesse im KIT dient der Struktur- und Entwicklungsplan (SEP). Der finale SEP inklusive des Chancengleichheitsplans 2022-2026 wurde 2021 von den Gremien des KIT genehmigt und im November an das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst (MWK) zur Prüfung geschickt. Der SEP ist als kontinuierlicher Portfolioprozess konzipiert und beinhaltet die geplante fachliche, strukturelle, personelle, bauliche und finanzielle Entwicklung des KIT. Ein strategisches Kernelement des SEP ist die Professurenplanung, die im Rahmen der Exzellenzstrategie die Einrichtung von 100 zusätzlichen Professuren innerhalb von zehn Jahren (2020-2030) vorsieht.

Zur strategischen Weiterentwicklung des KIT wurden zwei neue Handlungsfelder eröffnet, die in die Dachstrategie des KIT aufgenommen, ausgearbeitet und mit Maßnahmen hinterlegt werden: Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Das bestehende Handlungsfeld Innovation wird zum Handlungsfeld Transfer weiterentwickelt. Diese Entwicklungen gehen einher mit einem neuen

Ressortzuschnitt: Zum Januar 2022 wurde das bestehende Ressort Innovation und Internationales entsprechend zu Transfer und Internationales erweitert; ab 2023 werden die beiden Ressorts Personal und Recht sowie Wirtschaft und Finanzen zu einem administrativen Ressort vereint; es wird ein neues Ressort Digitalisierung und Nachhaltigkeit geschaffen. Der Findungsprozess für die Vizepräsidentschaft des neuen Präsidiumsressorts wird im kommenden Jahr von großer Bedeutung sein; die Besetzung dieser Position wird das KIT in den kommenden Jahren prägen

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 als naturwissenschaftlich-technische Wissenschaftseinrichtung wird geprägt durch die Breite der am KIT vertretenen Disziplinen. 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. Diese wurden bereits 2019 im Antrag auf Exzellenzuniversität als Research Foci „Nanomaterials“ und „Chemical and Electrochemical Energy Storage“ reflektiert. Daneben wurden mit „Quantum Technologies“, „Elementary Particle and Astroparticle Physics“, „Atmospheric Sciences“ sowie „Autonomous Systems and Robotics“ weitere Research Foci identifiziert. Ergänzend kamen als Emerging Fields „Cyber Security“ und „Technology Futures and Assessments“ hinzu. Diese Research Foci und Emerging Fields wurden im Jahr 2021 einer strategischen Diskussion und Weiterentwicklung unterzogen. Zukünftige Emerging Trends in den Forschungsschwerpunkten des KIT wie auch in den gesellschaftlichen Bedarfsfeldern werden im Rahmen eines laufenden Monitoringprozesses frühzeitig erfasst und evaluiert. So wurde im Jahr 2021 mit „Life Science Engineering“ ein potenzielles weiteres Emerging Field identifiziert und in die Diskussion um zukünftige Initiativen für Exzellenzcluster integriert. Damit entfalten die Aktivitäten in den Research Foci und Emerging Fields eine starke Dynamik und tragen mit ihrer kontinuierlichen Weiterentwicklung zur Profilschärfung des KIT insgesamt bei.

Einen wesentlichen Beitrag zur Profilschärfung des KIT leistet das 2020 eingerichtete Leitprojekt 1.0 „Kontinuierlicher Strategieprozess Forschung“. In diesem Rahmen wurde ein Management-Prozess erarbeitet und spezifiziert, durch welchen die Forschungsstrategie des KIT kontinuierlich und zugleich agil weiterentwickelt und in einer längeren Perspektive auf eine verlässliche Grundlage gestellt werden wird. Dies bedeutet, eine intensive Auseinandersetzung mit Zukunftsthemen von wesentlicher Bedeutung für die Forschung am KIT anzuregen und frühzeitig entsprechende Weichenstellungen vorzunehmen. Der projektierte Strategieprozess Forschung trägt damit zu einer weiteren Profilbildung des KIT 2.0 im Sinne eines vertieften Zusammenwirkens von Universitäts- und Großforschungsaufgaben bei, und schafft in einer langfristigen Perspektive die konstitutiven Grundlagen für eine starke Positionierung des KIT im nationalen und internationalen Wettbewerb.

Im Rahmen der Dachstrategie KIT 2025 wird zudem seit 2020 das Teilprojekt „Global sichtbare Großgeräte“ innerhalb des Leitprojekts „Forschungsstrategie“ durchgeführt. Zielsetzung ist die Entwicklung und Durchführung eines Rahmenprozesses zur Vorauswahl für große Forschungsinfrastrukturen am KIT, die das Potenzial haben eine globale Sichtbarkeit zu erlangen. Im Jahr 2021 wurde im Rahmen dieses Leitprojektes die Aktualisierung der Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen am KIT koordiniert und mit dem Beschluss des Helmholtz-

Senats im September 2021 abgeschlossen. Zudem wurden in dem entwickelten Rahmenprozess zehn Vorschläge für große Forschungsinfrastrukturen aus dem KIT vorgestellt, diskutiert und weiterentwickelt. Ziel ist es, Anfang des Jahres 2022 eine Vorpriorisierung der vorliegenden Vorschläge für Großgeräte mit globaler Sichtbarkeit zu treffen, die nachfolgend in die konkrete Planung mit Antragserstellung münden soll.

Zu Beginn des Berichtsjahres startete der ehemalige Forschungsbereich (FB) „Schlüsseltechnologien“ mit dem neuen Namen „Information“ und den geplanten strategischen Umstrukturierungen. Die informationsbasierte Materialforschung, die bereits vorab am KIT in dem Strategie-Projekt VirtMat eine Basis schaffen konnte, wird nun als verbindender Pfeiler aller drei Programme und der Forschungsinfrastruktur KNMFi in der PoF IV fortgesetzt. Insbesondere die Aktivitäten im Programm MSE bilden einen essenziellen Beitrag für das neu geschaffene Joint Lab „Virtual Materials Design“ unter Federführung des KIT, eines von vier Querschnittsthemen im Forschungsbereich Information. Die Joint Labs erhalten durch den Innovationspool eine Anschubfinanzierung.

In der Übergangsphase von der PoF III zur PoF IV wurden im Rahmen verschiedener Projekte die Themen Digitalisierung und Modellierung über die im Forschungsbereich „Erde und Umwelt“ beteiligten Zentren hinweg ausgebaut – dazu gehörten „Digital Earth“ (DE) und „Advanced Earth System Modelling Capacity“ (ESM) mit Beteiligung des DLR und zusätzlich kleinere Projekte im Rahmen des Helmholtz Inkubators. Beide Projekte sind nun als Querschnittsthemen in der PoF IV verankert. Die umfangreichen Modellierungsaktivitäten des Topic 1 „The Atmosphere in Global Change“ (ehemals Programm ATMO) sind nun die Basis einer Modellierungsstrategie, die unter anderem in engem Austausch mit dem FB Information im Joint Lab ExaESM bearbeitet werden. Damit einher geht eine sich entwickelnde Anbindung an das Nationale Hochleistungsrechnen. Auf diesen Grundlagen findet auch die Mitwirkung am Prozess der nationalen ESM Strategie statt. Gleichzeitig liefert das Topic 1 wichtige Beiträge zum Aufbau der „Nationalen Forschungsdaten-Infrastruktur für Erdsystemforschung“ (NFDI4Earth), welche Forschende in Deutschland und darüber hinaus vernetzt.

Um das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten zukünftiger Energiesysteme zu erforschen, wird mit dem unter Federführung des KIT in wesentlichen Teilen aufgebauten „Energy Lab 2.0“ eine in Europa einzigartige Infrastruktur am KIT betrieben, die als integrierte Technologie- und Systemplattform die Erforschung und experimentelle Erprobung neuer Ansätze und leistungsfähiger Werkzeuge für die Stabilisierung der Netze ermöglicht. Diese Forschungsplattform befasst sich mit intelligent verknüpften Energiesystemen, die auf erneuerbaren Energiequellen basieren. Sie umfasst ein großskaliges Reallabor und ein Simulationszentrum. Für die PoF IV ist über das „High Power Grid Lab“ (HPGL) die Erweiterung des Energy Lab 2.0 im Rahmen der Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen in Planung. Auch für die Wasserstoff-Leitprojekte des BMBF (H₂Mare, TransHyDE-AppLHy und H₂Giga), an denen das KIT maßgeblich beteiligt ist, soll das Energy Lab um neue Komponenten erweitert werden.

Im Programmtopic „Matter and Radiation from the Universe“ am KIT wird das „Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment“ (KATRIN) zur Messung der Neutrinomasse sowie Experimente für die Suche nach Dunkler Materie betrieben und weiterentwickelt. Ziel ist die Messung der Neutrinomasse bislang unerreichter Sensitivität und die Suche nach weiteren Effekten jenseits des Standardmodells. Die Erforschung der Natur der Dunklen Materie (DM) soll im Verlauf der PoF IV weiter vertieft werden, mit dem „Dark Matter WIMP Search with Liquid Xenon“ Experiment“ (DARWIN). Ziel ist es, den experimentell zugänglichen Parameterraum für WIMPs als DM-Kandidaten über einen weiten Massenbereich zu untersuchen. Als Mehrzweck-Observatorium wird DARWIN darüber hinaus auch zur ultrapräzisen Messung solarer Neutrinos, zur

Detektion von Supernova-Neutrinos sowie zur Suche nach Physik jenseits des Standardmodells beitragen, etwa zum neutrinolosen Doppelbetazerfall.

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

Bereits 2014 erhielt das KIT als eine der ersten Universitäten in Deutschland die sogenannte Systemakkreditierung und konnte damit seine Studiengänge selbst bewilligen. Nach sechs Jahren erfolgte 2020 standardmäßig eine erneute Prüfung des internen Qualitätsmanagements in Studium und Lehre durch eine internationale externe Gutachtergruppe, die es als hervorragend bescheinigte. Auf Grundlage der positiven Gutachterempfehlung hat der Akkreditierungsrat im Jahr 2021 erneut die Systemakkreditierung ausgesprochen. Damit erhält das KIT für weitere acht Jahre das Recht, bei seinen Studiengängen die Qualitätssicherung selbst durchzuführen und nach gründlicher Prüfung mit dem international anerkannten Gütesiegel auszustatten.

Die Ergebnisse des 2019 abgeschlossenen Leitprojekts „Einheit von Forschung und Lehre am gesamten KIT“ werden maßgeblich dazu beitragen, die befruchtende Verzahnung von Forschung und Lehre am KIT weiter voranzutreiben. Im Rahmen des Leitprojekts wurde ein zukunftsweisendes Thesenpapier mit fünf Fokusthemen erstellt, auf deren Basis sich die Umsetzung von Folgethemen anschließt. So wird beispielsweise die Umsetzung des Folgeprojektes „Research Infrastructures in Research-Oriented Teaching“ mit dem Fokusthema „Forschungsorientierte Lehre und Lernen an Forschungsinfrastrukturen“ einen wichtigen Beitrag dazu leisten, die wertvollen Synergien zwischen Forschungsinfrastrukturen und Lehre am KIT zu heben. Daneben steht die Weiterentwicklung der Studiengänge in inhaltlicher und struktureller Hinsicht im Vordergrund. Die Umsetzung der forschungsorientierten Lehre in allen Phasen des Studiums, internationale Aspekte und die Steigerung des Frauenanteils in den technischen Studiengängen sind hierbei von zentraler Bedeutung.

Im Rahmen der Förderung als Exzellenzuniversität konnte das KIT mit dem Projekt GradeUp im Jahr 2021 sechs Graduiertenschulen einrichten. Startzeitpunkt dieser Graduiertenschulen war der 1. August 2021. Mit den schon existierenden Angeboten ist damit in jedem KIT-Zentrum zumindest eine Graduiertenschule angesiedelt.

Darüber hinaus warben junge Forschende des KIT verschiedene Nachwuchsgruppen ein, davon drei von der DFG geförderte Emmy-Noether-Nachwuchsgruppen für einen Zeitraum von jeweils sechs Jahren, zwei von der Helmholtz-Gemeinschaft für fünf Jahre geförderte Nachwuchsgruppen sowie eine Nachwuchsgruppe, die das BMBF ebenfalls über einen Zeitraum von fünf Jahren unterstützt.

Ausgestaltung der Innovationsstrategie

Als eine der Kernaufgaben des KIT schlägt Innovation am KIT eine Brücke zwischen Erkenntnis und Anwendung zum gesellschaftlichen Nutzen, wirtschaftlichem Wohlstand und Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlagen. Gleichzeitig ist das Handlungsfeld Innovation ein wesentliches Element zur Positionierung und Gestaltung des KIT in der Helmholtz-Strategie, der Exzellenzstrategie, der Hightech-Strategie der Bundesregierung sowie der Strategie Europe 2020.

Das KIT wird im Rahmen seiner Dachstrategie KIT 2025 das bisherige Handlungsfeld Innovation zum Handlungsfeld Transfer erweitern, den Technologie- und Wissenstransfer am KIT strategisch zusammenführen und damit den Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft signifikant

stärken. Die Ausarbeitung der strategischen Texte soll im Jahr 2022 abgeschlossen werden, sodass man im Jahr 2023 mit der konkreten Umsetzung beginnen kann. Das KIT ist zudem Partner im Projekt „Transferbarometer“, einer gemeinsamen Initiative des Stifterverbandes und der Helmholtz-Gemeinschaft.

Die KIT-Gründerschmiede gehört zu den größten universitären Gründerzentren in Deutschland und bündelt alle Aktivitäten des KIT zu den Themen Gründung und Entrepreneurship. Das neue „Global Horizon Program“ (GHPro), das über das EXIST Förderprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert wird, hat das Ziel, Gründende für internationale Märkte fit zu machen. GHPro zielt neben einer engen Vernetzung in der Region auf die Steigerung der Anzahl und der Qualität der Gründungen mit internationaler Ausrichtung, sei es durch die Herkunft der Gründerinnen und Gründer, die Teamzusammensetzung, die involvierten Partner oder die Märkte wie beispielsweise Chile oder Indien.

Die Internationalisierung ist ein wichtiger Bestandteil des Austauschs und wird auch in dem von den Hochschulen aus Mannheim, Heidelberg und Karlsruhe geschaffenen DeepTechHub SouthWest vorangetrieben. Die Stärken und Kompetenzen der Technologieregion Karlsruhe und der Metropolregion Rhein-Neckar sollen vereint werden, um sich deutschland- und europaweit für Gründungen und Unternehmertum als wichtiger Hot Spot zu positionieren.

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 entwickelt und betreibt das KIT als Teil der Helmholtz-Gemeinschaft große wissenschaftliche Infrastrukturen wie Großgeräte oder Service-Einrichtungen oder ist 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. Fünf grenzüberschreitende Doktorandenkollegs bereiten die Köpfe von morgen auf die internationale Forschungszusammenarbeit vor. Im Juni 2021 wurde Prof. Dr. Thomas Hirth, Vizepräsident für Transfer und Internationales des KIT, von der Versammlung der Leitungen der Mitgliedsuniversitäten für eine Amtszeit von drei Jahren zum stellvertretenden Präsidenten von Eucor gewählt.

Die künftige Mobilität ist umweltfreundlich, vernetzt und automatisiert. Voraussetzung dafür ist die Entwicklung bahnbrechender Technologien – von neuen Dienstleistungen über völlig neue Antriebe und Bauteile bis hin zu innovativen Produktionsverfahren. Diesen Transformationsprozess voranzutreiben, ist Ziel des Innovationcampus Mobilität der Zukunft (ICM), in dem das KIT und die Universität Stuttgart ihre Kompetenzen in Forschung und Innovation bündeln. Das Land Baden-Württemberg baut den ICM, der 2019 gegründet wurde, ab dem Jahr 2021 deutlich aus und stellt dafür in den nächsten vier Jahren weitere 50 Mio. Euro in zwei Maßnahmenpaketen bereit. Im ersten Maßnahmenpaket unterstützt das Land mit 18 Mio. Euro Aktivitäten zur Steigerung der wissenschaftlichen Dynamik und der internationalen Spitzenforschung. Unter anderem besetzen das KIT und die Universität Stuttgart gemeinsam eine Spitzenprofessur im Themenfeld der Verschmelzung von IT und Maschinen-/Fahrzeugbau. Dazu kommen sechs neue Juniorprofessuren mit Nachwuchsgruppen, die universitätsübergreifend verankert

werden und Nachwuchskräfte aus Ingenieurwissenschaften, Softwareentwicklung, Natur- und Materialwissenschaften zusammenführen. Innovative Forschungs-, Umsetzungs- und Gründungsprojekte fördert das Land mit 32 Mio. Euro in einem zweiten Maßnahmenpaket. Themenschwerpunkte sind die digitalisierte Mobilität und Produktion (Software-defined mobility, Software-defined manufacturing) sowie die emissionsfreie Mobilität, einschließlich wasserstoffbasierter Technologien. Dem Wettbewerb der besten Ideen können sich Forschungspartner aus Universitäten und Hochschulen sowie der wirtschaftsnahen Forschung in Baden-Württemberg stellen. Darüber hinaus stärken „Zukunftslabore“ und eine „Innovation Challenge“ die Zusammenarbeit mit baden-württembergischen Unternehmen.

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.

Die bisherige Zusammenarbeit auf dem Gebiet der elektrochemischen Energiespeicher wurde 2018 mit der Gründung des „Center for Electrochemical Energy Storage Ulm & Karlsruhe (CELEST)“ 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. Zwei weitere hochaktuelle und zukunftsweisende Felder (Lithiumionenbatterien sowie Alternative elektrochemische Energiespeichersysteme und -wandler) runden die Positionierung der CELEST-Partner in der Forschung an elektrochemischen Energiespeichern ab. Neben Industriekooperationen und Technologietransfer gehört auch die Nachwuchsförderung zu den erklärten CELEST- Zielen. So hat sich die zusammen mit POLiS organisierte Graduiertenschule „Electrochemical Energy Storage (GS EES)“ bereits als hochattraktives Angebot für junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler etabliert.

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 2021 festgestellt, dass keine bestandsgefährdenden Risiken für das KIT (inkl. Großforschungsbereich) bestehen.

A.1.4 Entwicklung der Institute (Großforschungsbereich)

A.1.4.1 Bereich I

A.1.4.1.1 Institut für Biologische Grenzflächen (IBG)

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

Leitende Personen

Teilinstitutsleiter IBG 1: Prof. Dr. Christof M. Niemeyer

Kurzdarstellung

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

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

Die Arbeitsgruppe Biomolekulare Mikro- und Nanostrukturen unter Leitung von Prof. Dr. Christof Niemeyer 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 DNA-Gerüsten 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 für den Aufbau komplexer biomolekular-modifizierter Oberflächen für Zellkulturtechniken nutzbar sind. Insbesondere eignen sich diese Systeme für Anwendungen in der Diagnostik, Materialforschung und (Bio)Katalyse. Ein erfolgreich etabliertes Anwendungsbeispiel sind „Multiscale Origami Structures as Interfaces for Cells“ (MOSAIC). Diese DNA-basierte Plattform kann als vielseitiger molekularer Werkzeugkasten eingesetzt werden, um grundlegende Aspekte zellulärer Signaltransduktion zu untersuchen, die mit keiner anderen bekannten Technologie erfassbar sind. Eine andere Klasse programmierbarer Hydrogele, die ausschließlich aus katalytisch-aktiven Proteinen besteht, sind die sogenannten „all-enzyme-hydrogel“ (AEH) Materialien. Für die Herstellung dieser erst kürzlich am Institut entwickelten Materialien werden beliebige katalytisch-aktive Proteine gentechnisch so programmiert, dass sie, ähnlich wie ein Zweikomponentenkleber, beim Zusammengeben zu einem katalytisch aktiven Gelmaterial polymerisieren. Die AEH-Gele werden intensiv für Anwendungen in der industriellen Biokatalyse eruiert (s.u.). Eine weitere Plattform sind Nanokompositmaterialien aus DNA und Nanopartikeln, die Hydrogele bilden, deren Eigenschaften durch Variationen der Einzelkomponenten gezielt eingestellt werden können. Diese neuartigen Hydrogele eignen sich u.a. als Zellkultursubstrate mit programmierbarer Funktionalität und eröffnen damit

ein breites, biotechnologisches Anwendungsspektrum, z.B. für Anwendungen im Bereich von Bio-Brennstoffzellen oder zellfreien Proteinsyntheseverfahren.

Die von Dr. Kersten Rabe geleitete 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.

Die biotechnologisch ausgerichtete Forschung wird weiter gestärkt durch die Arbeitsgruppe Biofilmentechnologie unter Leitung von Prof. Dr. Johannes Gescher. Die in Kooperation mit der AG Niemeyer durchgeführten Arbeiten konzentrieren sich auf die Entwicklung von mikrofluidischen Methoden für die Kultivierung, Charakterisierung und Anwendung von mikrobiellen Mischkulturen. Seit der Wegberufung von Prof. Gescher im Juli 2021 wird das Thema Biofilmentechnologie auf Arbeiten zur informationsgestützten Identifikation und Isolierung von Mikroorganismen aus komplexen Habitaten fokussiert (in Kooperation mit dem IBG-5). Das Ziel ist, neuartige Materialsysteme für die industrielle Biokatalyse zu entwickeln.

Strategische Ereignisse

Um die All-Enzyme Hydrogele für die kommerzielle biotechnische Herstellung werthaltiger Moleküle weiterzuentwickeln, hat sich am IBG 1 ein Gründerteam formiert. Die durch das Helmholtz Enterprise Programm geförderte Ausgründung zur Vermarktung der All Enzyme-Hydrogele wurde aus markenrechtlichen Gründen in „Catavis“ umbenannt (vormals ChemZyme). Während der bisherigen Förderphase (seit Mai 2021) bestätigte sich das Potential dieser neuen Technologie. Das junge Team aus Gründerinnen und Gründern aus dem Institut bewirbt sich daher um eine Anschlussfinanzierung, z.B. EXIST.

Im Kontext der Entwicklung neuer Materialsysteme für die Biotechnologie, entwickelte Dr. Gudrun Gygli als YIG-PrepPro Stipendiatin am IBG 1 eine neue Plattform für die Modellierung und Vorhersage komplexer Biokatalyse Prozesse. Durch Implementierung von Isothermaler Titrationskalorimetrie (ITC) und dynamischer Lichtstreuung (DLS) für die Erzeugung kinetischer und thermodynamischer Parameter der Enzymkatalyse wurde die Reproduzierbarkeit durch Standardarbeitsverfahren (SOP), programmierte Arbeitsabläufe für die Datenanalyse und Speicherung aller Daten in F.A.I.R.-Repositorien gewährleistet. Im Zuge dieser Arbeiten wurde auch mit der Implementierung eines umfassenden Forschungsdatenmanagements am IBG-1 begonnen.

Mit der Annahme eines Rufs an die TU Hamburg durch Prof. Dr. Johannes Gescher erlosch die institutsinterne Arbeitsgruppe, nicht jedoch die Kooperation mit Prof. Gescher. Im Rahmen eines gemeinsamen, durch das BMBF geförderten Projekts („Lebende Materialien für bioelektrochemische Synthesen (LIMES)“) werden die praktischen Anwendungsmöglichkeiten von DNA-Hydrogele untersucht.

Im Juni 2021 startete die Umsetzungsphase des von Dr. Kersten Rabe koordinierten und vom BMBF geförderten Verbundprojekts „MicroMatrix“, dessen Ziel es ist, bisher unkultivierbare mikrobielle Organismen für die Forschung zugänglich zu machen. Die Projektziele sollen durch die integrative Zusammenführung von bioinformatischen, ingenieurwissenschaftlichen, mikrobiologischen, molekularbiologischen und chemischen Expertisen erreicht werden.

Längerfristige Kooperationen

- Entwicklung eines Nanoplotters und zugehöriger Prozessketten für die Herstellung zellbasierter Mikorarrays in Kooperation mit dem Institut für Nanotechnologie (INT, KIT) und der Karlsruhe Nano Micro Facility (KMNF, Infrastruktur des KIT)
- Anwendungsentwicklungen für die neu etablierte MOSAIC Plattform in Kooperation mit MPI Dortmund, Universität Heidelberg, Universität Freiburg, MPI Stuttgart, University of Applied Sciences Upper Austria School of Engineering
- Entwicklung DNA-basierter Immunoassays für die mikrosystemgestützte Diagnostik (IBM Zürich)
- DNA- und Protein-basierte Kompositmaterialien für Anwendungen in der Biotechnologie in Kooperation mit den AGs Gescher (IBG1, TU Hamburg), Bastmeyer (IFG, ZOO), Willenbacher (MVM-AME), und Wöll (IFG) des KIT
- Entwicklung einer integrierten Plattform für die automatisierte Kultivierung und Analyse von Biofilmen in Kooperation mit den AGs Gescher (IBG1), Horn (EBI) und Hubbuch (BLT) des KIT
- Entwicklung von mikrofluidischen Systemen und Zellkulturträgern mittels Mikro-Thermoformen (Dr. Stefan Giselbrecht, MERLN Institute for Technology-Inspired Regenerative Medicine, Universität Maastricht, NL)
- Entwicklung von Prozessketten für die Durchführung biokatalytischer Verfahren in mikrofluidischen, kompartimentierten Bioreaktoren in Kooperation mit der AG Rabe (IBG1), IFG, IKFT (KIT)
- Entwicklung von bioinformatischen Methoden zur Vorhersage der Thermostabilität von Proteinen und der Klassifizierung von Mikroorganismen hinsichtlich ihrer Wachstumsbedingungen aus genomischen Sequenzierdaten (Prof. Engqvist, Chalmers University, Göteborg)
- Entwicklung der „microfluidic droplet“ Technologie als Plattform für neuartige Mikrobioreaktoren als experimentelle Hochdurchsatzmethode zur Entwicklung einer computergestützten Materialsynthese auf Basis selbstassemblierender molekularer und kolloidaler Komponenten in Kooperation mit den AGs Mikut (IAI), Wenzel (INT) und Nestler (IAM) des KIT

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

Leitende Personen

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

Kurzdarstellung

Mit dem Start des neuen Programms „Natural, Artificial and Cognitive Information Processing (NACIP)“ befasst sich das Institut für Biologische Grenzflächen (IBG 2) im Rahmen von Topic 4 („Molecular and Cellular Information Processes“) mit der **Informationsübertragung durch zelluläre Membranen**. Biomembranen bilden eine hydrophobe Barriere zwischen der Außenwelt und dem Inneren einer Zelle. Typische Signale (wie Hormone, Neurotransmitter, Licht, usw.) werden von Transmembran-Rezeptoren empfangen und auf diese Weise als „allosterische Information“ durch die Lipidmembran hindurch nach innen geleitet. Die molekularen Prozesse, die sich in der hochkomplexen, zumeist flüssigkristallinen Lipidmatrix abspielen, sind

jedoch nur schwer zu erfassen. Offene Fragen, die hier erforschen werden, betreffen folgende Aspekte mit zunehmender Komplexität bzw. Anwendungsbezogenheit.

- 1) **Datensammlung zur strukturellen Beschreibung der beteiligten Proteinsegmente und Lipidkomponenten in ihrem dynamischen Zusammenspiel:** Dazu werden synthetische oder rekombinante Transmembran-Segmente verschiedener Rezeptor-Proteine in Lipidmembranen rekonstituiert, und die Proben-Stabilität und Qualität wird durch Anpassung der Schichtdicke optimiert. Mit Hilfe eigens entwickelter Festkörper-NMR-Methoden (^{19}F -NMR Isotopenmarkierung und Datenauswertung) und weiterer $^2\text{H}/^{15}\text{N}$ -Strukturanalysen, kombiniert mit orientierter Synchrotron-CD und Fluoreszenz-Spektroskopie, werden 3D Strukturen und Helix-Helix Interaktionen vermessen [1]. Auf diese Weise gelang eine erste, grundlegende Charakterisierung verschiedener Rezeptoren in quasi-nativen Lipidmembranen, wobei sehr unterschiedliche Helix-Interaktionsmotive am EGF-Rezeptor, PDGF α - und PDGFR β -Rezeptor gefunden wurden.
- 2) **Prinzipien der Informationsübertragung durch Biomembranen:** Traditionell werden zumeist nur die Proteine für die Signaltransduktion verantwortlich gemacht, aber es steht außer Frage, dass auch die Lipidmatrix ihren Teil zur aktiven Regulation beiträgt. So sammeln sich z.B. bestimmte Rezeptoren bei einer lokalen Phasentrennung der Lipide bevorzugt in cholesterinreichen Mikrodomänen, oder das Aktionspotenzial bei der neuronalen Erregungsweiterleitung scheint mit „Druckwellen“ aus Solitonen einherzugehen, die vom Schmelzverhalten der Lipide abhängen. Wir konnten am Beispiel eines mechano-sensitiven Kanals zeigen, dass auch das laterale Druckprofil in der Lipiddoppelschicht einen direkten Einfluss auf die Informationsverarbeitung hat, welches sich u.a. durch ungesättigte Lipidketten und Amphiphile verändern lässt [2]. Diese komplementäre Betrachtungsweise verspricht neue Einblicke in die Wirkungsweise von vielen amphiphilen Medikamenten, die nur eine geringe Spezifität für Rezeptorproteine aufweisen, wie z.B. Lokalanästhetika, Sedativa und manche Psychopharmaka.
- 3) **Entwicklung und Anwendung photoschaltbarer Peptidomimetika:** Konzeptionell werden hier bekannte Peptid-Wirkstoffe und biotechnologische Werkzeuge durch den Einbau einer photoschaltbaren Gruppe so modifiziert, dass man sie mit sichtbarem Licht gezielt an- und abschalten kann. Dadurch lassen sich nicht nur Signalketten triggern, sondern auch medizinische Nebenwirkungen fernab vom Wirkort vermeiden, bzw. lassen sich molekulare Werkzeuge entsprechend „fernsteuern“. Ausgehend von zyklischen Sequenzen wurden neben membranständigen Peptiden auch Serin-Protease-Inhibitoren als photoaktiv kontrollierbare Wirkstoffkandidaten designt, charakterisiert und optimiert [3].

Highlights der Forschung in 2021 (s.o.):

- [1] N. Kassem et al. (2021) Order and disorder - An integrative structure of the full-length human growth hormone receptor. **Sci. Adv.** 7, eabh3805
- [2] S.L. Grage et al. (2021) Membrane-mediated activity of local anesthetics. **Mol. Pharmacol.** 100, 502-512
- [3] O. Babii et al. (2021) Diarylethene-Based Photoswitchable Inhibitors of Serine Proteases. **Angew. Chem.** 60, 21789-21794

Strategische Ereignisse

Start von POF IV: Das IBG 2 beteiligt sich aktiv im P2T4 durch zahlreiche Kooperationen, nicht nur vor Ort, sondern auch durch gemeinsame Seminare und einen regen Austausch zwischen den Wissenschaftlern des IBG2 und FZ Jülich.

Stipendien und Preise: International Excellence Fellowship für Prof. Dr. Igor Komarov aus Kiew (Ukraine); Landesgraduierten-Stipendium für Patrick Anders; CRC-Stipendium für Li Tian; Auszeichnung als „Jahrgangsbester Abschluss 2021“ (KIT/IHK, Karlsruhe) von Max Metz.

Berufungen: Prof. Dr. Anne Ulrich wurde in den wissenschaftlichen Beirat der Stiftung „TLA Foundation“ (Therapeutic Local Anesthetics) berufen, die u.a. der Wissensvermittlung in die Gesellschaft dient (Patienten, Ärzte, Medizinstudenten).

Neues EU-Projekt: „Anti-Cancer Light-Controllable Antibody-Peptide Conjugates“ (*ALISE*) (HORIZON 2020_RISE) startete am 26. Februar 2021 mit einem Kickoff Meeting zwischen dem IBG2/KIT, Universität Cambridge, Lettlands Institut für Organische Chemie, Universitätsklinikum der Vrije Universiteit Amsterdam, National Cancer Institute der Ukraine, sowie den Industrie-Partnern „Enamine“ (Ukraine) und „Lumobiotics“ (Karlsruhe). Diese Marie-Skłodowska-Curie-Maßnahme fördert für vier Jahre einen vielfachen Austausch des wissenschaftlichen und technischen Personals zwischen den Institutionen.

Die **Synchrotron Beamline CD12 an KARA** wurde bis Ende 2021 vom IBG 2 betrieben und in Kooperation mit mehreren Partnern im In- und Ausland für vielfältige biomolekulare Analysen genutzt (u.a. Prof. Dr. T. Gutschmann – FZ Borstel, Prof. Dr. R. Loris – Brüssel, Dr. V. Kubyshkin – Winnipeg, etc.). Mit dem altersbedingten Ausscheiden des Beamline-Experten, Dr. Jochen Bürck, aus dem IBG 2 wurde die Beamline im Dezember 2021 an das SOLEIL Synchrotron in Paris transferiert, wo es weiter betrieben und dem KIT und der wissenschaftlichen Community zur Verfügung stehen wird.

Längerfristige Kooperationen

In Zusammenarbeit mit der **Firma Bruker Biospin** (Karlsruhe) entwickelt und fertigt die Abteilung Molekulare Biophysik am IBG 2 spezielle Hardware für die Festkörper-NMR Spektroskopie.

Mit den **Universitäten** Kiew (Institute for High Technology, Ukraine), Paris (Université de Cergy-Pontoise, Frankreich), Québec (Université Laval, Kanada) und dem Victor Chang Research Institute, Sydney (Australien) bestehen in den Bereichen „Synthese von ^{19}F -markierten Aminosäuren“, „Photoschaltbare Moleküle“, „Dynamik von membranständigen Proteinen“, „Membranwechselwirkungen von Lokalanästhetika“ (in Verbund mit einem Ärzte-Team aus Karlsruhe/Heidelberg) und „Festkörper ^{19}F -NMR“ bestehen langjährige und intensive Kooperationen, gefördert u.a. durch die DFG, das Land Baden-Württemberg, und DAAD-Programme.

VirtMat: Multiskalige MD-Simulationen im AK Elstner an Proteinen, Photosystemen und Membranen in Kooperation mit dem IMT und IFG.

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

Leitende Personen

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 Bioinstructive Materials Systems“ eingebunden.

Im IBG 3 werden grundsätzlich neue chemische Wege zur Herstellung von Polymeren entwickelt. Dies lässt sich in mehrere Bereiche unterteilen: a) Stufenwachstumspolymerisationen unter Anwendung neuer Schwefel-basierter funktioneller Gruppen, b) Methoden zur Polymermodifizierung, c) Supramolekulare Käfigstrukturen, d) Responsive und bioinspirierte Polymere.

Nach der Etablierung der Arbeitsgruppe in den vergangenen Jahren wurde nun Fortschritte in einer Reihe an neuen synthetischen Gebieten erzielt. Hierzu zählen insbesondere neuartige Monomere sowie neuartige Polymersynthesen zur Herstellung von funktionellen Polymeren. Besonders Merkmal der Arbeiten des IBG 3 sind hier Synthesen, die Schwefel und funktionelle Gruppe aus Schwefel beinhalten. Weiterhin wurden die synthetischen Grundlagen für neue Polymermodifizierungen weiter ausgebaut. Hierzu zählen auch photochemische Decarboxylierungen als neues Standbein. Der Bereich von Hydrogelaktuatoren konnte mit Ausstattung sensorischer Eigenschaften kombiniert werden, welcher weiter floriert. Die erstmals in 2020 berichtete Synthese von supramolekularen polymeren Käfigstrukturen konnte skaliert werden, so dass erstmals Anwendungsmöglichkeiten exploriert werden konnten. Durch den synthetischen Zugang zu neuen funktionellen Polymeren mit spannenden emittierenden Eigenschaften ergeben sich weitere Möglichkeiten zu Struktur-Eigenschafts-Studien.

Highlights der Forschung in 2021:

Ethylene-Free Synthesis of Polyethylene Copolymers and Block Copolymers [Ss Frech, E. Molle, A.J. Butzelaar, P. Theato - *Macromolecules*, 2021]; Synthesis and post-polymerization modification of poly (propargyl 2-ylidene-acetate) [Z. Li, H. Mutlu, P. Theato, S. Bräse - *European Polymer Journal*, 2021]; Synthesis and Post-Polymerization Modification of Defined Functional Poly(vinyl ether)s [A.J. Butzelaar, S. Schneider, E. Molle, P. Theato - *Macromolecular Rapid Communications*, 2021]; Synthesis and Post-Polymerization Modification of Poly(N-(4-Vinylphenyl) Sulfonamide)s [E. Molle, H. Mutlu, P. Theato - *Macromolecular Rapid Communications*, 2021]; Polymers with Sulfur-Nitrogen Bonds [H. Mutlu, P. Theato – in *Sulfur-Containing Polymers: From Synthesis to Functional Materials* Wiley-VCH 2021]; Elemental Sulfur Mediated Novel Multicomponent Redox Polycondensation for the Synthesis of Alternating Copolymers Based on 2, 4-Thiophene/Arene Repeating Units [H. Mutlu, D.A. Döpping, B. Huber, P. Theato - *Macromolecular Rapid Communications*, 2021]; Oxygen-switchable thermo-responsive polymers with unprecedented UCST in water [X. Huang, H. Mutlu, S. Lin, P. Theato - *European Polymer Journal*, 2021]; Electrochemically-initiated polymerization of reactive monomers via 4-fluorobenzenediazonium salts [E. Molle, S. Frech, T. Grüger, P. Theato - *Polymer Chemistry*, 2021]; The power of architecture—cage-shaped PEO and its application as a polymer electrolyte [A.J. Butzelaar, M. Gauthier-Jaques, K.L. Liu, G. Brunklaus, M. Winter, P.

Theato - Polymer Chemistry, 2021]; Dual-faced borax mediated synthesis of self-healable hydrogels merging dynamic covalent bonding and micellization [X. Li, H. Mutlu, C. Fengler, M. Wilhelm, P. Theato - Polymer Chemistry, 2021].

Strategische Ereignisse

Das Soft Matter Synthesis Laboratory (SML) wurde organisatorisch in das IBG 3 integriert.

Längerfristige Kooperationen

- Festkörperlpolymerelektrolyte (Projektleiter des KIT, Helmholtz Institut Münster & Uni Gießen)
- Herstellung von aktuatorischen Hydrogelen (Tao Chen, NIMTE, China)
- Polymere fürs Tissue-Engineering (Shan-hui Hsu, NTU, Taiwan)
- Polymere als Knorpelersatz (Prof. Dr. Nicole Rotter, Universitätsklinikum Mannheim, Universität Heidelberg)

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

Leitende Personen

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)
- Strukturbiochemie und Metabolomics (PD Dr. Claudia Muhle-Goll)
- Hyperpolarisierte Magnetresonanz (HGF-NWG Dr. Benno Meier)

gegliedert. Die Forschungsaufgaben des Teilinstituts innerhalb des Programms umfassen die Untersuchung von unterschiedlichsten biologisch und synthetisch interessierenden 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. In 2021 lagen die Hauptarbeiten im Bereich der Puls- und Pulssequenzentwicklung als moderne Quantentechnologie in der NMR-Spektroskopie. So konnte mit dem sogenannten HSQC-CLIP-COSY ein sehr nützliches Experiment zur Zuordnung von komplexen Zuckern entwickelt werden. Die Entwicklung eines hochoptimierten Experiments zur Untersuchung der Konformation von Prolinen hat weiterhin zur Entdeckung eines möglichen Regulationsmechanismus bei intrinsisch ungeordneten Proteinen geführt, der in der renommierten Zeitschrift *Angewandte Chemie* veröffentlicht wurde. Neben Weiterentwicklungen in DOSY und Entkopplungsbausteinen sind insbesondere noch die Entwicklung und Anwendung neuer SORDOR-Pulspaare zur Breitband-NMR-Spektroskopie zu nennen, die ein neues Konzept darstellen, das auch in anderen quantentechnologischen Bereichen, wie etwa dem Quantencomputing, von potentiell Interesse ist.

Die Arbeitsgruppe von PD Dr. Muhle-Goll untersucht biologische Fragestellungen mit Mitteln der hochauflösenden NMR-Spektroskopie, insbesondere die intramembrane Proteolyse. Hier konnten eine strukturelle Arbeit zum Alzheimer Precursor Protein erfolgreich abgeschlossen

werden, die eine spezielle Hinge-Konformation aufzeigt, die für die Interaktion von Substraten mit der γ -Sekretase von besonderer Bedeutung zu sein scheint. Für ein weiteres intramembranes System, das PGAM5, konnte gezeigt werden, dass für die Interaktion mit PARL ebenfalls die konformationelle Flexibilität entscheidend ist, wodurch ein neuer Mechanismus bei intramembranen Wechselwirkungen aufgedeckt werden konnte. Im Bereich Metabolomics konnte zusammen mit der Uniklinik Heidelberg eine Pilotstudie zu NMR-basiertem Profiling von Medaka Fischlinien durchgeführt werden. Ziel des im Exzellenzcluster 3D Matter Made to Order angesiedelten Projekts ist es, den Einfluss genetischer Variationen auf die Herstellung pluripotenter Stammzellen zu untersuchen.

Die Nachwuchsgruppe von Dr. Benno Meier konnte nach umfangreichen Aufbauarbeiten erste Hyperpolarisationsexperimente durchführen. Dabei konnte mit einer Verbesserung der Auflösung im Vergleich zu früheren Experimenten um eine Größenordnung ein zentrales Forschungsziel erreicht werden. Darüber hinaus wurden bedeutende Verbesserungen bei der Automatisierung des Messprozesses sowie beim Verständnis der Relaxation von festen, hyperpolarisierten Proben erzielt. Zudem wurde das ERC Projekt HiSCORE (*Highly efficient Drug Screening by Overcoming NMR Restrictions*) offiziell gestartet. Für das Projekt konnten am IBG 4 zwei Doktorandinnen und ein Research Engineer gewonnen werden. Im Rahmen des Projekts wurden vorbereitende Experimente durchgeführt, um die Bindung von Wirkstoffen an Proteinen mittels Hyperpolarisation zu vermessen.

Strategische Ereignisse

Die größte strategische Umstellung wurde sicherlich durch COVID-19 hervorgerufen, da eine komplette Neustrukturierung unserer Arbeitsvorgänge vorgenommen wurde. So können unsere Spektrometer und die allermeisten Auswertungen jetzt komplett remote gesteuert werden und lediglich Maintenance und Probenherstellung finden noch vor Ort im Labor statt. Weiterhin wurde das Praktikum sehr stark umstrukturiert, sowie die Lehre insgesamt.

Ein Anliegen der Nachhaltigkeit und Zukunftssicherung ist die Rückgewinnung von Helium, wofür die Planung mit ITEP detailliert vorangetrieben wurde und erste bauliche Maßnahmen durchgeführt wurden. Eine Fertigstellung wird für Sommer 2022 erwartet.

Eine wichtige Erweiterung in den analytischen Möglichkeiten am IBG 4 stellt die Anschaffung eines X-Band EPR Spektrometers dar. In diesem Zusammenhang konnte der Nachwuchsgruppenleiter Dr. Andrea Capozzi (EPFL Lausanne + Kopenhagen) für einen Besuch am KIT gewonnen werden, bei dem die Produktion von UV-initiierten Radikalen für DNP Messungen als Voraussetzung für scharfe, radikalisch hyperpolarisierte Spektren am KIT etabliert werden konnte.

Schließlich wurden zwei Virtmat-Projekte in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Jan Gerrit Korvink (IMT) und Dr. Mariana Kozłowska (INT) eingeworben, die die Entwicklung eines virtuellen NMR-Spektrometers und die Identifikation von absoluter Konfiguration zum Ziel haben.

Längerfristige Kooperationen

- Entwicklung massiv paralleler NMR-basierte Ligandenbindungsdetektion im Rahmen des ERC Synergy Grants HiScore zusammen mit J.G. Korvink (KIT), G. Bodenhausen (Paris), A. Gossert (ETH Zürich) und A. Kentgens (Nijmegen).
- Entwicklung neuer Pulse und Pulssequenzen für diverse Anwendungsgebiete mit der Firma Bruker Biospin, Rheinstetten.
- Entwicklung von homonuklearen Entkopplungsmethoden zur Untersuchung von intrinsisch ungeordneten Proteinen mittels NMR-Spektroskopie in Zusammenarbeit mit der Eötvös Lorand Universität Budapest.

- Untersuchungen zur Diagnostik von nephrologischen Krankheitsbildern mit dem Universitätsklinikum Heidelberg.
- Strukturbioologische Untersuchungen an Alzheimer-assoziierten Proteolysevorgängen in Zusammenarbeit mit der Universität Köln, TU München, LMU, Universität Halle im Rahmen der DFG Forschergruppe 2290.
- Zusammenarbeit mit IMT und IAI zur Anwendung Künstlicher Intelligenz mit dem Ziel der NMR-basierten automatischen Substanzidentifizierung in medizinischen Proben.
- Einfluss von Ernährungsparametern anhand der NMR-metabolischen Untersuchungen von humanen Körperflüssigkeiten und Mäusefäces sowie Qualitätskontrolle in Früchten, beides in Zusammenarbeit mit dem Max-Rubner-Institut.
- Zusammenarbeit mit dem Institut für Bio- und Lebensmitteltechnologie zur Charakterisierung von neuen Biodetergentien.

Bericht über den Fortschritt in der Bearbeitung der Programmanteile.

Überblick: an welchen Forschungsbereichen beteiligt sich das Zentrum? Aufteilung der prozentualen Anteile der Forschungsbereiche an den Ressourcen des Zentrums.

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

Leitende Personen:

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

Kurzdarstellung

Das IBG 5 ist in das Programm Materials Systems Engineering (MSE) im Topic 3 „Adaptive and Bioinstructive Materials Systems“ eingebunden. Das Institut besteht aus der Arbeitsgruppe „Mikrobielle Genetik und Biotechnologie“. Das IBG 5 beherbergt die einzige europäische Pipeline für Einzelzellgenomik (single cell genomic, SCG), die nun 2021 auch auf Einzelzelltranskriptomik (SCT) zur Erforschung unbekannter Mikroorganismen erweitert werden konnte. Dennoch war auch 2021 geprägt von der Corona-Pandemie, die wieder einen zeitweiligen Shutdown der Labore und damit der Forschung zufolge hatte. Auch mussten wieder etliche Konferenzen und Probenentnahmen abgesagt werden. Es konnten daher nur fünf Manuskripte publiziert werden, darunter aber eine wegweisende Forschungsarbeit zur Zellsortierung von Einzelzellen mit einem sog. cell printer der zusammen mit der Firma Cytena für prokaryotische Organismen entwickelt und optimiert wurde (Frontiers of Microbiology, impact factor 5.3). Eine vollständige Publikationsliste ist unter <http://www.ibg.kit.edu/ibg5/57.php> zu finden.

Strategische Ereignisse

Die Arbeitsgruppe ist im Jahr 2021 stark gewachsen und besteht aus sieben wissenschaftlichen Mitarbeitern (Dr. John Vollmers, Dr. Sandra Wiegand, Dr. Jochen Müller, Dr. Florian Lenk, Dr. Geng Yan, Dr. Mohammad Mojarrad und Dr. Islam Khattab), 1,5 Stellen für technisches Personal, vier Promovierende, sowie Bachelor- und Masterstudierende. Dies liegt u.a. daran, dass das IBG 5 in 2021 erfolgreich in der Einwerbung von Drittmitteln war. So konnte das Projekt „Mikromatrix“ vom BMBF, „MapMar“ und „NATURE“ aus EU Geldern, ein HIDSS4Health Grant mit dem DKFZ, sowie das Projekt „Microbes4Future“ mit der Botanik aus

dem Strategiefond des Präsidenten des KIT eingeworben werden (insg. 1.2 Mio Euro). Ein Future Fields Antrag zusammen mit dem IBG 1 war ebenfalls erfolgreich und startet 2022. Ein EU Starting Grant Antrag war leider erfolglos. Prof. Dr. Anne-Kristin Kaster ist seit 2021 außerdem Vize Dean der BioInterfaces International Graduate School.

Längerfristige Kooperationen

- Prof. Dr. Christof Niemeyer, IBG 1
- Prof. Dr. Pavel Levkin, IBCS
- Prof. Dr. Thomas Schwartz, IFG
- Prof. Colin Murel, University of East Anglia, Untersuchungen neuer methylotropher Bakterien
- Prof. Dr. Kirsten Küsel, University of Jena, Untersuchungen neuer Candidatus Phyla aus Grundwasserproben
- Dr. Angela Cabezas de Rosa, Instituto de Investigaciones Biologicas Uruguay, Untersuchungen neuartiger Chloroflexi Klassen
- Dr. Christine Beemelmans, HKI, Entdeckung neuer Naturstoffproduzenten aus mikrobiellen Gemeinschaften von Termiten
- Dr. Bekir Col, Mugla SK University, Untersuchung neuer bor-toleranter Mikroorganismen aus türkischen Bor-Minen
- Prof. Dr. Christian Jogler, University of Jena, Genomanalysen und -vergleiche von naturstoffproduzierenden Planctomyceten
- Prof. Max Haggbloom, Rutgers University, Entdeckung neuer schadstoffabbauender Mikroorganismen aus anthropogen kontaminierten Flüssen
- Cytena, Freiburg, Entwicklung eines Single Cell Printers für prokaryotische Organismen

A.1.4.1.2 Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG)

Leitende Personen

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. Themenfelder sind dabei die Entwicklung, Modellierung und der Einsatz neuartiger Materialien, Apparate und Verfahren zur optimierten Nutzung technischer Grenzflächen in den Bereichen Sensorik, Biologie, Biopharmazeutik und Bioverfahrenstechnik sowie allgemeiner Prozesstechnik. Daneben werden das Verhalten und die Interaktion von pro- und eukaryotischen Zellen in natürlichen und technisch-modifizierten Umgebungen untersucht, um gezielt Manipulationsstrategien zu initialisieren. Zum Einsatz kommen dabei oberflächenfunktionalisierte Materialien aber auch additive Fertigungsverfahren wie z.B. 3D Druck. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Untersuchung und Modellierung biologischer Grenzflächen, so dass das Verhalten solcher Grenzflächen technisch beeinflusst werden kann. Besonderes Augenmerk wird dabei vermehrt auf die Unterstützung der Arbeiten durch leistungsstarke Modellierungssys-

teme gelegt. Das IFG ist innerhalb der POF IV dem Programm „Materials Systems Engineering“ (MSE) und darin dem Topic 3 „Adaptive and Bioinstructive Materials Systems“ zugeordnet.

Im Folgenden werden die wichtigsten Themen des letzten Jahres aus den einzelnen Abteilungen zusammengefasst.

Abteilung Chemie Oxidischer und Organischer Grenzflächen

Hauptarbeitsgebiete der Abteilung Chemie oxidischer und organischer Grenzflächen (COOG) sind die Entwicklung und Charakterisierung oberflächen-verankerter metall-organischer Gerüststrukturen (SURMOFs).

- PD. Dr. Lars Heinke konnte einen ERC Consolidator Grant einwerben, der sich mit dem Thema „Poröse Materialien“ beschäftigt.
- PD Dr. Lars Heinke erhielt den Nernst-Haber-Bodenstein Preis
- Es konnte gezeigt werden, dass die Chiralität von SURMOFs, deren Linkermoleküle mit fluorinierten Azobenzolgruppen funktionalisiert sind, durch zirkular polarisiertes Licht derart geschaltet werden kann, dass durch die damit einhergehende Konformationsänderung der Azobenzolgruppen eine enantioselektive Anreicherung chiraler Gastmoleküle erreicht wird (*J. Am. Chem. Soc.* 2021, **143**, 18, 7059–7068).
- Mit Hilfe einer „programmierten“ Lage-für-Lage-Abscheidung konnten kristalline Beschichtungen aus nicht-zentrosymmetrischen SURMOF-Strukturen mit einem intrinsischen elektrischen Feld aufgebaut werden. Durch die Verwendung dipolarer Säulen als Basis-Einheit, konnten diese nicht-zentrosymmetrische Strukturen mit integriertem elektrischem Feld erzeugt werden, sodass eine Verschiebung des elektrostatischen Potentials bis auf 0,9 eV erfolgte (*Adv. Mat.* 2021, **33**, 35, 2103287).
- Es wurde eine SynMOF-Datenbank erstellt, die die Synthese- und Strukturdaten von über 900 MOFs enthält. Die Daten wurden unter Nutzung von Natural Language Processing (NLP) durch automatisierte Extraktion aus der Literatur erhoben. Der Ansatz des trainierten maschinellen Lernens diente anschließend dazu, Muster bei der Herstellung von MOFs zu identifizieren (*Angew. Chem. Int. Ed.*, <https://doi.org/10.1002/anie.202200242>).
- Verschiedene mittels Lage-für-Lage-Abscheidung hergestellte SURMOFs wurden hinsichtlich ihrer chemischen Stabilität gegenüber starken pH-Wert-Änderungen in Lösungen untersucht. Die höchste Stabilität konnte dabei für UiO-66-NH₂-Beschichtungen beobachtet werden, die einer Behandlung in stark saurer (pH 2) und neutraler Umgebung 24 Stunden lang standhielten (*Membranes* 2021, **11**, 3, 207).
- Die lokale chemische Umgebung von Cu-Dimer-Knotenpunkten in einem Defekt-behafteten NOTT-100 MOF wurde mittels Temperatur-aufgelöster UHV-FTIRS in Verbindung HR-XPS und CO als Testmolekül charakterisiert (*J. Phys. Chem. C.* 2021, **125**, 593 –601).
- Im Bereich der Oberflächenphysik/Oberflächenchemie wurde die Richtungsabhängigkeit einer lichtinduzierten chemischen Reaktion eines Halbleiters auf atomarer Skala zum ersten Mal nachgewiesen (*J. Am. Chem. Soc.* 2022, **144**, 2, 1034–1044).

Abteilung Bioprozesstechnik und Biosysteme

Die Abteilung beschäftigt sich mit der Entwicklung und Anwendung neuartiger Biomaterialien und bioverfahrenstechnischer Prozesse in den Bereichen der Biopharmazeutik, Bioanalytik und Bioproduktion. Der Entwicklungsprozess erfolgt dabei zunehmend digitalisiert, z.B. eine Geräteentwicklung ausgehend von *in silico* optimierten CAD-Modellen, die dann direkt mittels additiver Fertigung in funktionelle Prototypen übertragen werden. Die generierten Biodevices

dienen dabei z.B. als Reaktoren für 3D-Zellkulturen, automatisierte Enzymkaskaden, bioanalytische Systeme und biotechnologische Trennvorrichtungen. Im Bereich Biomaterialien fokussieren sich die Arbeiten auf die Entwicklung biokompatibler und bioinstruktiver Materialien für das 3D Bioprinting von dreidimensionalen humanen und murinen Geweben sowie auf neuartige Sorptions- und Carriermaterialien.

- Das BMBF-Projekt der Initiative „Innovative Elektrochemie mit neuen Materialien – InnoEMat“ zur Multiskalenmodellierung elektrochemischer Prozesse und Apparate wurde erfolgreich abgeschlossen. Aufbauend auf den Ergebnissen der beiden in der Initiative durchgeführten Projekte gelang die Neueinwerbung eines DFG-Projekts „Magnetisch unterstützte elektrochemische Wirbelschichtreaktoren für elektroenzymatische Synthesen“ im Rahmen des Schwerpunktprogramms „eBioTech“. Zwei laufende Kooperationsprojekte der AG von Prof. Dr.-Ing. Matthias Franzreb fokussierten sich auf den Bereich der Prozessdigitalisierung. Schließlich war die Abteilung im Rahmen der BMBF-Förderbekanntmachung „Zukunftstechnologien für die industrielle Bioökonomie: Schwerpunkt Biohybride Technologien“ mit einem Kooperationsprojekt zur Entwicklung neuartiger Enzymmembranreaktoren für die automatisierte Glykansynthese als eines von neun ausgewählten Projekten aus über 100 Förderanträgen erfolgreich.
- In der AG 3D-Zellkultursysteme von Prof. Dr. Eric Gottwald waren die Arbeiten zum Mikrothermoformen von mit sauerstoffempfindlichen Fluorophoren oberflächen-modifizierten Folien (AIF-/ZIM-Projekt) erfolgreich. Derzeit wird die Möglichkeit einer entsprechenden Patentanmeldung geprüft. In Kooperation mit der AG von Dr. Robert Zweigerdt, Medizinische Hochschule Hannover, wird das entwickelte Messsystem derzeit auf die Messung von Substanz-induzierten Veränderungen im Sauerstoffverbrauch von Heart-Forming-Organoids als validierte Tierversuchersatzmethode zur Testung auf Kardiotoxizität etabliert.
- In der AG von Prof. Dr. Ute Schepers konnten semisynthetische Hydrogele auf Gelatinebasis hergestellt werden, die bereits in Mäusen als Knorpelersatzstoffe positiv getestet wurden (Göckler et al 2021, Adv. Healthcare Mater., Rosenfeld et al. (2021) Adv. Healthcare Mater). Neue Kooperationsprojekte sind die Herstellung ultraschnell aushärtender, veganer Collagengele für das 3D-Bioprinting von Wundpflastern für chronische Wunden mit Evonik sowie die Testungen von Blut-Hirnschranke gängigen Wirkstoffen mit Abvie in BBB-Organ-on a chip-Systemen. Mit dem Projekt 3D VitaPrint wird ein durchbluteter Darm on a Chip Modell durch 3D Druck hergestellt, das zu personalisierten Drug-screenings gegen Darmtumoren und deren Metastasen genutzt werden soll. Die Gruppe von Prof. Dr. Schepers konnte im Rahmen der Exzellenzförderung das Future Fields Projekt DORA4KIT (450 T Euro) einwerben. Des Weiteren wurden Mittel für Großgeräte (Leica Stellaris Konfokalmikroskop mit Tau Sense und Weißlichtlaser sowie ein Hochdurchsatz FACS Gerät) eingeworben. Mit der Herstellung eines 3D Bioprinters mit Kühl- und Heizvorrichtungen und 3D Freiheitsgraden für unter 500 Euro, der flexibel für sowohl Hochdurchsatzmaterialtestungen als auch für großskalige Drucke eingesetzt werden kann, gelang die erstmals die Konstruktion in dieser Preisklasse. Das Gerät soll vermarktet werden. Mit dem Projekt LongCoviDMA erhielt die Gruppe den ersten Preis des Innovationswettbewerbs „Neuland“ am KIT für ihre Forschung zum Screening von Substanzen gegen Long Covid.

Abteilung Mikrobiologie/ Molekularbiologie

Die Abteilung Mikrobiologie / Molekularbiologie befasst sich mit bakteriellen Biofilmen und Bakterienpopulationen auf abiotischen und biotischen Materialien/Oberflächen. Einen Schwerpunkt bildet eine gezielte Generierung von innovativen mikrostrukturierten und biologisierten Oberflächen zur Manipulation von Biofilmen. Dieser Forschungsschwerpunkt zu anti-mikrobiellen Prozessen und Materialien befasst sich mit Strategien zur Prävention der Adhäsion von Bakterien. Die antibakteriellen Eigenschaften der Materialien beruhen dabei auf der Wirkung von Oxidantien, superhydrophoben Beschichtungen, topographischen Eigenschaften, ionischen Wechselwirkungen und antibakteriellen Molekülen, die an abiotische Strukturen immobilisiert vorliegen. Oberflächen modifizierte Materialien werden einerseits auf ihre antibakterielle Wirksamkeit geprüft, andererseits werden in Kooperation mit Prof. Dr. Pavel Levkin (KIT/CN-IBCS) gezielt in einem Microarray-basierten System Biofilm-Cluster für die Untersuchungen von Dynamiken bei fakultativ pathogener Bakterien im Hochdurchsatz genutzt.

Die Untersuchung von erweiterten Interventionsmaßnahmen zur Unterbrechung dieser Verbreitungspfade ist ein Schwerpunkt der Abteilung. Es kommen sowohl moderne molekularbiologische Detektionssysteme zur Erfassung und Quantifizierung fakultativ pathogener Bakterien der ESKAPE-Gruppe (WHO) und klinisch relevanter Antibiotikaresistenzen vor allem gegen Reserveantibiotika zum Einsatz. Durch die Auswahl geeigneter Parameter können damit sowohl eine Bewertung der Effizienz von Interventionsmaßnahmen durchgeführt, als auch Dynamiken (Prognosen/Korrelationen) und biologische Risikoabschätzungen für spezifische Resistenzdeterminanten durchgeführt werden. Daraus resultieren geeignete Konzepte zur zielorientierten mikrobiologischen Bewertung, um einen Handlungsbedarf aufzuzeigen. Diese Untersuchungen und Publikationen erfolgten auch im Rahmen des 2021 abgeschlossenen BMBF-HyReKA-Verbund-Projekts, das in Kooperation mit Prof. Dr. Dr. Martin Exner, Uniklinikum Bonn, koordiniert wurde. Daraus resultieren Bewertungskonzepte zu bakteriellen Risikopotentialen in Medizin, Technik und Umwelt, die in eine entsprechende Regulierung münden sollen. Dazu war auch das Umweltbundesamt integriert.

Das Thema Auswirkung von Photo-basierten Interventionsverfahren unter Einsatz von bekannten und neuartigen Katalyten auf Antibiotika-Resistenzen in Abwasserbereichen wird zurzeit in einem Alexander-von-Humboldt Stipendium (1. Januar 2021 bis 31. August 2022) von Frau Prof. ass. Dr. Marta Gmurek von der Universität Lodz (Polen) durchgeführt. Diese Arbeiten erfolgen in Kooperation mit Prof. Dr. Harald Horn (Engler Bunte Institut).

Der Einfluss von anthropogenen Wirkstoffen und Pharmaka auf das Mikrobiom und damit auf den Wirtsorganismus ist ein weiterer wissenschaftlicher Schwerpunkt der Abteilung. In einem BMBF-Projekt mit dem Acronym GLYMIK (1. Januar 2021 bis 31. Dezember 2023) wird gezielt der Einfluss von Glyphosat, dessen Transformationsprodukt AMPA und dem im Handel erhältlichen Präparat Roundup auf das Darm-Mikrobiom bei aquatischen Organismen untersucht. Das GLYMIK-Projekt erfolgt in Kooperation mit der Universität Tübingen (Prof. Dr. Rita Tribskorn) und auch mit Unterstützung von Prof. Dr. Anne-Kristin Kaster, KIT/CN-IBG 5). Es wird dabei auf das Transkriptom von Pathogenen unter Einfluss der Wirkstoffe und speziell auf die Genexpression von bakteriellen Virulenzfaktoren geschaut, die zu einer Reduktion der Vitalität der Wirtsorganismen führen kann.

Abteilung Neue Polymere und Biomaterialien

- Prof. Dr. Joerg Lahann wurde von der US-amerikanischen National Academy of Inventors (NAI) zum NAI Fellow ausgezeichnet. Das NAI-Fellow-Programm zeichnet akademische Erfinder aus, die ihren Innovationsgeist bei der Schaffung oder Förderung herausragender Erfindungen unter Beweis gestellt haben, die einen spürbaren Einfluss auf die Lebensqualität, die wirtschaftliche Entwicklung und das Wohlergehen der Gesellschaft haben. Die Ernennung zum NAI-Fellow ist die höchste berufliche Auszeichnung der USA, die ausschließlich akademischen Erfindern zuteilwird.
- In Kollaboration mit der Arbeitsgruppe von PD Dr. Manuel Tsotsalas (Abteilung Chemie oxydischer und organischer Grenzflächen) wurden neuartige Funktionsfasern entwickelt. Bei der Herstellung der Fasern werden Vorstufenmoleküle beigemischt, sodass in einem Nachbehandlungsschritt metallorganische Gerüstverbindungen direkt innerhalb der Fasern wachsen können. Das große Potential dieser Kompositfasern wurde am Beispiel der Enzymimmobilisierung gezeigt.
[<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsami.0c22729>]
- In der Fortführung eines Kooperationsprojekts mit der Gruppe von Prof. Dr. Stefan Bräse (Institut für Organische Chemie) wurde die Herstellung von chiralen Nanostrukturen gezeigt. Die Strukturen werden durch templierte Gasphasen-Abscheidungspolymerisation von chiralem Poly-p-xylylen in Flüssigkristallfilme hergestellt. Interessanterweise kommt es dabei zu einem Transfer der Chiralität über mehrere Größenordnungen, von der molekularen Ebene über Nano- zu Mikrostrukturen.
[<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adma.202108386>]
- Eine stetige Zusammenarbeit besteht mit der Gruppe von Prof. Dr. Matthias Franzreb (Abteilung Bioprozesstechnik und Biosysteme). Hierfür wurden in der Abteilung NPB zuletzt magnetische Partikelelektroden entwickelt. Damit wurde der Einsatz in Wirbelschichtreaktoren zur Umsetzung elektrochemischer Reaktionen oder zur in situ-Generierung von Wasserstoffperoxid getestet.
- Ein internes Projekt im Rahmen der VirtMat-Initiative beschäftigt sich weiterhin mit den spezifischen Trocknungsmustern von Proteinlösungen und deren Sensitivität auf Proteinsorte und Oberflächeneigenschaften. Für die computergestützte Auswertung werden Deep-Learning-Algorithmen entwickelt und optimiert.

KIT Innovation HUB: Prevention in Construction

Auch im Jahr 2021 verfolgte der KIT Innovation HUB das Ziel, die Leistungsfähigkeit und Dauerhaftigkeit von Bauwerken aus den verschiedenen Infrastrukturbereichen durch den selbstentwickelten Präventionsansatz zu verbessern, um damit die Kosten der Gesellschaft und nachfolgender Generationen zu senken und gleichzeitig die Umwelt zu schützen. Dazu wurden die Wirkungen von Megatrends wie Klimawandel, Ressourcenverknappung, Urbanisierung, Globalisierung und Digitalisierung auf die Infrastruktur besonders untersucht.

- In „TRANSFORM - Das transformative Institut“ (Volumen 1,3 Mio. Euro), einem vom BMBF geförderten Projekt, werden gemeinsam mit dem Institut für Technikzukünfte (ITZ) Wege zur Implementierung und institutionelle Ausgestaltungsmöglichkeiten einer transformativen Wissenschaft untersucht. Das Ziel ist die Etablierung eines transformativen Instituts, das als Experimentierraum und mit Fokus auf die gebaute Infrastruktur nah am Puls gesellschaftlicher Transformation ist und diese bewusst mitgestaltet

- Das Projekt PARTCOM (Volumen 1 Mio. Euro, ebenfalls BMBF-gefördert)) folgt der High-tech-Strategie der Bundesregierung und soll die Zukunftskompetenzen im nationalen Innovationssystem durch die Einbeziehung von Bürgerinnen und Bürgern bei Forschung und Innovation bzw. bei der Mitgestaltung des technologischen und gesellschaftlichen Wandels stärken. Dies soll durch die Etablierung von Präventionskonzepten im kommunalen Infrastrukturmanagement erfolgen.
- Bei den Transferaktivitäten ist die Zusammenarbeit mit der Großen Kreisstadt Leutkirch i. Allgäu zu nennen. Die bisherige Strategie der Stadt Infrastruktur auf Basis der Investitionskosten zu planen wird auf eine lebenszykluskostenorientierte Planung und Betrieb umgestellt. Dabei handelt es sich um ein bundesweites Modellprojekt, das durch flankierende DBU-Projekte begleitet werden soll.
- Für die Aus- und Weiterbildung wurden für die kommunalen Verwaltungen die Weiterbildungsreihe „STRECKE DICH, BRÜCKE“ gestartet, die speziell für die Herausforderungen auf Kommunalebene zugeschnitten ist.
- Die Erkenntnisse und Ergebnisse des KIT HUB werden in der I3MOTION GmbH weitergeführt, die vom KIT mit ca. 25% der Anteile und vom Verein zur Förderung einer nachhaltigen Infrastruktur e.V. mit ca. 75% der Anteile gegründet wird.

Pressemitteilungen mit Bezug zum IFG

PD Dr. Lars Heinke wirbt einen ERC Consolidator Grant ein:

https://www.kit.edu/kat/pi_2022_022_drei-erc-consolidator-grants-fur-forschende-des-kit.php

Biotechnologie: Enzyme in Käfigen:

https://www.kit.edu/kat/pi_2022_016_biotechnologie-enzyme-im-kaefig.php

Materialforschung: Künstliche Intelligenz beschleunigt Synthese:

<https://www.kit.edu/kat/30310.php>

Gegen Tee-Fälschungen: KIT entwickelt „Elektronische Nase“, die unterschiedliche Pflanzen erschnüffeln kann:

<https://bnn.de/karlsruhe/karlsruhe-stadt/kit-entwickelt-elektronische-nase-die-unterschiedliche-pflanzen-erschnueffeln-kann>

Prof. Lahann erhält die renommierte Auszeichnung „NAI-Fellow“:

<https://www.prnewswire.com/news-releases/national-academy-of-inventors-announces-2021-fellows-301439007.html>

Materialwissenschaften: KIT koordiniert deutschlandweites Bioprinting-Projekt:

<https://www.kit.edu/kat/29756.php>

Innovativer Sensor spürt Moleküle gezielt auf:

https://www.kit.edu/kat/pi_2021_082_innovativer-sensor-spurt-molekule-gezielt-und-genau-auf.php

Materialwissenschaft: Eigenschaften von Molekülen gezielt steuern:

<https://www.kit.edu/kat/29518.php>

PD Dr. Lars Heinke erhielt den Nernst-Haber-Bodenstein Preis:

<https://bunsen.de/wir-ueber-uns/aktuelles/news/herzlichen-glueckwunsch-an-die-dbg-preistraeger-2021>

Elektronische Nase unterscheidet Minzdüfte:

https://www.kit.edu/kat/pi_2021_042_elektronische-nase-unterscheidet-minzdufte.php

Hochdurchsatz-Probenvorbereitung für COVID-19-Tests: Winzige Rührer bereiten Proben auf:

<https://www.kit.edu/kat/28386.php>

Medizin: Nanoelektroden zur Behandlung von neurologischen Erkrankungen:
<https://www.kit.edu/kat/28343.php>

Strategische Ereignisse

- Einrichtung der Nachwuchsgruppe „Biosensoren“; dazu konnte Frau Dr. Kabay aus Freiburg gewonnen werden.
- Einwerbung des ERC Consolidator Grants durch Herrn Dr. Lars Heinke
- Beantragung und Planung der Ertüchtigung des Technikums des IFG im Rahmen des Projekts RosyMod
- Start des SFB1441 TrackAct, an dem das IFG mit zwei Teilprojekten beteiligt ist.

Längerfristige Kooperationen

Wirtschaft:

- KMPT-Andritz, Senova, cybertron, micromod, Evonik, PreSens
- Xylem Water Solutions GmbH, Herford: Mikrobiol. Bewertungskonzepte von Desinfektionsverfahren (UV, Ozon).
- BMW Leipzig: Biofilmvermeidung in Tauchlackbädern
- Wasserver- und entsorger Emschergenossenschaft und Lippeverband
- Tokyo Electron America, Inc.
- tech-solute GmbH
- BASF

Hochschulen:

Universitäten Stuttgart, Hohenheim, Siegen, Bonn, Darmstadt, Heidelberg, Tübingen und Freiburg, TU Dresden, TU München, University of Birmingham, UK, MIT, University of Michigan, Ann Arbor, USA

Außeruniversitären Forschungseinrichtungen:

- Hochschule Mannheim, Uniklinikum Bonn, Uniklinikum Freiburg, Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Umweltbundesamt Landesanstalt für Umwelt NRW (LANUV)
- Fraunhofer Institut für Silikatforschung (ISC), Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB), Max-Planck-Institut (MPI) Magdeburg, MPI für Infektionsbiologie (Berlin), MPI for Medical Research, DKFZ, Max-Rubner-Institut (MRI) Karlsruhe, Uniklinikum Bonn, Uniklinikum Freiburg, Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz
- Max-Planck-Institut für Eisenforschung Düsseldorf

A.1.4.1.3 Helmholtz-Institut Ulm (HIU)

Leitende Personen

Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. Stefano Passerini

Stellvertretender 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 gegründet 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). 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. Oliver Kraft (Vizepräsident des KIT)
- Prof. Dr. Stefano Passerini (Geschäftsf. Direktor, KIT – bis 31. September 2021)
- Prof. Dr. Maximilian Fichtner (Stv. Direktor, KIT – ab 1. Oktober 2021 Geschäftsf. Direktor)
- Prof. Dr. Arnulf Latz (DLR)
- Dr. Margret Wohlfahrt-Mehrens (ZSW)

Gegen Ende des Jahres 2021 arbeiteten 149 Personen am HIU, davon 132 Mitarbeitende in Ulm, 17 Mitarbeitende am Standort Karlsruhe. Ferner waren 84 Doktorandinnen und Doktoranden sowie 46 wissenschaftliche Mitarbeitende angestellt. Weitere 13 Mitarbeitende waren in der Administration des HIU tätig, davon sechs Angestellte im Bereich IT und technisches Personal. Acht weitere Mitarbeitende fallen in keine der hier genannten Kategorien. Am HIU waren 19 Forschungsgruppenleiterinnen bzw. Forschungsleiter tätig.

Am HIU gab es im Jahr 2021 drei Professuren:

- Prof. Dr. Stefano Passerini, Physikalische Chemie, KIT
- 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 2021 war das HIU als reguläres Institut in die programmorientierte Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft integriert und deckte die Forschungsaktivitäten in „Fundamentals and Materials“, „Components and Cells“ und „Batteries in Application“ des Topic 2 „Electrochemical Energy Storage“ im Programm „Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET)“ ab.

Strategische Ereignisse 2021

HIU-Forschende entwickeln rekordverdächtige Lithium-Metall-Zelle

12. August 2021: Einige HIU-Wissenschaftler berichteten im vielbeachteten Joule-Magazin über ihre Forschungsergebnisse: Eine extrem hohe Energiedichte von 560 Wattstunden pro Kilogramm – bezogen auf das Gesamtgewicht der Aktivmaterialien – bei bemerkenswert guter

Stabilität bietet eine neuartige Lithium-Metall-Batterie. Dafür haben HIU-Forschende vom KIT in Kooperation mit der Universität Ulm eine vielversprechende Kombination aus Kathode und Elektrolyt eingesetzt: Die nickelreiche Kathode erlaubt, viel Energie pro Masse zu speichern, der ionische Flüssigelektrolyt sorgt dafür, dass die Kapazität über viele Ladezyklen weitestgehend erhalten bleibt.

EU-Workshop von BATTERY2030+ in Ulm

30. September 2021: Der Exzellenzcluster POLiS richtete mit dem HIU einen Hybrid-Workshop zur „Roadmap“ der EU-Initiative „BATTERY2030+“ aus. Ziel war es, die Fortschritte der verschiedenen Forschungsprojekte zu bewerten und den weiteren Weg festzulegen. Die im Rahmen eines europaweiten Konsultationsprozesses entworfene Roadmap von BATTERY 2030+ enthält nun sechs Forschungsbereiche: (1) Batterie-Schnittstellengenom und Materialbeschleunigungsplattform, (2) Datenverarbeitung, (3) Selbstheilung, (4) Sensorik, (5) Wiederverwertbarkeit und (6) Herstellbarkeit. Die Roadmap soll ein allgemeines Instrumentarium schaffen, um die Art und Weise zu verändern, wie Batterien bisher entwickelt und konstruiert werden.

BATTERY 2030+ ist eine groß angelegte und langfristige europäische Forschungsinitiative mit der Vision, nachhaltige Batterien zu erfinden, um Europa in die Lage zu versetzen, die im europäischen „Green Deal“ vorgesehen Ziele für eine klimaneutrale Gesellschaft zu erreichen.

StoRIES: Ein Ökosystem für Innovation in der Energiespeicherung

1. November 2021: Am 1. November 2021 startete das Wissenschaftsprojekt StoRIES (Storage Research Infrastructure Eco-System), ein 7 Mio. Euro teures Horizon 2020-Projekt der Europäischen Kommission, das vom HIU und vom KIT koordiniert wird. StoRIES soll sicherstellen, dass das Ziel des „Europäischen Grünen Deals“ – eine Klimaneutralität Europäische Union bis 2050 – erreicht wird. Das Projekt konzentriert sich dabei auf den Energiesektor, der konsequent auf eine erneuerbare Stromerzeugung und Energiespeicherung umgestellt werden soll. Die StoRIES-Initiative wird an der Entwicklung innovativer Energiespeichermethoden arbeiten und die aktuellen und zukünftigen Anforderungen der Energiesysteme an die Energiespeicherung definieren.

In einem ersten hybriden Workshop „Energiewende in der EU: Perspektiven und Herausforderungen für die Energiespeicherung“ (24. November 2021) wurden erste Fragestellungen einer transnationalen Zusammenarbeit erörtert. Der am HIU abgehaltene Workshop hatte zum Ziel, den Wissenstransfer zu unterstützen und das Interesse seitens der Industrie zu thematisieren und zu vertiefen.

Neue Arbeitsgruppen am HIU

„Nanoconfined Electrochemical Interfaces“ (Dr. Simon Fleischmann)

Die Forschungsgruppe „Nanoconfined Electrochemical Interfaces“ von Dr. Simon Fleischmann entwickelt interlayer-funktionalisierte Schicht- und 2D-Materialien und untersucht deren Eigenschaften als Elektroden in Ionen-Interkalationsbatterien. Die Arbeit konzentriert sich auf die Schaffung wohldefinierter Zwischenschichteigenschaften, die einen schnelleren und effizienteren Ionen-Transport im Elektrodenwirtsgitter während der Zyklen ermöglichen. Dies dient dem Ziel, Batterien zu entwickeln, die schneller laden können, eine längere Lebensdauer aufweisen und im Hochleistungsbetrieb weniger Wärme erzeugen. Die Gruppe wird vom BMBF über das Programm „NanoMatFutur“ (Förder-Nr. 03XP0423) gefördert.

„Electrochemistry of Materials and Interfaces“ (Dr. Alberto Varzi)

Die Gruppe "Elektrochemie von Materialien und Grenzflächen" unter der Leitung von Dr. Alberto Varzi zielt darauf ab, fortschrittliche Elektroden- und Elektrolytmaterialien für Batterien der nächsten Generation zu entwickeln, mit dem Ziel, die Leistung, Sicherheit und Nachhaltigkeit zu verbessern. Die Forschung konzentriert sich insbesondere auf das Verständnis und die Anpassung der Eigenschaften der Grenzflächen und Interphasen zwischen Elektroden- und Elektrolytmaterialien. Von der Entwicklung künstlicher Beschichtungen bis hin zur Implementierung fester und hochkonzentrierter Elektrolyte besteht das Ziel darin, die chemische/elektrochemische Reaktivität und die strukturell-kompositorischen Eigenschaften sowie die Leitungs-/Alterungsmechanismen zu verstehen. Die Gruppe hat mehr als 2,5 Mio. Euro von BMBF, BMWi und Industriepartnern eingeworben, um an einer Vielzahl neuartiger Batteriechemien zu arbeiten, die von Festkörper-Li-Metall-Batterien bis zu wässrigen Systemen auf der Basis alternativer Ladungsträger wie Na^+ und Zn^{2+} reicht.

Längerfristige Kooperationen

Im Jahr 2021 pflegte das HIU weiterhin außerordentlich intensive Beziehungen mit den wissenschaftlichen Partnern:

- Argonne National Laboratory (USA): Kollaboration über BMBF-DOE durch die Projekte LILINT und LISI sowie die gemeinschaftliche Organisation der MagBat-Konferenzserie mit der Chemical Sciences and Engineering Division;
- Technical University of Denmark (Dänemark): Zusammenarbeit durch das Projekt „Battery 2030+“ im Rahmen der Large-scale & long-term European research Initiative, das Projekt „E-Magic“ im Future & Emerging Technologies (FET) Programm sowie durch das EU-Projekt StoRIES;
- Fundacion Cidetec (Spanien): Kollaboration durch das EU-Projekt „Si-Drive“, sowie die Projekte „Battery 2030+“ und „E-Magic“.

Kurzdarstellung von wissenschaftlichen Kooperationsprojekten

2021 gab es 33 wissenschaftliche Kooperationsprojekte am HIU. Acht Projekte wurden von der Europäischen Kommission gefördert, elf vom BMBF und zwei weitere vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Ferner wurden jeweils zwei Projekte von der Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und der Vector-Stiftung unterstützt. Die Bayerischen Motoren Werke (BMW), 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 Katalysforschung und -technologie (IKFT)

Leitende Personen

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Jörg Sauer

Kurzdarstellung

Das **Institut für Katalysforschung und -technologie (IKFT)** forscht an neuen Wegen zur nachhaltigen Nutzung alternativer Rohstoffe sowie deren Umwandlung in Energieträger und Wertstoffe und an der damit verbundenen Entwicklung neuer chemisch-katalytischer Systeme. Die am IKFT existierende Expertise in der Katalysforschung ist in ihrer Bandbreite im nationalen und internationalen Vergleich einzigartig und reicht von der Grundlagenforschung bis hin zur angewandten Forschung und technischen Entwicklungen im Maßstab von Pilot- und Demonstrationsanlagen in Zusammenarbeit mit Industriepartnern.

Das IKFT arbeitet in den Topics 3, Chemical Energy Carriers, und 5, Resource and Energy Efficiency, des Programms Materialien und Technologien für die Energiewende (MTET) an Themen vor dem Hintergrund der sich zunehmend verändernden Basis von Rohstoff- und Energiebereitstellung. Mittels neuer Katalysatoren und angepasster Prozesse erforscht das IKFT die Herstellung emissionsarmer Kraftstoffkomponenten (Dimethylether, synthetische Ottokraftstoffe und Oxymethylenether) sowie neuartige Prozessrouten zu Chemieprodukten, insbesondere auf Basis von BtX- und PtX-Konzepten. Dadurch leistet das IKFT Beiträge, um die Verfügbarkeit Kohlenstoff-basierter Energieträger und Wertchemikalien mit neuen, nachhaltigen Herstellwegen auch zukünftig sicherzustellen. Das rationale Design von Katalysatoren erstreckt sich von fundamentalen Forschungsansätzen über Herstellprozesse bis hin zu komplexen Untersuchungen mittels modernster Operando-Methoden.

Im Programm Energy System Design (ESD), Topic 2, Digitalisierung und Systemtechnologie, entwickelt das IKFT Konzepte zur Bewertung von Kohlenstoff-basierten Wertschöpfungsketten und deren Verzahnung mit dem Energiesystem.

Das IKFT hat maßgeblichen Anteil an der Entwicklung der bioliq®-Prozesskette und dem Betrieb der bioliq®-Pilotanlage, welche gleichzeitig als integraler Bestandteil in Prozessketten des EnergyLab 2.0 eingebunden ist. Die Technologie wird aktuell für die Anwendung der erzeugten Kraftstoffe im Leuchtturm-Projekt „reFuels“ genutzt. Dafür wurden bis 2021 3700 Liter Produkt erzeugt und zu normgerechten Blend-Kraftstoffen weiterverarbeitet, die mit Partnern in Fahrzeug- und Motorentests geprüft werden.

In der Lehre werden in den KIT-Fakultäten für Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik (CIW) und für Chemie und Biowissenschaften (ChemBio) mit den Dozenten Prof. Dr.-Ing. Jörg Sauer, Prof. Dr. Nicolaus Dahmen, Prof. Dr. Olaf Deutschmann (ITCP/IKFT), Prof. Dr. Jan-Dierk Grunwaldt (ITCP/IKFT), Prof. Dr. Felix Studt sowie Prof. Dr. Silke Behrens (IKFT) zahlreiche Lehraufgaben wahrgenommen und Lehrveranstaltungen durchgeführt.

Mit der Ernennung von Frau Silke Behrens als Professorin für das Fachgebiet Anorganische Chemie wurde die Abteilungsstruktur des IKFT angepasst und gliedert sich mit Stand Dezember 2021 wie folgt:

- Abteilung „Theoretische Katalyse“
(Leitung: Prof. Dr. Felix Studt)

- Abteilung „Kinetik und reaktive Strömungen“
(Leitung: Prof. Dr. Olaf Deutschmann)
- Abteilung „Katalyse und Operando-Spektroskopie“
(Leitung: Prof. Dr. Jan-Dierk Grunwaldt)
- Abteilung „Katalysatormaterialien und Prozessentwicklung“
(Leitung: Prof. Dr.-Ing. Jörg Sauer)
- Abteilung „Skalierung von Prozessen mit erneuerbaren Kohlenstoffquellen“
(Leitung: Prof. Dr. Nicolaus Dahmen)
- Abteilung „Modellsysteme und nanoskalige Funktionsmaterialien der Katalyse“
(Leitung: Prof. Dr. Silke Behrens)

Strategische Ereignisse

Herr Moritz Wolf, bislang Teamleiter „Efficient Hydrogen Release“ am Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien hat den Ruf auf die W1-Tenure Track-Professur „Katalysatormaterialien für die Energiewende“ an der KIT-Fakultät CIW angenommen. Es ist geplant den Ruf mit dem Aufbau einer Forschungsgruppe am IKFT in der „Katalysatormaterialien und Prozessentwicklung“ zu verbinden.

Unter maßgeblicher Beteiligung und Mitwirkung von sechs Forschungsgruppen des IKFT wurde das Vorhaben 4D-CAT in die Helmholtz-Roadmap „Forschungsinfrastrukturen 2021“ aufgenommen und zur Antragstellung in 2022 vorgesehen.

Längerfristige Kooperationen

- Seit 2008/2010: Weiterentwicklung und Umsetzung der Technologien des bioliq®-Prozesses mit Partnern aus dem Chemieanlagenbau (Air Liquide, Frankfurt; MAT Mischtechnik, Immenstadt; CAC Chemnitz).
- Seit 2018: Start des Verbundvorhabens EE4InG „Forschungsnetzwerk Energie in Industrie und Gewerbe - Vernetzung und Begleitung der FuE-Aktivitäten sowie Beschleunigung der Ergebnisverbreitung; Teilvorhaben: Mit Fokus auf Chemische Verfahrenstechnik, Hochtemperaturleistung, Abwärmenutzung und Tribologie sowie Einzelprojekte“, Abschluss am 30. September 2021, Gesamtförderumfang 988 TEuro.
- Seit 2018: Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms „Katalysatoren und Reaktoren unter dynamischen Betriebsbedingungen für die Energiespeicherung und -wandlung“ unter der Koordination von Prof. Dr. Jan-Dierk Grunwaldt (ITCP/IKFT) ist das IKFT an 5 von 33 Teilprojekten beteiligt.
- Seit 2019: Das Projekt reFuels, gefördert vom Land Baden-Württemberg wurde bis Juni 2022 verlängert. Das Budget des KIT beträgt inzwischen 6 Mio. Euro mit einer Industriebeteiligung von insgesamt 15 Mio. Euro von 16 Industriepartnern. Vom IKFT wird das Cluster A, Bereitstellung der reFuels koordiniert.
- Seit 2019: Im vom KIT/IKFT koordinierten Cluster „OME für Dieselmotoren Prozessentwicklung und -optimierung“ des BMBF-Verbundprojekts NAMOSYN arbeitet das KIT mit zahlreichen Partnern aus Industrie und Forschung zusammen.
- Seit 1. Januar 2021: SFB 1441 „Tracking the Active Site in Heterogeneous Catalysis for Emission Control (TrackAct)“ mit Beteiligung mehrerer Forschungsgruppen des IKFT.

A.1.4.1.5 Institut für Mikroverfahrenstechnik (IMVT)

Leitende Personen

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Roland Dittmeyer

Kurzdarstellung

Das IMVT war 2021 an den Helmholtz-Programmen MTET im Topic „Chemical Energy Carriers“ und ESD beteiligt. Der Schwerpunkt der Forschung ist die Gewinnung von strombasierten chemischen Energieträgern aus CO₂ und erneuerbarer elektrischer Energie, dies umfasst auch das Thema der Plasmaaktivierung von CO₂ und anderen inerten Molekülen für Power-to-X-Verfahren.

Das IMVT betreibt weiterhin Power-to-X-Pilotanlagen zur strombasierten Kraftstoffsynthese ausgehend von verschiedenen Elektrolyseverfahren im „Energy Lab 2.0“ und nimmt 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 zum Topic „Digitalization and Systems Technologies for Flexible Solutions“ im POF IV-Programm ESD bei.

Im Mittelpunkt der Forschung am IMVT steht der Ansatz, verfahrenstechnische Prozesse durch neuartige modulare mikrostrukturierte Apparate entscheidend zu verbessern. Dies zielt auf neue Prozessfenster, die mit konventioneller Technologie nicht zugänglich sind und dadurch neue Produkte oder deutlich verbesserte Produkteigenschaften ermöglichen, auf erhöhte Ausbeute und Selektivität, reduzierten Energieverbrauch, verkürzte Entwicklungszeit sowie attraktive Kosten und hohe Flexibilität und Dynamikfähigkeit der Anlagen durch Kompaktheit, Modularität und innovative Fertigungsverfahren. Seit einigen Jahren liegt der Schwerpunkt auf der dezentralen Herstellung von nachhaltigen synthetischen Kraftstoffen bzw. Einsatzstoffen für die chemische Industrie sowie in bestehenden Infrastrukturen speicherbaren synthetischen Energieträgern aus CO₂ und erneuerbarem Strom, auch bezeichnet mit dem Schlagwort „Power-to-Molecules“. Dabei wird inzwischen die gesamte Prozesskette, von der Gewinnung des CO₂ aus Luft, über die Wasser- und Wasserdampfelektrolyse zur Erzeugung von Wasserstoff bis hin zu dessen Umwandlung mit CO₂ in verschiedene Produkte experimentell und auch in Simulationen abgedeckt. Weitere Themen betreffen die Intensivierung von Mehrphasenprozessen und die Umstellung von Batch-Verfahren auf eine stoff- und energieeffizientere kontinuierliche Prozessführung. Hierfür werden, unterstützt durch Strömungssimulationen und andere theoretische Methoden, mikrostrukturierte Bauteile und Apparate entworfen und gefertigt, wofür neue Methoden zur Strukturierung, zur Fügung und zur funktionalen Beschichtung von Oberflächen entwickelt und bestehende Methoden verfeinert werden. Zunehmende Bedeutung erhält hierbei der Metall-3D-Druck, der völlig neuartige komplexe Bauteilgeometrien und dabei auch gemischt poröse und unporöse Strukturen ermöglicht. Im Vordergrund stehen die Minimierung von Transportwiderständen für Stoff und Wärme und die Einstellung optimaler Prozessbedingungen, die Medienresistenz, die Praxistauglichkeit, der Fertigungsaufwand und die Kosten. Spezielle, für mikrostrukturierte Reaktoren geeignete Katalysatoren, die als Partikelsysteme oder Wandbeschichtungen angewandt werden, besitzen besondere Bedeutung. Deren Herstellung und Charakterisierung stellt daher einen eignen Forschungsschwerpunkt des Instituts dar.

Im Energy Lab 2.0 wurde eine containerbasierte Synthese von synthetischen Fischer-Tropsch-Kraftstoffen, ausgehend von CO₂ und Wasserstoff, die in einer ersten Stufe in Synthesegas umgewandelt werden, aufgebaut und in Betrieb gesetzt. Der Wasserstoff kann über

eine druckbetriebene PEM-Wasserelektrolyse und alternativ auch über eine SOC- Wasserdampfelektrolyse mit nachgeschaltetem Kompressor erzeugt und in einem Drucktank zwischengespeichert werden. Für CO₂ steht ein Flüssigtank zur Verfügung, der optional auch über eine CO₂-Kollektoranlage mit aus der Luft gewonnenem CO₂ gefüllt werden kann. Damit ist es möglich, verschiedene Power-to-Liquid-Prozessketten auf Basis der Fischer-Tropsch-Synthese im Maßstab von etwa 10 kg/h Kraftstoff, auch im dynamischen Betrieb, zu untersuchen. Im Rahmen der 2. Phase des Kopernikus-Projektes „P2X“ wurde der Power-to-X Komplex um eine simultane Wasserdampf/CO₂-SOC-Ko-Elektrolyse als dritte Option zur strombasierten Synthesegaserzeugung erweitert.

Die Integration des von KIT und DLR gemeinsam getragenen mobilen Power-to-X-Labor eXPlore mit zwei mobilen Prozesscontainern an die Infrastruktur des Energy Lab 2.0 wurde fortgesetzt und entsprechende Baumaßnahmen zur Erweiterung des Energy Lab 2.0 durchgeführt. Mit dem Einbau der drei Prozesskonfigurationen (Fischer-Tropsch-Synthese, Methanolsynthese aus CO₂ sowie die Plasmaaktivierung von CO₂) in die KIT eXPlore-Container wurde begonnen. Aus der Forschung zu der integrierten CO₂-Abscheidung aus Quellen mit höherem CO₂-Gehalt und nachfolgender Methanol-Synthese ist eine Ausgründung des IMVT „ICODOS“ geplant.

Im Projekt SEKO (Aufstockungsantrag) soll ein Testfeld zur Erprobung verschiedener DAC-Technologien in der Integration mit HVAC-Systemen sowie modularen Anlagen zur vor-Ort-Umwandlung des gewonnenen CO₂ in transportable chemische Energieträger geschaffen werden. Hauptziel ist die Erarbeitung von Erkenntnissen zur Konzeption und zum sicheren und energieeffizienten dynamischen Betrieb kompakter gebäudeintegrierter CCU/S-Systeme. Neben der experimentellen Seite ist die Modellierung und Simulation des dynamischen Verhaltens der einzelnen Komponenten wie auch des Gesamtsystems im Fokus.

Die Arbeiten zur Untersuchung atmosphärischer mikrowellengestützter Nichtgleichgewichtsplasmen zur Aktivierung inerte Moleküle wie CO₂, N₂ und H₂O für chemische Synthesen gemeinsam mit dem IHM wurden fortgeführt.

Die Aktivitäten im Bereich der CO₂-Elektrokatalyse wurden mit dem KIT Future Fields Vorhaben AMD4Energy verstärkt und werden durch ein neues Vorhaben zur elektrochemischen CO₂-Gewinnung aus Luft ergänzt. Die Arbeiten auf dem Gebiet der kontinuierlichen photokatalytischen Synthese in mikrostrukturierten Systemen wurden weitergeführt.

Für die FuE-Arbeiten stehen ein gut ausgestattetes Technikum zur Mikrofertigung von Prototypen, Methoden zur Charakterisierung von Werkstoffen, Beschichtungen und Katalysatoren, drei Applikationslabore mit zahlreichen modernen Versuchsanlagen sowie umfangreiche Software zur Strömungs- und Verfahrenssimulation zur Verfügung. Das Labor für die additive Fertigung wurde erweitert, indem zu der vorhandenen Anlage für Laser-Pulverbettsschmelzen ein Binder Jetting Metall 3D-Drucker in Betrieb genommen, sowie ein zugehöriger Sinterofen beschafft wurde. Teil der Arbeiten zum 3D-Metalldruck ist eine simulationsgestützte Bauteilentwicklung auf Basis parametrisierter CAD-Modelle und Multiphysiksimulationen. Diese Kompetenz bringt das IMVT in den zum 1. Januar 2021 gestarteten interdisziplinären Sonderforschungsbereich CRC1441 „Verfolgung der aktiven Zentren in heterogenen Katalysatoren für die Emissionskontrolle (TrackAct)“ ein um neuartige geometrisch optimierte Monolithstrukturen für die Abgaskatalyse zu entwickeln. Weitere Aktivitäten in diesem Bereich finden im Verbundvorhaben: „3D-PROCESS - Disruptive Reaktorkonzepte durch Additive Fertigung: Vom digitalen Design in die industrielle Umsetzung“ (gefördert durch das BMWK) statt. In einem durchgängigen digitalen Produktentwicklungsprozess sollen Bauteile mit optimierten Eigenschaften für stark exotherme kontinuierliche Reaktionen sowie als Baustein für die Energiewende für dynamisch betriebene heterogen katalysierte Reaktionen entwickelt werden.

Strategische Ereignisse

- Start des Verbundprojekts PtX-Wind im Wasserstoffleitprojekt H₂Mare (gefördert durch das BMBF), Verbundkoordinator Prof. Dr.-Ing. Roland Dittmeyer (Fördersumme IMVT 9 Mio. Euro)
- Start von Prof. Dr.-Ing. Christoph Klahn als Tenure-Track Professur „Prozessintensivierung in der Verfahrenstechnik durch additive Fertigung“ am MVM, er verstärkt deutlich im Rahmen seiner freien Forschung die Aktivitäten in der additiven Fertigung am IMVT.

Wechselwirkung mit der Gesellschaft:

Intensive Öffentlichkeitsarbeit zu den Themen Power-to-X, eFuels und Elektrokatalyse für unterschiedliches Publikum: allgemeine Öffentlichkeit durch Interviews und Beiträge in verschiedenen Formaten, wie multimediale Darstellung, Video, Beteiligung von Fernsehsendungen (z.B. MDR Wissen) und in die Politik (Besuche von Politikern und Abgeordneten aus Kreis-, Landtags- und Bundestagebene) im Energy Lab 2.0. Im Rahmen der Helmholtz Klimainitiative HiCAM, des Kopernikus-Projekts Power-to-X wurden zahlreiche Publikationen für die interessierte Öffentlichkeit und fachkundige Experten erstellt.

Längerfristige Kooperationen

Das IMVT unterhält viele Kooperationen mit akademischen und industriellen Partnern aus dem In- und Ausland. Zu nennen sind hier langjährige Zusammenarbeiten mit den Firmen ESIM Chemicals (Linz) und BASF SE (Ludwigshafen) auf dem Gebiet der Prozessentwicklung. Mit dem Spin-off des KIT, INERATEC GmbH, und auch mit den Firmen Climeworks AG (Zürich) bzw. Climeworks Deutschland GmbH (Köln) und Sunfire GmbH (Dresden) besteht eine langfristig angelegte Kooperation auf dem Gebiet der dezentralen Synthese strombasierter Kraftstoffe. Weitere längerfristig angelegte Kooperationen unterhält das IMVT mit Cargill Deutschland GmbH (Krefeld) im Rahmen mehrerer Technologietransferprojekte und mit dem VTT Technical Research Center of Finland auf dem Gebiet synthetischer chemischer Energieträger.

Im Rahmen der Helmholtz-Programmforschung besteht eine langfristig angelegte Kooperation mit dem IHM am KIT, dem IPP Garching und der Universität Stuttgart zur Plasmaaktivierung von CO₂.

Darüber hinaus besteht in der vom IMVT koordinierten DFG-Forschungsgruppe 2383 „Erfassung und Steuerung dynamischer lokaler Prozesszustände in Mikroreaktoren mittels neuer in situ-Sensorik“ seit Jahren eine enge Zusammenarbeit mit der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

A.1.4.1.6 Institut für Technische Chemie (ITC)

Leitende Personen

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 Vergasung, Pyrolyse, Reststoffverbrennung, Kalzinierung sowie Gasaufbereitung. Der Kompetenzschwerpunkt liegt bei gemischten, festen Einsatzstoffen (organische sowie mineralische Abfallströme wie Mischkunststoffabfälle und Abfallbiomasse) für diese Hochtemperaturverfahren mit dem Hauptziel der stofflichen Nutzung als Sekundärrohstoffe. Grundlegende Untersuchungen finden im Labor und anwendungsnahe Tests finden im halbtechnischen Maßstab sowie an Pilotanlagen statt. Modelltheoretische Arbeiten sind Teil dieser multiskaligen Vorgehensweise, um das verfahrenstechnische Prozessdesign auf Basis von Simulationsrechnungen zu ermöglichen.

Das ITC ist in den fünf Abteilungen Vergasung, Technische Mineralogie, Verbrennungs- und Partikeltechnologie, Pyrolyse und Gasbehandlung, sowie Energietechnikum organisiert. Letztere verantwortet den Betrieb der Demonstrationsanlagen bioliq zur Erzeugung von Benzin aus Abfallbiomasse, gemeinsam mit dem IKFT und BRENDA zur Untersuchung der energetischen Verwertung gefährlicher Abfälle.

Im der neu begonnenen PoF IV-Periode ist der überwiegende Teil der Arbeiten des ITC zur Schließung des Kohlenstoffkreislaufs und zur Schließung mineralischer Kreisläufe im Forschungsbereich Energie, Programm Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET), im durch das ITC koordinierten Topic „Ressource and energy efficiency“ abgebildet. Zusätzlich ist das ITC am Programm Energysystemdesign (ESD), Topic „Digitalisation and system technology“ beteiligt wie auch am Programm übergreifenden Innovationspoolprojekt „Energiewende und Kreislaufwirtschaft“ mit dem Thema Ressourceneffizienz und Dekarbonisierung. Darüber hinaus beteiligt sich das ITC mit dem Karlsruher Expositionssystem (Air-Liquid-Interface) an den forschungsgebietsübergreifenden Aktivitäten zur Partikelexposition und Humantoxikologie im Programm Natural, Artificial and Cognitive Information Processing (NACIP), Topic 4 „Molecular and cellular information processes“.

Strategische Ereignisse

Die Forschungsaktivitäten des ITC fokussieren sich auf flexible Schlüsseltechnologien zur Schließung des Kohlenstoffkreislaufs und mineralischer Kreisläufe und deren Einbindung in Prozessketten vom Abfall bis zum chemischen Produkt und in das Energiesystem der Zukunft. Hierzu wird die weltweit einzigartige bioliq-Infrastruktur zur Forschungsplattform CarbonCycle Lab weiterentwickelt, die insbesondere auf die stoffliche Nutzung der organisch/mineralischen Abfälle fokussiert, die auch hohe Technologiereifegrade abdeckt und so verfahrenstechnische Forschung, Technologietransfer mit Industriepartnern und technoökonomische Bewertung kompletter, realer Prozessketten der Kreislaufwirtschaft ermöglicht.

- In Ergänzung errichtet das KIT in dem vom Land Baden-Württemberg geförderten Projekt „R-Zement“ eine Pilotanlage, um erstmals einen geschlossenen Kreislauf für das Bindemittel Zement durch Recycling von Altzement enthaltenden Baustoffabfällen darzustellen. Mit dieser geförderten Investition (1 Mio. Euro) wird die Forschungs- und

Transferplattform ergänzt, um mittels der Technologieentwicklung des KIT ein Recycling der ressourcen- und energieintensiven Calciumsilikat-Bindemittel in den Anwendungsmaßstab zu skalieren.

- Im Rahmen des durch das Land Baden-Württemberg geförderten „reFuels“-Verbundprojekts wurde der Demonstrationsbetrieb der gesamten bioliq-Prozesskette abgeschlossen und die Herstellung von einsatzfähigen Otto-Kraftstoffblends aus Stroh erfolgreich demonstriert.

Die wissenschaftlichen Forschungsergebnisse der ITC-Arbeitsgruppen fokussieren auf Kreislaufwirtschaft für Kunststoffe, Carbonfasern und Materialverbünde; chemisches Recycling durch Pyrolyse; thermischen Abbau toxischer Produkte / von Carbonfasern; Zementrecycling und Carbonatisierung; Hochdruck-Flugstromvergasung.

Längerfristige Kooperationen

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

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

Leitende Personen

Kollegiale Institutsleitung: Prof. Dr. Stefan Bräse (Sprecher), Prof. Dr. Martin Bastmeyer (Interim für IBCS-BIP)

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

Leitende Personen

Teilinstitutsleiter: Prof. Dr. Martin Bastmeyer

Kurzdarstellung

Mit der Neustrukturierung sind elf Arbeitsgruppen und mehrere zentrale Strukturen im Teilinstitut aktiv.

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 in der Informationstechnologie, Biotechnologie und Medizin einzubringen. Dabei spielt die Charakterisierung und quantitative Erfassung von molekularen Netzwerken, die der Zellproliferation, der Zelldifferenzierung und pathologischen Prozessen zugrunde liegen, eine bedeutende Rolle. Die methodischen Ansätze im Institut 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 hochauflösender mikroskopischer Methoden quantitativ über längere Zeit analysiert werden.

Das **KIT Screening Centre** wurde im Berichtsjahr weiter ausgebaut. Er zeichnet sich durch eine einzigartige Screeningtechnologie aus, die es erlaubt sowohl Zellen als auch Zebrafischembryonen automatisch zu scannen, Bilder zu morphologischen Details zu erfassen und über eine Datenpipeline auf Muster und andere Charakteristika zu untersuchen. Bedingt durch die Vielfalt der Analysen ist das Screening Centre in einer Vielzahl von EU Projekten und Trainingsnetzwerken als Partner integriert. Ein Beispiel ist das EU Projekt „PrecisionTox“, in dem 15 internationale Partner den toxikologischen Einfluss von Chemikalien auf das Genom und den Metabolismus von fünf Modellorganismen und humanen Zelllinien untersuchen. Weiterhin wurde mit der Neuausrichtung auf das neue Thema der Biologischen Informationsprozessierung das Repertoire an automatisierten Verhaltens-Assays erweitert. Diese Technologien kommen im Zuge einer groß angelegten Kollaboration mit der BASF zum Einsatz, um neuroaktive Substanzen zu testen. Die Assay-Entwicklung ist eine langjährige Zusammenarbeit mit dem Institut für angewandte Informatik und dem Steinbuch Center für Computing. Die Datenflut aus dem Screening Centre erfordert cutting-edge Computertechnologie von der Speicherung großer Datensätze, zum verteilten Rechnen und AI basierten Ansätzen zur Analyse der Daten. Im Rahmen des **Karlsruhe Center for Optics and Photonics (KCOP)** wurden drei neue hochwertige Fluoreszenzmikroskope angeschafft, die hochaufgelöste Mikroskopie (STED, PALM/STORM) und Einzelmolekülmikroskopie (FLIM, FRET) in Zellen und Embryonen möglich machen.

Im Jahr 2012 wurde am ITG das **European Zebrafish Ressource Center (EZRC)** gegründet. Das EZRC wird am IBCS-BIP weiter betrieben. 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. Im Jahre 2020 überschritt die Zahl der eingelagerten Linien die 30.000 Marke. Somit wurde die Stammsammlung, die für die zukünftigen Arbeiten zur Biologischen Informationsprozessierung eine herausragende genetische Ressource darstellt, weiter ausgebaut. Diese Linien werden auf Kosten der Besteller an Forschungsinstitutionen in der ganzen Welt verschickt. Es ist auch eine zunehmende Zahl von Kundinnen und 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.

Ogleich wir alle das gleiche Genom haben, sind wir dennoch leicht unterschiedlich, so dass wir zum Beispiel auf Medikamente unterschiedlich reagieren können. Diese Aspekte der personalisierten Medizin sind in Ihren Ursachen noch wenig verstanden. Um diese Fragen anzu-

gehen, haben wir 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-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. Dieser Kurs ist Vorreiter in diesem Gebiet und erhielt als erster Fischkurs in Europa das Gütesiegel der Federation of European Laboratory Animal Science Association (FELASA). Seit 2014 wurden 30 Kurse für insgesamt 638 Teilnehmer durchgeführt. Trotz der Coronapandemie konnten in 2021 weiterhin Kurse vor Ort stattfinden und wurden auch soweit notwendig in ein Online-Format überführt.

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

Leitende Personen

Teilinstitutsleiter: Prof. Dr. Stefan Bräse

Mit der Neustrukturierung sind fünf Arbeitsgruppen (Bräse/Jung, Davidson, Levkin, Meier, Orian-Rousseau) plus zentrale Strukturen im Teilinstitut aktiv.

Übergeordnetes Ziel des Teilinstituts ist die Entwicklung neuartiger kombinatorischer Ansätze und Werkzeuge, um Zellen im Organismus oder im Bioreaktor gezielt zu beeinflussen. Hochdurchsatz-orientierte Chemisch- oder synthetisch-biologische Verfahren werden genutzt, um Gewebeformung, Reparatur und Regeneration zu untersuchen und spezifisch zu steuern. Dies erfolgt insbesondere in Krankheitsmodellen wie Tumorbildung. Als Modellorganismus dient insbesondere die Maus und zum Teil auch der Zebrafisch. Diese Arbeiten werden in enger Zusammenarbeit von Biologinnen und Biologen, Chemikerinnen und Chemikern sowie von Informatikerinnen und Informatikern durchgeführt. Dieses interdisziplinäre Umfeld führte in den letzten Jahren zur Gründung oder Gründungsvorbereitung mehrerer Firmen.

Nagerhaltung in Forschung und Innovation: Dem IBCS-FMS ist ebenfalls eine Nagetieranlage zur Zucht und Haltung von Mäusen und Ratten angegliedert. Mit der Reorganisation des ITG steht die Tieranlage unter der Leitung des IBCS-FMS. Die Einrichtung beherbergt derzeit 6000 Mäuse und 400 Ratten aus mehr als 60 Maus- und Rattenstämmen, wobei die Mehrzahl aus Inzucht-, transgenen und Knockout-Linien besteht. Die Nager-Einrichtung bietet zahlreiche Dienstleistungen an, darunter die Entnahme von Blut- und Gewebeprobe, Operationen, Verabreichung von Präparaten, Überwachung des Tumorstadiums und Metastasierungstests. Das Maushaus ist von zentraler Bedeutung für den Beitrag zu den PoF-Programmen. Die Untersuchung der Genfunktion, die Analyse der Signalübertragungswege und die Tumorgenetik erfordern den Einsatz von Mausmodellen. Die Mausanlage ist nicht nur für mehrere Forschungsgruppen am KIT von entscheidender Bedeutung, sondern auch für verschiedene Start-up-Unternehmen, die am IBCS-FMS gegründet wurden.

Die **Compound Plattform** (ComPlat) des KIT hat im Berichtsjahr 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. Es konnten namhafte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für neue Projekte gewonnen werden, insbesondere wurden die Tests auf Kooperationen zur Untersuchung von SARS-CoV-2 ausgeweitet. Die eigenen Forschungsvorhaben zur chemischen Synthese konzentrierten sich in 2021 auf die Methodenentwicklung an fluorierten Modellsystemen zur schnellen und zuverlässigen Synthese von Bibliotheken mittlerer Größe und deren effizienter Aufreinigung. Die Aktivitäten der Plattform in Forschungsdatenmanagement und Datenverarbeitung wurden ausgedehnt und die Entwicklung der eigenen Software-Module für fachspezifische Anwendungen erweitert (ELN und Repository Chemotion). Der Datenbankaufbau für analytische Methoden, z.B. die Aktivitäten auf dem Gebiet der Vorhersagen für molekulare Kenngrößen, wurde ausgebaut.

Forschende des IBCS-FMS konnten auch im Berichtsjahr 2021 neue Drittmittel durch Klein- und Großprojekte einwerben. Ein besonderer Erfolg ist die Beteiligung an der NFDI4Chem in tragender Rolle.

Weiterhin tragen die Arbeiten im Wissenschafts- als auch Infrastrukturbereich durch Teilprojekte zum Erfolg verschiedener koordinierter Programme, z.B. dem Exzellenz Cluster 3DMM2O, dem SFB 1324, dem SFB 1176, dem TRR 88, dem GRK 2039 und EURIdoc Programme: European Horizon 2020 - Marie Skłodowska-Curie bei. Desweiteren ist das IBCS-FMS an einem Core-to-Core-Grant beteiligt (Förderer JSPS mit Japan Canada, UK).

Strategische Ereignisse

Zum 1. Januar 2020 wurde das bisherige Institut für Toxikologie und Genetik in das Institut für Biologische und Chemische Systeme überführt. Der Interims-Institutsleiter Prof. Dr. Martin Bastmeyer wurde zum 1. Januar 2021 kommissarisch für IBCS-BIP verantwortlich. Trotz der Corona-Pandemie sind alle Teile und das neue Verfügungsgebäude B319 voll funktionsfähig.

Neuausrichtung in der PoF IV

Mit der Begutachtung im Oktober 2019 wurde die wissenschaftliche Fragestellung des Instituts neu ausgerichtet. Für die jetzige PoF-Periode werden sich die wissenschaftlichen Schwerpunkte in zwei Programmenthemen aufteilen. Diese werden im Forschungsbereich Information in zwei Programmen angesiedelt: In „P2: Natural, Artificial and Cognitive Information Processing“ mit Topic 4: Molecular and Cellular Information Processing sowie in „P3: Materials Systems Engineering“, mit Topic 2: Optics & Photonics: Materialien, Geräte und Systeme, Topic 3: Adaptive und bioinstruktive Materialsysteme und Topic 5: Entdeckung von Material-Informationen. Die internationale Graduiertenschule (BIF-IGS) wird gemeinsam von beiden Teilinstituten in den Programmen P2 und P3 weitergeführt.

Längerfristige Kooperationen

Wichtige Partner für das IBCS sind die umliegenden Universitäten und Kliniken in Karlsruhe, Mannheim, Heidelberg, Freiburg und Straßburg, mit denen langjährige Kooperationsprojekte betrieben werden. Weiterhin unterhält das Institut eine intensive Zusammenarbeit mit einer Vielzahl von etablierten Firmen.

Industriekooperationen

Amcure [FMS], Aquarray [FMS], BASF [IBCS], Bayer [FMS], Bruker [FMS], Cynora [FMS], Heidolph [IBCS], ImClone [BIP], KNF [IBCS], Implexsys [FMS], Leica [BIP], Merck [FMS], Olympus [BIP], Sanofi [FMS], ScreenFect [FMS], Vuja De Sciences [BIP], Zeiss [FMS].

Kooperationen mit Universitäten und Hochschulen:

Nationale Universitäten/Hochschulen: Aachen [FMS], Bochum [IBCS], Bonn [FMS], TU Braunschweig [FMS], TU Darmstadt [FMS], Düsseldorf [FMS], TU Dresden [FMS], Erlangen [BIP], Freiburg [IBCS], Göttingen [FMS], Greifswald [FMS], Heidelberg [IBCS], Jena [IBCS], Kaiserslautern [FMS], Köln [FMS], Konstanz [FMS], Leipzig [FMS], Mainz [IBCS], Marburg [IBCS], Mannheim [FMS], HS Mannheim [FMS], LMU München [IBCS], TU München [IBCS], Oldenburg [BIP], Paderborn [FMS], Potsdam [FMS], Rostock [BIP].

Internationale Universitäten: Wien (A) [BIP], Monash (AUS) [FMS], Queensland (AUS) [FMS], QUT (AUS) [FMS], Leuven (B) [FMS], Liege (B) [IBCS], Basel (CH) [FMS], Bern (Schweiz) [IBCS], Fribourg (CH) [IBCS], ETH Zürich (CH) [BIP], Lanzhou University (CHN) [BIP], Tsinghua Peking (CHN) [BIP], Copenhagen (DK) [FMS], Barcelona (ES) [FMS], Murcia (ES) [BIP], Bordeaux (F), La Reunion (F) [BIP], Lille (F) [FMS], Nizze (F) [FMS], Montpellier (F) [FMS], Paris (F) [BIP], Straßburg (F) [IBCS], Helsinki (FI) [FMS], Aalto (FI) [FMS], PolyU (HK) [FMS], Ferrara (I) [BIP], Florenz (I) [FMS], Trento (I) [BIP], Messina (I) [BIP], Neapel (I) [BIP], Frederico II Neapel (I) [BIP], Tel-Aviv (IL) [BIP], Soochow University (J) [BIP], Sendai (J) [BIP], Okayama University (J) [BIP], Aveiro (Portugal) [FMS], Nova Lissabon (P) [IBCS], Porto (P) [BIP], Jagiellonian Krakow (PL) [FMS], Linköping (S) [BIP], Bilkent (TUR) [BIP], Marmara (TUR) [BIP], St. Andrews (UK) [FMS], Birmingham (UK) [BIP], Durham (UK) [FMS], Queen Mary und St. Georges, London (UK) [BIP], Oxford (UK) [BIP], Manchester (UK) [BIP], Southampton (UK) [IBCS], UCLA (USA) [BIP], UC Berkeley (USA) [FMS], Clemson (USA) [BIP], Colorado (USA) [BIP], Denver (USA) [BIP], North Carolina State University (USA) [BIP], Houston (USA) [FMS], Georgia (USA) [FMS], Miami (USA) [BIP], New York (USA) [FMS], Stanford (USA) [FMS], Kapstadt (ZA) [FMS].

Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen:

National: Helmholtz-Zentrum München [BIP], Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ [BIP], FZ Jülich [IBCS], HZI [FMS], HZB [FMS], HMGU [FMS], DKFZ [IBCS], Hereon [IBCS], DESY Hamburg [FMS], Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen DZNE [BIP], DPZ Göttingen [BIP], Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung [BIP], FIZ Karlsruhe [FMS], Leibniz FMP [FMS], DPZ [FMS], Leibniz Lungenzentrum Borstel [FMS], MPI Entwicklungsbiologie Tübingen [BIP], MPI für medizinische Forschung Heidelberg [BIP], MP Zentrum für Physik und Medizin [BIP], MPI Dortmund [FMS], MPI CBG-TDS [FMS], NMI [FMS], Friedrich Löffler Institut Jena [BIP], EMBL Heidelberg [IBCS],

International: Shanghai Institutes of Biological Sciences (CHN) [BIP], ZF BioLabs S.L Madrid (ES) [EZRC], CNRS Paris (F) [IBCS], INSERM (F) [BIP], IGBMC Straßburg (F) [BIP], CEA (F) [BIP], Institut Necker Enfants Malades (INEM) / INSERM U 1151- CNRS UMR 8253, Paris (F) [FMS], Stazione Zoologica Anton Dohrn Napoli (I) [BIP], Hubrecht Institute (NL) [BIP], Wellcome Trust Sanger Institute (UK) [EZRC], EMBL-EBI (UK) [BIP], Hinxton (UK) [BIP], Zebrafish International Resource Center, ZIRC (USA) [EZRC], Schweizerisches Tropen- und Public-Health-Institut (CH) [FMS], NKI Amsterdam (NL) [BIP]. National

BioResource Project *NBRP (J)* [BIP], Centro de Regulación Genómica *CRG (ES)* [BIP], Karolinska Institut (SWE) [IBCS], Hopital Civil, Straßburg (F) [FMS], Erasmus Medical Center, Rotterdam (NL) [FMS], Woods Hole Oceanographic Institution (USA) [BIP].

A.1.4.2 Bereich II

A.1.4.2.1 Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)

Leitende Personen

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 hauptsächlich aus dem Beratungsbedarf von Politik, Gesellschaft, Wissenschaftssystem und Wirtschaft. In diesem Sinne ist neben Forschung auch Wissenstransfer konstitutiv für die Arbeiten des ITAS.

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.

Strategische Ereignisse

Im Laufe des Jahres 2021 wurden die Arbeiten des Instituts auf dem Gebiet der Reallaborforschung erheblich ausgeweitet. Unmittelbar aufbauend auf dem laufenden Reallabor „Quartier Zukunft – Labor Stadt“ sowie dem Reallabor 131 wurde das durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (MWK) geförderte Vorhaben „Karlsruher Reallabor Nachhaltiger Klimaschutz“ (KARLA) begonnen, in dessen Rahmen in der Stadt Karlsruhe geplante Maßnahmen zum Klimaschutz insbesondere unter Nachhaltigkeitsaspekten untersucht, bewertet und unterstützt werden sollen. Ebenfalls gestartet wurden die Forschungen des MWK-geförderten Reallabors „Robotische Künstliche Intelligenz“ am KIT, welches das Ziel verfolgt, Künstliche Intelligenz durch humanoide Roboter für Menschen erfahrbar zu machen. Zudem wurde beschlossen, eine Professur „Reallabor Gestalten“ am Institut einzurichten, welche die methodologische Forschung aller Reallabore am KIT begleiten und diesbezügliche Beratung übernehmen soll. Das entsprechende Berufungsverfahren wurde im Berichtsjahr aufgenommen.

Neu gegründet wurde eine elfte Forschungsgruppe am ITAS, die sich unter Leitung von Dr. Somidh Saha der Erhöhung der Resilienz und Vermeidung von Zielkonflikten bei Waldumwandlungen widmet.

Das vom ITAS betriebene Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) berät den Deutschen Bundestag zu Fragen des wissenschaftlich-technischen Wandels. Hier wurden im Jahr 2021 mehrere Studien abgeschlossen bzw. in den parlamentarischen Abnahmeprozess gegeben, unter anderem zum Genome Editing am Menschen, zur Digitalisierung der Landwirtschaft, zu Chancen der digitalen Verwaltung, zu Veränderungen der klassischen Banken- und Bezahlssysteme durch einen Verzicht auf Bargeld, zum Energieverbrauch der IKT-Infrastruktur.

Im Jahr 2021 waren das ITAS (federführend) und seine Partner in der „European Technology Assessment Group“ (ETAG) für die Durchführung von TA-Studien für das „Panel for the Future of Science and Technology“ (STOA) des Europäischen Parlaments tätig. Im Rahmen des STOA-Projektes „Tackling Deepfakes“ wurden Empfehlungen für das Europäische Parlament zum Umgang mit Deepfakes formuliert.

Von Mitarbeitenden des Instituts konzipiert und getragen und im Wintersemester 2021/2022 an der KIT-Fakultät für Sozial- und Geisteswissenschaften am KIT erstmals angeboten wird das Wahlpflichtfach „Technikfolgenabschätzung“. Der dreijährige Bachelor-Studiengang richtet sich an Studierende unterschiedlicher Disziplinen und bietet vertiefte Einblicke in die Art und Weise, wie technische und naturwissenschaftliche Innovationen gesellschaftliche Relevanz entfalten.

Begonnen wurde ein DFG-gefördertes Kooperationsprojekt mit der Technischen Universität Darmstadt, welches die wissenschaftliche Politikberatung aus linguistischer und erkenntnistheoretischer Perspektive untersucht und dabei insbesondere Sprache und Argumentation in Texten wissenschaftlicher Politikberatung in den Blick nimmt.

Beim vom ITAS konzipierten und organisierten und mit Unterstützung aus anderen Instituten des KIT durchgeführten Bürgerdialog „Künstliche Intelligenz in unserem Alltag“ anlässlich der ersten KIT Science Week im Oktober 2021 hatten Bürgerinnen und Bürger einen Tag lang die Gelegenheit, intensiv miteinander sowie mit Forschenden des KIT über Chancen und Risiken von KI zu diskutieren und konkrete Vorschläge und Erwartungen an das KIT zu formulieren. Die Ergebnisse daraus wurden im Präsidium des KIT beraten und sollen künftig enger in die Forschungspraxis des KIT eingebunden werden.

Der Bundestagspräsident hat, dem Vorschlag der Bundesregierung folgend, den Institutsleiter des ITAS, Prof. Dr. Armin Grunwald, zum 14. Februar 2021 in den Deutschen Ethikrat berufen. Das Team des Reallabors „Quartier Zukunft – Labor Stadt“ hat den Joachim-Reutter-Preis 2021 für soziale Innovationen erhalten. Das mit der Auszeichnung verbundene Preisgeld soll unter anderem Gastaufenthalte von Forschenden aus dem Ausland ermöglichen.

Längerfristige Kooperationen

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 25 Staaten angehören.

ITAS ist in verschiedenen Joint Programs (JP) des EU Energy Research Alliance (EERA) vertreten. Dabei versteht sich EERA als ein wesentlicher Forschungsverbund zur Umsetzung des European Strategic Energy Technology (SET) Plans. Im JP Energy Storage ist ein Wissenschaftler auch Koordinator des Subtopics Techno-Economics and Sustainability. Weiterhin hält ITAS die Verbundkoordination des transnationalen EU-ERA-NET-Projekts FUTURE-BODY.

Langjährige bilaterale wissenschaftliche Kooperationen verbinden das Institut insbesondere mit dem Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA) der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, der Stiftung für Technologiefolgen-Abschätzung als Kompetenzzentrum der Akademien der Wissenschaften Schweiz (TA-SWISS), dem Rathenau Instituut of The Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences Den Haag, dem 4TU.Centre for Ethics and Technology (4TU.Ethics) in den Niederlanden, der School for the Future of Innovation in Society, Arizona State University (ASU), dem Research and Information System for Developing Countries (RIS) New Delhi, dem Institute of Science, Technology and Society of the Chinese Academy of Science and Technology for Development (CASTED) sowie der Universidade NOVA de Lisboa. Mit letztgenannter wird ein kooperatives PhD-Programms zum Technology Assessment durchgeführt.

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITAS sind in zahlreichen Gremien aktiv. Für 2021 sind insbesondere die folgenden Gremientätigkeiten zu nennen: Deutscher Ethikrat, Nationales Begleitgremium zur Endlagersuche (Ko-Vorsitz), acatech Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Mitglied des Präsidiums), DGAP Deutsche Gesellschaft für Auswärtige Politik (Mitglied des Präsidiums) (alle Prof. Dr. Armin Grunwald); Mitglied des Direktoriums der Heidelberg Karlsruhe Research Partnership (Prof. Dr. Dr. Rafaela Hillerbrand), Deputy Coordinator, International Union of Forest Research Organization's (IUFRO) Unit "Ecology and Silviculture of Oaks" (Dr. Somidh Saha), Mitglied der BMU-Expertengruppe Schweizer Tiefenlager" (Dr. Peter Hocke-Bergler), Obmann VDI Richtlinienausschuss 4090 "Systemtechnische Methodik zur Steuerung und Planung umweltrelevanter betrieblicher Prozesse" (Jens Buchgeister)

A.1.4.2.2 Steinbuch Centre for Computing (SCC)

Leitende Personen

Sprecher des Direktoriums: Prof. Dr. Bernhard Neumair

Direktorium:

Prof. Dr. Martin Frank

Prof. Dr. Bernhard Neumair

Dr. Martin Nussbaumer

Prof. Dr. Achim Streit

Kurzdarstellung von Thematik und Programmbeteiligung

Das Steinbuch Centre for Computing (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; und d) Betrieb von Großgeräten für wissenschaftliches Hochleistungsrechnen und datenintensive Wissenschaften im Rahmen von sicheren IT-Föderationen.

Das SCC ist an zwei Helmholtz-Programmen der PoF IV beteiligt: Das im SCC angesiedelte Grid Computing Centre Karlsruhe (GridKa) ist als LK-II Großgerät dem Programm „Mater and the Universe“ im Forschungsbereich Materie zugeordnet, die Vorhaben in den interdisziplinären Simulation & Data Life Cycle Labs (SDLs), in den domänen-übergreifenden Algorithms, Methods and Tools Labs (ATMLs), die Forschungsgruppen sowie die Large-Scale Data Facility (LSDF) dem Programm „Engineering Digital Futures“, Topic 1 „Enabling Computational- & Data-Intensive Science and Engineering“, im Forschungsbereich Information.

LK-II Großgerät GridKa

Wie in den Jahren zuvor stellte GridKa einen signifikanten Anteil der Computing- und Speicher-Ressourcen und Services der LHC- und weiterer Experimente der Hochenergie- und Astroteilchenphysik mit hoher Zuverlässigkeit bereit; notwendige Sicherheits-Updates wurden mit sog. „rolling reboots“ ohne vollflächige Unterbrechung des Nutzerbetriebs durchgeführt. Auch im Jahr 2021 stellte GridKa die Rechen- und Speicherressourcen mit gewohnt hoher Zuverlässigkeit bereit. Den LHC-Experimenten, Belle-II und IceCube wurden insgesamt 438 Millionen Core-Stunden Rechenzeit für 34 Millionen Rechenjobs zur Verfügung gestellt. Die Gesamtressourcen von GridKa umfassen rund 50.000 CPU-Kerne, 56 NVIDIA V100S GPUs, mehr als 45 PB skalierbarer Online-Festplatten-Speicher (aus dem über 500 PB ausgelesen wurden) und mehr als 70 PB zuverlässiger Offline-Magnetband-Speicher – in die Welt ist GridKa mit 4x100 Gb/s Bandbreite verbunden.

GridKa hat im Herbst erfolgreich an den Tape- und Network-Challenges teilgenommen. Bei der Tape-Challenge wurden alle Performance-Parameter erreicht bzw. übertroffen; die Tests zeigten, dass alle Tape-Drives von GridKa erfolgreich ausgelastet wurden, aber zukünftig mehr Disk-Cache benötigt wird. Die Ergebnisse in der Netzwerk-Challenge waren hervorragend: GridKa erreichte die beste Leistung aller Tier-1 Zentren weltweit bei den Transferraten vom CERN zu den Tier-1s.

In gemeinsamer FuE-Arbeit mit der CMS-Arbeitsgruppe am KIT und SCC-Mitarbeitende im Programm EDF wurde die Entwicklung des Workload Management Systems COBaID/TARDIS fortgesetzt, um opportunistisch und dynamisch HPC- und Cloud-Ressourcen in die LHC-Computing-Abläufe einzubinden. Im Berichtsjahr liefen die Einbindungen von Ressourcen in Freiburg, Garching und Aachen reibungslos. Während der Abnahmephase des neuen HPC-Supercomputers HoreKa am KIT wurde eine groß-skaliger Lastuntersuchung von COBaID/TARDIS durchgeführt, in dem mehr als 10.000 CPUs zusätzlich von COBaID/TARDIS reibungslos gemanagt wurden – hierdurch wurde die Skalierbarkeit der Softwarearchitektur erfolgreich demonstriert.

Programm Engineering Digital Futures

Das SCC ist Teil des Topic 1 „Enabling Computational- & Data-Intensive Science and Engineering“. In den domänenspezifischen SDLs werden neue Methoden der Datenindizierung, -analyse und Simulation in enger Zusammenarbeit mit den Forschenden in den Fachdisziplinen erforscht und entwickelt. Im Berichtszeitraum wurden im SDL Materials Science erfolgreich die Arbeiten in den beiden JointLabs VMD und MDMC mit dem Programm 3 MSE im Forschungsbereich Information sowie die Projekte NFDI-MatWerk und NFDI4Ing gestartet. Weiterhin wurde im SDL Earth System Science eine Promotion erfolgreich abgeschlossen und die damit generierten MUSICA IASI Daten gemäß Open Science der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. In den domänen-übergreifenden ATMLs werden u.a. neue Methoden zum Metadaten-Handling sowie zugehörige Technologien zum Aufbau moderner Forschungsdaten- und Metadaten-Repositorien entwickelt, z.B. im Rahmen von NFDI-MatWerk, NFDI4Ing sowie dem SFB 980 sowie in Zusammenarbeit mit der Helmholtz Metadata Collaboration (HMC) Plattform und dem

internationale FAIR Digital Objects Forum. Außerdem wurden die Dateisysteme der Large-Scale Data Facility (LSDF) mit einer verbesserten dedizierten Netzwerkverbindung an die Hochleistungsrechner HoreKa und bwUniCluster 2.0 zur hochperformanten Datenanalyse und -ablage angebunden.

In den Forschungsgruppen wurde u.a. im Rahmen des SFB 1173 ein nachweislich robuster, rangadaptiver Algorithmus für die Lösung von Anfangswertproblemen reduzierter Ordnung entwickelt. Das Softwarepaket Ginkgo wurde als eine der ersten numerischen Bibliotheken weltweit erfolgreich auf AMD und Intel GPUs portiert und wird auch als numerischer Kern im EuroHPC Projekt MICROCARD eingesetzt. In einem Wettbewerb zur Lösung harter kombinatorischer Probleme auf großen Instanzen wurde der erste Platz erzielt.

Zur Architektur der Authentication und Authorization Infrastructure (AAI) der European Open Science Cloud (EOSC) wurden wichtige Beiträge gemeinsam mit dem FZJ geleistet. Außerdem wurden im EOSC Marketplace ein Dienst zur Ozon Analyse integriert sowie zur Leistungsmessung von EOSC-Diensten integriert.

In der Helmholtz.AI Plattform wurde methodisch an Lern- und Optimierungsverfahren für daten- und rechenintensive Supercomputeranwendungen geforscht, z.B. zur Anpassung von Simulationsparametern für strukturbasierte Molekulardynamik-Modell oder dem daten-parallelen Training von neuronalen Netzwerken mit hunderten von GPUs. In der HIFIS Plattform wurde die föderierte Helmholtz AAI weiterentwickelt und die am KIT entwickelte RegAPP entsprechend der AARC-Blueprint-Architektur angebunden. Im Rahmen der Leitung der zentralen HIFIS-Arbeitsgruppe "Service Integration" wurden 14 weitere Services in die erste Version der Helmholtz Cloud integriert.

Strategische Ereignisse

Das KIT mit dem SCC wurde am 1. Januar 2021 als eines von acht Zentren in die Förderung des „Nationalen Hochleistungsrechnens“ (NHR) aufgenommen. Die zehnjährige Förderung sichert die Beschaffung der nächsten beiden Tier-2-Rechner am SCC. Es bestehen vielfältige Synergien zu den Programmaktivitäten: So nehmen die SDLs mit zusätzlichen Ressourcen Aufgaben in der Nutzungsunterstützung wahr, die bis zu gemeinsamen R&D-Projekten reichen. Gleiches gilt für das im Rahmen der PoF-IV neu geschaffene ATML „Performance Engineering“, dessen Aufgaben um nachhaltige Softwareentwicklung erweitert wurden (ATML „Software Sustainability & Performance Engineering“).

Als erster Betreiber in Deutschland bietet das SCC im Rahmen von NHR@KIT Forschenden Zugang zu einem Graphcore-KI-System vom Typ IPU-POD16, dessen Prozessoren speziell auf Anwendungen der Künstlichen Intelligenz (KI) und des Maschinellen Lernens (ML) mit Datentypen reduzierter Genauigkeit optimiert sind. Das System ist Teil der Future Technologies Partition, einem Hardware- und Software-Testbett für innovative und disruptive Technologien, in dem auch spezielle AMD-Beschleuniger, ARM-Prozessoren und zukünftig weitere Spezialhardware verfügbar ist.

In der zweiten Ausschreibungsrunde zur Einrichtung der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) war das SCC erneut an zwei erfolgreichen Konsortien (NFDI-MatWerk und PUNCH4NFDI) beteiligt, die im Herbst 2021 starteten. Damit ist das SCC an insgesamt vier NFDI-Konsortien (NFDI4Ing, NFDI4Chem, NFDI-MatWerk, PUNCH4NFDI) beteiligt und unterstützt darüber hinaus die Klimaforschenden des KIT in ihren NFDI4Earth-Aktivitäten.

Im EuroHPC-Projekt MICROCARD entwickelt ein Team aus elf Institutionen eine Software, mit der kardiovaskuläre Simulationen auf zukünftigen Exascale-Supercomputern ausgeführt werden können. Die dafür benötigten Algorithmen müssen auf das jeweilige mathematische Problem, den Umfang der Berechnungen und das besondere Design dieser zukünftigen Computer

zugeschnitten sein. Der dazu notwendige numerische Kern des Software-Stacks bildet die Open-Source-Bibliothek Ginkgo, die durch die Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Fixed-Point Methods for Numerics at Exascale“ (FiNE) am SCC entwickelt wird.

Zur Topic-übergreifenden Zusammenarbeit im neuen Programm EDF wurden im KIT Vernetzungsprojekte ausgeschrieben. Das SCC war dabei u.a. erfolgreich mit den Projekten „Sicherheit von Glue-Codes“ zusammen mit Topic 3/KASTEL im Kontext sichere HPC-Simulationen sowie „AI-powered microgrids: vulnerabilities to terrorism“ zusammen mit dem Topic 4/ITAS im Kontext Künstlicher Intelligenz und Technikfolgenabschätzung.

Insgesamt konnten im Berichtszeitraum wieder zahlreiche neue Drittmittelprojekte eingeworben werden bzw. nahmen ihre Arbeit auf. Am SCC waren dies das Helmholtz AI Projekt iBatman; NFDI-MatWerk und PUNCH4NFDI; TEEMLEAP im Rahmen der KIT Exzellenzinitiative; DeepBoltzmann im DFG SPP 2298; EOSC-Future, DICE, EGI-ACE, NEP und MICROCARD (Europäische Kommission).

Zur Stärkung des wichtigen und zunehmend an Bedeutung gewinnenden Themas der professionellen Unterstützung sowie Entwicklung von Open Source Forschungssoftware wurde unter Co-Koordination des SCC (zusammen mit FZJ-INM) das Innovationspoolprojekt HiRSE_PS im Forschungsbereich Information erfolgreich beantragt.

Finanziert durch das Programm „Engineering Digital Futures“ (EDF) entstehen im SCC neue Forschungsgruppen samt Professuren. Bei der Tenure-Track W1 Uncertainty Quantification (in der Mathematik) wurde der Berufungsvorgang im Jahr 2021 abgeschlossen – die neue Person wird voraussichtlich Ende Q1-2022 im SCC beginnen. Im Verfahren zur Besetzung der W3-Professur Methods for Big Data startete die Berufungskommission ihre Arbeit und die Stelle wurde Ende 2021 ausgeschrieben. Der Leiter der Helmholtz-Nachwuchsgruppe FiNE erhielt eine Juniorprofessur (ohne Tenure) in der Informatik. Alle genannten Professuren sind im SCC auf der Führungsebene in Form neuer Abteilungsleitungen angesiedelt.

Längerfristige Kooperationen

Das SCC verfügt über zahlreiche Kooperationen sowohl innerhalb des KIT als auch mit zahlreichen externen Institutionen innerhalb Deutschlands und Europas: 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 Landeskonzepte zu den Themen HPC auf Ebene Tier-3, große Daten/Forschungsdatenmanagement sowie IT-Dienste.

Über die Landesgrenzen hinaus seien beispielhaft genannt: Forschungszentrum Jülich, DESY, GSI, HMGU, HZDR, HZB, TU-Dresden, RWTH-Aachen, TU-Darmstadt, 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, Université de Bordeaux in Frankreich, Oak Ridge National Laboratory und University of Notre Dame in den USA, und dem CERN. Weiterhin bestehen durch die Mitgliedschaft in WLCG, EUDAT CDI, der EOSC Association sowie EU-Projekten zahlreiche Kontakte auf internationaler Ebene. Im Rahmen des Smart Data Innovation Lab (SDIL) besteht eine enge Kooperation mit SAP sowie IBM.

A.1.4.3 Bereich III

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

Leitende Personen

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 praktischen 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 der Helmholtz-Gemeinschaft in zwei Forschungsbereichen (FB) aktiv: Energie und Information. Die Arbeiten konzentrieren sich im FB Energie auf das in PoF IV neu gestartete Programm Energiesystemdesign (ESD) Topic 2 „Digitalisierung und Systemtechnologie“. Im FB Information sind die PoF IV-Forschungstätigkeiten zum einen im Programm „Material Systems Engineering“ (MSE) verortet. Hier in den Topics „Functionality by Information-guided Design: from Molecular Concepts to Materials“ und „Optics & Photonics: Materials, Devices, and Systems“. Außerdem im Programm „Natural, Artificial and Cognitive Information Processing“ (NACIP) im Topic 4 „Molecular and Cellular Information Processing“. Ergänzend ist das IAI mit einer Arbeitsgruppe am neu gegründeten Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit (KASTEL) beteiligt. Die KASTEL-Aktivitäten stehen in direktem Zusammenhang mit den ESD-Arbeiten.

Der Beitrag des 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. Das IAI trägt hier wesentlich zum Aufbau und Betrieb des Energy Lab 2.0 am KIT bei, in dem das flexible Zusammenspiel von elektrischen, thermischen und chemischen Energieträgern realitätsnah simuliert und erprobt wird. Um die entsprechenden Steuerungs- und Überwachungsaufgaben möglichst realitätsnah simulieren zu können, wurde im Rahmen des Energy Lab 2.0 das Smart Energy System Simulation and Control Center (SEnSSiCC) realisiert, welches IAI konzipiert und im Jahr 2021 aufgebaut wurde. Das „Living Lab Energy Campus“ (LLEC), das ebenfalls vom IAI in direkter Anbindung an das SEnSSiCC aufgebaut wurde, ergänzt als weiteres Reallabor die Forschungsplattform Energy Lab 2.0. Es besteht aus drei äußerlich identischen, voll instrumentierten Versuchshäusern, die auf unterschiedliche Art betrieben werden (z.B. Wärmepumpenheizung, Stromheizung, Gleichstromversorgung, etc.). Hier laufen Forschungsarbeiten für ein

nachhaltiges lokales Energiesystem auf der Basis dezentralisierter und erneuerbarer Energien. Ein großer Beitrag hierzu besteht in der direkten Anbindung des BMBF-Projekts SEKO (SEKO: Energiesystemintegration & Sektorkopplung am Beispiel der Forschungsinfrastrukturen Energy Lab 2.0 und Living Lab Energy Campus). Die in 2020 begonnenen Arbeiten zum Thema Energiepaketbasiertes Stromnetz für die „All Electrical Society“ wurden im Jahr 2021 verstärkt und werden im Rahmen eines KIT Future-Fields-2 Projekts weitergeführt.

In der Kooperation mit den internen und externen HGF-Partnern wurden im Berichtsjahr erste Arbeiten durchgeführt, z.B. eine geographisch verteilte Echtzeit-PHIL (Power-Hardware-in-the-Loop) Co-Simulation von Stromnetzen zwischen den PHIL-Laboren in Karlsruhe und Jülich. Es wurde dabei eine geographisch verteilte Echtzeit-Co-Simulationsumgebung zur parallelen, transient-dynamischen Simulation der Campus-Stromnetze realisiert. Aktuell laufen Arbeiten zur Anbindung des Netzlabor in Oldenburg (DLR).

Begleitend wurde im IAI im Jahr 2021 mit der Konzeption und der Implementierung einer IKT-Plattform für Energiedaten begonnen. Auf dieser Plattform werden einerseits Daten aus den Reallaboren Energy Lab 2.0 und dem LLEC persistiert und bereitgestellt, andererseits die Möglichkeit zum Ausführen von Modellen und Simulationen geboten. Forschende erhalten so Zugriff auf historische Daten, Aktualdaten und Prognosen, die sie z.B. als Eingabe für oder zur Validierung ihrer eigenen Modelle und Simulationen nutzen können. Diese Lösungen wurden in die IAI-Aktivitäten im HGF Inkubator Helmholtz Metadata Collaboration (HMC) eingebracht und im Rahmen des HMC Energy Hub zu energiespezifischen Metadatenlösungen für die Bereitstellung von Energiedaten weiterentwickelt. Im HMC werden Ontologien und Datenschemata zur Repräsentation von Wissen aus der Domäne „Energie“ und Verknüpfung dieses Wissens mit anderen Domänen (z.B. Wirtschaft, Gesellschaft, Wetter, Umwelt, etc.) entwickelt und in Datenservices genutzt. Ergänzt werden diese Arbeiten durch die am IAI entwickelte 3D Monitoring Plattform. Die Plattform integriert unterschiedliche 3D Gebäudemodelle, verknüpft verschiedene Sensoren und ist die Basis für zukünftige Digital Twins von Stadtbezirken oder ganzen Städten. Für die thermische Simulation von Gebäuden im urbanen Kontext wurden landesweit verfügbare 3D Stadtmodelle untersucht, um Nutzungsprofile ergänzt und in ein standardisiertes Datenmodell exportiert. Im HGF Inkubator Helmholtz.AI (früher HAICU) konzentriert das IAI seine Aktivitäten auf den Forschungsbereich Energie bzw. auf zukünftige Energiesysteme. Aktuelles Thema in 2021 war die Arbeit an der Vorhersage von Energiezeitreihendaten unter Verwendung von Deep-Learning-Ansätzen. Diese Arbeiten sind eng verknüpft mit den IAI Tätigkeiten im Bereich Machine Learning und Datenanalyse in anderen Forschungsprogrammen.

Weiterhin betreibt das IAI in ESD Forschung zur Flexibilisierung und Optimierung energieintensiver industrieller Prozesse und bringt diese bis zum prototypischen industriellen Einsatz. Diese Arbeiten werden in enger Kooperation mit industriellen Partnern umgesetzt, beispielsweise bei der Flexibilisierung eines neuen Beton-Recycling-Anlagenkonzepts. Diese Aktivitäten im Bereich der Regelungstechnik werden ergänzt durch die regelungstechnische und systemtheoretische Einbindung von Konvertern in Stromnetze im Rahmen des HGF-Innopool Projekts „Energy Transition and Circular Economy“, das Fragen bzgl. der Dekarbonisierung und Flexibilisierung von energieintensiven Recyclingprozessen behandelt. Dies in Kooperation mit KIT-internen Partnern und Helmholtz-Partnern in Jülich und Cottbus. Des Weiteren sind die ESD-Arbeiten direkt angebunden an das Kopernikus BMBF-Vorhaben ENSURE II.

In Hinblick auf die zunehmende Vernetzung automatisierungstechnischer Komponenten werden zudem Methoden zur modellbasierten Detektion von Cyber-Angriffen entwickelt. Die Arbeiten haben das Ziel, realistische Angriffe auf bestehende und zukünftige Energiesysteme unter Nutzung von Machine-Learning-Verfahren zu erschweren und früher zu erkennen. Hier

besteht die direkte Anbindung an die Beteiligung an KASTEL. Der Schwerpunkt der IAI-Arbeiten im Rahmen von KASTEL liegt in der cyber-physischen Sicherheit von Energiesystemen. Die betrachteten Themen umfassen ein breites Spektrum von Sicherheitsanwendungen, von der Hardware bis zur Kommunikationsstruktur in intelligenten Stromnetzen. Das IAI hat in 2021 in enger Kooperation mit den anderen KASTEL-Akteuren im KIT das „KASTEL Labor Energie“ aufgebaut, in welchem beispielsweise Anomalieerkennungssysteme getestet und neue Angriffszenarien entwickelt und validiert werden können. Diese Arbeiten tragen entscheidend zur informationstechnischen Sicherung des Energiesystems der Zukunft bei.

Im Programm MSE des FB Information entwickelt das IAI Modellbildungs- und Simulationsverfahren für InkJet-Druckverfahren sowie für ein neues Aerosol-on-demand Druckverfahren und für die auf diese Verfahren angepasste Tintenentwicklung. 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. Ferner werden Verfahren zur optischen Inspektion und Aufklärung der 3D-Nanostruktur mittels Ultramikrotom-Probenpräparation und REM-Bildgebung untersucht. Das IAI untersucht in diesem Zusammenhang auch additive Fertigungsverfahren als Schlüsseltechnologien im Zusammenhang mit digitaler hoch flexibler skalierbarer Fertigung und Produktion.

Im Programm NACIP im FB Information liegen die Schwerpunkte auf Aktivitäten zur automatisierten Bild- und Datenanalyse für große Datenmengen mit Methoden des Deep Learning, zur quantitativen probabilistischen Modellierung der Informationsverarbeitung im Zellkern am Beispiel von zirkadianen Rhythmen sowie zur Laborautomatisierung und Robotik. Im Rahmen des Imaging and Screening Hubs werden zahlreiche neue Technologien zur automatisierten Durchführung und Analyse von Hochdurchsatzexperimenten entwickelt. Prof. Dr. Ralf Mikut (IAI) koordiniert als Sprecher des KIT die im Rahmen der „Helmholtz Information & Data Science Academy“ (HIDA) zusammen mit dem Deutschen Krebsforschungszentrum und der Universität Heidelberg eingeworbene „Helmholtz Information & Data Science School for Health“ (HIDSS4Health). Diese Arbeiten sind sehr eng mit den Forschungstätigkeiten in NACIP verknüpft.

Strategische Ereignisse

Im Jahr 2021 wurden zahlreiche strukturelle Änderungen im Institut für Automation und angewandte Informatik durchgeführt. Der Abschluss der Arbeiten in den PoF III-Programmen SCI, EMR, EE und SBD, das Auslaufen der IAI-Arbeiten im Programm ES2050 verbunden mit der Neuausrichtung der Tätigkeiten und der Integration in das neue PoF IV-Programm ESD erforderten eine Anpassung der Gruppenstruktur. Damit verknüpft war die Reaktion auf die Empfehlung der PoF IV-Gutachter in Richtung „more control“: Neuausrichtung der Arbeiten im Bereich Netzregelung. Der zunehmenden Bedeutung des Themas Cybersicherheit wurde mit der Bildung von zwei Arbeitsgruppen (KASTEL und IAI Gruppe) mit enger Anbindung an das Energy Lab 2.0 Rechnung getragen.

Prof. Dr. Veit Hagenmeyer hat mit Start PoF IV die Topicsprecherfunktion in ESD übernommen und ist Helmholtz-weit Hauptansprechpartner für ESD. Neben seiner Funktion als Projektleiter des Innopoolprojekts „Energy Transition and Circular Economy“ ist er zurzeit Präsident von EIFER (Stärkung der strategischen Zusammenarbeit mit EDF). Prof. Hagenmeyer ist auf Einladung Mitglied im persönlichen Think-Tank des Präsidenten der HGF, Prof. Dr. Otmar Wiestler.

Dr. Benjamin Schäfer hat die Helmholtz-Nachwuchsgruppe VH-NG-1727 gewonnen, die ab 2022 am IAI startet (Datengetriebene Analyse komplexer Systeme).

Für die dem HGF-Inkubator Helmholtz AI zugeordnete W1/W3-Tenure Track Professur (Künstliche Intelligenz für das Energiesystem), die am IAI angesiedelt ist, läuft das Berufungsverfahren. Mit der Ruferteilung ist im Laufe 2022 zu rechnen.

Langfristige Kooperationen

Die Vorhaben werden in interdisziplinärer Kooperation mit Partnern aus Industrie, Verwaltung und anderen Forschungseinrichtungen im In- und Ausland bearbeitet. Das Institut ist an Projekten u.a. der EU, des BMBF, der HGF, des Landes, der DFG und der Industrie beteiligt. Die Mitarbeitenden des Instituts sind vielseitig in Normungsgremien, Fach- und Gutachtergremien sowie Programmkomitees aktiv.

An längerfristigen Kooperationen seien genannt (Auszug):

Verwaltung und Verbände:

- Baden-Württemberg: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft; Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen; Landesanstalt für Umwelt
- zahlreiche weitere Landesministerien der Länder Bayern, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Nordrhein-Westfalen, Brandenburg und Schleswig-Holstein
- Umweltbundesamt
- Standard Working Group CityGML des OGC (Open Geospatial Consortium)

Wirtschaft:

- ABB AG (Kopernikus ENSURE II)
- ETU Software GmbH, Köln (Semantische Datenmodelle)
- Heidelberg Engineering GmbH (Detektion von Nervenfasern der Augenhornhaut)
- Netze BW GmbH (Zukünftige Energiesysteme, Energy Lab 2.0)
- Boeckeler Instruments, Tucson, USA (Ultramikrotomautomatisierung)
- Notion GmbH (Hochdurchsatz 3D Druckverfahren)
- Siemens AG (Kopernikus ENSURE II)
- Stadtwerke Karlsruhe (Zukünftige Energiesysteme, Energy Lab 2.0, Flexkälte)
- TenneT TSO GmbH (Kopernikus ENSURE II)
- TransnetBW GmbH (Netzregelung)
- vialytics GmbH (Datenanalyse)
- Bruker GmbH (Datenanalyse)
- Seven2one Informationssysteme GmbH (Flexkälte)
- VIVAVIS AG (Cybersicherheit und Datenanalyse)

Hochschulen:

- Universität Singapur
- Universität Gustav EIFFEL
- EPFL Lausanne
- RWTH Aachen
- Universität Heidelberg
- Swansea University
- Vellore Institute of Technology
- Universitätsaugenklinik Rostock
- Hochschule Karlsruhe

Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen:

- Deutsches Krebsforschungszentrum
- EIFER – European Institute for Energy Research
- Forschungszentrum Jülich
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- OFFIS – Institut für Informatik Oldenburg
- Helmholtz-Zentrum hereon, Teltow
- Forschungszentrum Informatik
- Fraunhofer Institut IOSB
- Museum für Naturkunde, Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung

A.1.4.3.2 Institut für Angewandte Materialien (IAM)

Leitende Personen

Prof. Dr. Michael J. Hoffmann (Sprecher der Institutsleitung)

Prof. Dr. Hans J. Seifert (Stellvertretender Sprecher der Institutsleitung bis September 2021)

Prof. Dr. mont. Christoph Kirchlechner (Stellvertretender Sprecher ab Oktober 2021)

IAM-AWP: Prof. Dr. Hans J. Seifert (Prof. Dr.-Ing. habil. Bronislava Gorr (Mitglied des Direktoriums))

IAM-CMS: Prof. Dr. Peter Gumbsch, Prof. Dr. Britta Nestler, Prof. Dr. Martin Dienwiebel, Prof. Dr. Christian Greiner (seit 01.08.2021)

IAM-ESS: Prof. Dr. Helmut Ehrenberg, TT Prof. Dr.-Ing. Julia Maibach (seit 01.11.2021)

IAM-KWT: Prof. Dr. Michael J. Hoffmann

IAM-WBM: Prof. Dr. mont. Christoph Kirchlechner

IAM-ET: Prof. Dr.-Ing. Ulrike Krewer

IAM-WK: Prof. Dr.-Ing. Peter Elsner, Prof. Dr.-Ing. Martin Heilmaier (Sprecher), Prof. Dr. Astrid Pundt, Prof. Dr.-Ing. Volker Schulze

Kurzdarstellung von Thematik und Programmbeteiligung

Das Institut für Angewandte Materialien (IAM) ist die führende Einrichtung in der Forschung und der Ingenieurausbildung im Bereich der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik am KIT. Es ist fakultätsübergreifend aufgestellt und verbindet die Aufgaben des KIT: Forschung, Lehre und Innovation. Darüber hinaus leistet es wesentliche Beiträge zu den Themen Energie, Mobilität, Information und Materialien.

	Energie	Erde und Umwelt	Information	Materie
IAM-AWP Angewandte Werkstoffphysik (H. J. Seifert, B. Gorr)	X		X	
IAM-CMS Computational Material Science (M. Dienwiebel P. Gumbsch; C. Greiner; B. Nestler)	X	X	X	X
IAM-ESS Energiespeichersysteme (H. Ehrenberg; J. Maibach)	X		X	
IAM-KWT Keramische Werkstoffe und Technologien (M.J. Hoffmann)	X			
IAM-ET Elektrochemische Technologien (U. Krewer)	X			
IAM-WBM Werkstoff- und Biomechanik (C. Kirchlechner)	X		X	
IAM-WK Werkstoffkunde (P. Elsner, M. Heilmaier, A. Pundt, V. Schulze)	X		X	

Beteiligung der IAM-Teilinstitute an den vier vom KIT adressierten Forschungsbereichen der HGF.

Das IAM verfolgt einen interdisziplinären Ansatz in der Materialforschung, der die Vielfalt und Mehrskaligkeit materialwissenschaftlicher Fragestellungen abdeckt. Mit nationalen und internationalen Partnern erforscht das IAM Werkstoffe von ihrem atomaren Aufbau bis zu ihrer Funktion im Produkt. Es schlägt dabei die Brücke von der Materialentwicklung über die Prozesstechnologie bis zur Systemintegration.

Das IAM gestaltet die Lehre im Studiengang Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (Mat-Werk) und trägt die materialwissenschaftliche Ausbildung für weitere Studiengänge der Ingenieur- und Naturwissenschaften.

Das IAM verfügt über breite methodische Kompetenzen in den Bereichen Herstellung und Verarbeitung, Gefüge und Struktur, Charakterisierung der mechanischen, thermischen und elektrischen/elektrochemischen Eigenschaften, sowie Modellierung und Simulation. 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 wesentlich in den Forschungsbereichen Energie (Programme „Materials and Technologies for the Energy Transition“ - MTET, „Nuclear Fusion“ – Fusion, „Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research“ - NUSAFE) und Information (Programm „Materials Systems Engineering“ - MSE) mit. Außerdem sind Institutsteile des IAM an Projekten des Joint Lab „Virtual Materials Design“ und an der Plattform Karlsruher Nano Micro Facility (KNMFi) unter anderem mit der neuen Forschungsdateninfrastruktur Kadi4Mat beteiligt.

IAM-AWP Angewandte Werkstoffphysik

Das IAM-AWP unter der Leitung von Prof. Dr. Hans J. 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, NUSAFE und MTET des Helmholtz-Forschungsbereichs Energie sowie in das Helmholtz-Programm MSE mit KNMFi des Helmholtz-Forschungsbereichs Information eingebettet. Darüber hinaus werden Forschungsprojekte bearbeitet und koordiniert, die von nationalen Trägern (Land Baden-Württemberg, DFG, BMBF, BMWi, BMU), 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 Refraktärliegierungen erforscht (Helmholtz-Programme FUSION, MTET). Die am Teilinstitut entwickelte Herstellungsrouten der (ODS) ferritisch-martensitischen Stähle hat 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 Mitarbeiter/innen 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 neue Schwerpunkte, die auch die Untersuchung funktioneller Komponenten der Energietechnik z.B. Lithium-Ionen-Batterien umfassen.

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.

IAM-CMS Computational Material Science

Das IAM-CMS befasst sich in Forschung, Lehre und Transfer mit den mechanischen und mikrostrukturellen Eigenschaften von Werkstoffen und der Bauteilbewertung. Dabei beschäftigt es sich in der Modellierung und Simulation sowohl mit grundlegenden als auch mit anwendungsorientierten Fragestellungen. Die Methoden der Mikrostrukturmodellierung und -Simulation verbinden dabei atomistische Betrachtungen von Werkstoffen und deren Defekten mit mikrostruktureller Modellierung und kontinuumsmechanischer Analyse. In verschiedenen Be-

reichen werden skalenübergreifend sowohl grundlagen- als auch anwendungsorientierte Forschungsarbeiten durchgeführt und dabei neue Modellierungsmethoden mit großskaligen Simulationsmethoden auf Hochleistungsrechnern und Analytik kombiniert, um die grundlegenden Mechanismen in der Mikrostrukturentwicklung aufzuklären.

Geforscht wird in enger Zusammenarbeit mit verschiedenen deutschen und internationalen Partnern, mit der Hochschule Karlsruhe, insbesondere in enger Wechselwirkung mit dem Institut für Digitale Materialforschung (IDM).

IAM-ESS Energiespeichersysteme

Das IAM-ESS beschäftigt sich mit der Herstellung und Charakterisierung von Energiematerialien, von der Etablierung neuer Materialkonzepte, über die Aufklärung von Funktions- und Degradationsmechanismen, bis hin zur Hochskalierung und der Integration in Anwendungen. Folgende Kompetenzbereiche und Arbeitsschwerpunkte sind in Arbeitsgruppen zusammengefasst: „Entwicklung von Streumethoden zur Materialcharakterisierung“, „Funktionelle Kompositmaterialien“, „Oberflächen- und Grenzflächenanalytik“, „Entwicklung, Fertigung und Testung von Elektroden und elektrochemischen Zellen“, „Materialsynthese und keramische Pulvertechnologie“ und „Fusionskeramik“.

IAM-ET Elektrochemische Technologien

Das IAM-ET ist ein Institut der KIT-Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, dessen Forschungsschwerpunkt auf der elektrochemischen und mikrostrukturellen Charakterisierung und Modellierung von Brennstoffzellen, Elektrolyseuren und Lithium-Ionen-Batterien liegt. Nach Übernahme der Institutsleitung durch Prof. Dr.-Ing. Ulrike Krewer wurden drei neue Arbeitsgruppen mit den Themen „Batterien: Reaktionskinetik und Optimierung“, „Elektrokatalyse“ und „Mikrostruktur- und Materialcharakterisierung“ zusätzlich zu den existierenden „Batterien: Zellcharakterisierung und -modellierung“ und „Brennstoffzellen und Elektrolyse“ etabliert. Forschungsaktivitäten in MTET erfolgen im Bereich der elektro-katalytischen CO₂-Reduktion in der AG Elektrokatalyse.

IAM-KWT Keramische Werkstoffe und Technologien

Der IAM-Teil „Keramische Werkstoffe und Technologien“ unter der Leitung von Prof. Dr. Michael J. Hoffmann beschäftigt sich mit der Prozesstechnik, der mikrostrukturellen Analyse und der Eigenschaftscharakterisierung (mechanisch, elektrisch, thermisch) von keramischen Struktur- und Funktionswerkstoffen und nichtmetallisch anorganischen Gläsern. Innerhalb des Programms MTET hat das KWT eine enge Kooperation mit der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Alexander Colsmann vom Lichttechnischen Institut (LTI) zur Erforschung perowskitischer Solarzellen. Die Emmy Noether-Nachwuchsgruppe unter der Leitung von Dr. Manuel Hinterstein erforscht „BNT-BT als künftige bleifreie Funktionswerkstoffe für PTCR-, Aktor- und Sensoranwendungen“. In Kooperation mit der TU Bergakademie Freiberg werden multi-funktionale, grobkörnige, refraktäre Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde erforscht.

IAM-WBM Werkstoff- und Biomechanik

Im IAM-WBM werden metallische, keramische, polymere und natürliche Werkstoffe hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften und ihrer Zuverlässigkeit untersucht. Nach der Berufung von Prof. Dr. Christohp Kirchlechner als Leiter des IAM-WBM im Jahr 2020 und

Prof. Dr. Christian Greiner als Professor für additiv hergestellte Bauteile und Mikrostrukturdesign am IAM-CMS mit zusätzlichen Führungsaufgaben am IAM-WBM im Jahr 2021 erfolgt derzeit ein Umbau und eine Profilschärfung des IAM-WBM. Diese betrifft einerseits die skalenübergreifende, quantitative Aufklärung von grundlegenden Versagensmechanismen von Struktur- und Funktionsmaterialien, andererseits das Forschungsgebiet der additiven Fertigung.

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. Im Jahr 2021 wurde der dafür notwendige instrumentelle Fuhrpark am IAM-WBM um ein hochauflösendes Rasterelektronenmikroskop, ein Rasterionenmikroskop mit Femto-sekundenlaser und einem Hochtemperaturindenter erweitert.

Funktionsmaterialien von Interesse sind unter anderem Batteriewerkstoffe, hier insbesondere Elektrodenmaterialien, sowie gedruckte Materialverbünde. Die chemo- und elektro-mechanischen Eigenschaften dieser Materialien werden experimentell hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit mittels mechanischer Experimente und mittels Röntgenbeugung charakterisiert. Für theoretische Materialsimulationen zu diesen Themen auf verschiedenen Skalen werden kontinuums-theoretische und mikromechanische Simulationsmethoden, sowie Phasenfeld-Modellierung eingesetzt.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt ist die Charakterisierung und Modellierung von Werkstoffen und Werkstoffverbunden für die Fusionstechnologie. 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, Mikrostrukturuntersuchung und Elementanalytik hochradioaktiver und toxischer Proben mittels lichtoptischer Mikroskope, Raster- und Transmissionselektronenmikroskopen stellen ein Alleinstellungsmerkmal unter den europäischen Heiße-Zellen Laboren dar. Diese experimentelle Expertise wird beispielsweise genutzt, um ein tiefgreifendes Verständnis der Bildung und des Wachstums von bestrahlungsinduzierten Defekten (Versetzungsloops, Heliumclustern), sowie deren Einfluss auf das mechanische Verhalten, aufzubauen. Das IAM-WBM hat langjährige Erfahrung in der Vorbereitung, Durchführung und Bewertung von Bestrahlungsprogrammen, sowie der Modellierung des Einflusses von Strahlenschädigung auf die Zuverlässigkeit unter kombinierter Kriech- bzw. Ermüdungsbelastung. Das Institut beschäftigt sich ferner mit Füge-technologien (z.B. Verbindung zwischen Stahl und Wolfram).

Im Forschungsbereich Information ist das IAM-WBM im Programm MSE engagiert. Dabei werden einerseits Leitermaterialien mittels Hochdurchsatzmethoden – beispielsweise Mikrozug und Nanoindentation – optimiert. Neben dem Betrieb eines Heliumionenmikroskops für die KNMFi stellt das IAM-WBM ferner Expertise für den Betrieb des nanoCT (ebenfalls KNMFi). Die Forschung im Bereich der Bionik und Biomechanik – in welchem über Jahre biologische Strukturen erforscht und deren Gestaltungsprinzipien auf technische Bauteile übertragen wurde – wird zukünftig nicht mehr als eigenes Forschungsgebiet am WBM fortgesetzt. Stattdessen wird seit der Mitte des Jahres durch die Berufung von Prof. Dr. Christian Greiner als Professor für additiv hergestellte Bauteile und Mikrostrukturen die Expertise aus der Bionik auf moderne Fertigungsverfahren übertragen.

Das IAM-WK unter der Leitung von Prof. Dr. Peter Elsner, Prof. Dr. Martin Heilmaier, Prof. Dr. Astrid Pundt und Prof. Dr. Volker Schulze beschäftigt sich mit Forschung, Lehre und Innovation auf dem Gebiet der Konstruktions- und Funktionswerkstoffe des Maschinenbaus. Dabei sollen Prozess-, Struktur- und Eigenschaftsbeziehungen abgeleitet werden. Die Aktivitäten des IAM-WK in der Forschung der Helmholtz-Gemeinschaft umfassen folgende Themen: Im Rahmen der KNMF wird mittels einer 3D-Atomsonde die Charakterisierung der chemischen Zusammensetzung von Werkstoffen auf nahezu atomarer Skala betrieben. Des Weiteren werden die Rasterelektronenmikroskopie mit fokussiertem Elektronenstrahl FIB/REM sowie die Elektronenmikroskopie TEM innerhalb der KNMF und im Helmholtz-Programm MTET eingesetzt. Ebenso im Rahmen der KNMF werden mikrostrukturierte Bauteile aus Kunststoff, Metall und Keramik für interne Forschungsarbeiten und externe Kooperationspartner über verschiedene Varianten des Mikrospritzgießen realisiert. Auf dem Forschungsgebiet der Lithium-Ionen-Batterien beschäftigt sich das IAM-WK mit der Entwicklung und Verarbeitung sicherer, d.h. schwer entflammbarer, und hochvoltstabiler Elektrolytsysteme. Im Programm MTET werden neuartige Materialien für verschiedene Verfahren des 3D-Drucks (Stereolithographie (SLA), Fused Deposition Modeling (FDM), InkJet-Printing) entwickelt. Außerdem wird in MTET die Entwicklung neuartiger nanoskaliger ODS Eisenbasislegierungen vorangetrieben und andererseits im Rahmen eines DFG-Graduiertenkollegs neue Hochtemperaturverbundwerkstoffe untersucht. Des Weiteren werden im Rahmen des Programmes MTET komplexe reaktive Materialien und eutektische bzw. spinodale Entmischungsgefüge ternärer Legierungen zur Erforschung der Energiespeicherung auf Wasserstoffbasis bzw. der Wechselwirkung mit Wasserstoff analysiert. Im Rahmen des Programms FUSION wird das Pulverspritzgießen sowie die additive Fertigung mittels Elektronenstrahlverfahren zur Herstellung von unterschiedlichen Komponenten für zukünftige Fusionsreaktoren eingesetzt. Die zuverlässige Verbindung von Divertorkomponenten erfordert die Entwicklung geeigneter Lötprozesse bzw. verbesserter Lötsschichten.

Strategische Ereignisse

Berufungen ans IAM

Tenure Track-Prof. Dr.-Ing. Julia Maibach wurde zum 1. November 2021 ans IAM-ESS berufen.

Der Ruf an Herrn Prof. Dr. Christian Greiner auf die W3-Professur „Additiv hergestellte Bauteile und Mikrostrukturdesign“ (zunächst IAM-CMS) erfolgte zum 1. August 2021.

Aktuelle Berufungsverfahren

Das gemeinsame Verfahren zur Besetzung der „W3 Professur für die Technologie der Verbundkeramiken“ (NF Prof. Dr. Thomas Koch) gemeinsam mit dem DLR läuft aktuell, die Bewerbungsunterlagen sind eingegangen. Die Fachvorträge werden voraussichtlich im April 2022 stattfinden.

Das Verfahren für die „W3-Professur für Keramische Werkstoffe und Technologien“ (vorgezogenen Nachfolge von Prof. Hoffmann am IAM-KWT – mit einer Umbenennung von „W3-Professur für Keramische Werkstoffe und Bauteile“) wurde nicht aufgenommen. Stattdessen soll die Nachfolge Hoffmann die Nachhaltigkeit der Stiftungsprofessur der Carl-Zeiss-Stiftung bilden (s.u.).

Die Berufungskommission für die „Stiftungsprofessur der Carl-Zeiss-Stiftung- (W3) für Materialien für die Energiewandlung“ hat ihre Arbeit aufgenommen.

Dem Freigabeantrag für eine neue „W1-Professur für Metamaterialien“ (ohne TT) mit Anbindung ans IAM-CMS wurde im Fakultäts- und Bereichsrat zugestimmt. Der Aufruf zur Bildung der BK ist erfolgt.

Dem Perspektivantrag für die TT-Professur „Elektrochemische Systeme für die Energietechnik“ (KIT-Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik) wurde im Bereichsrat zugestimmt. Er soll am 31. Januar 2022 in der Berufungsplanungssitzung besprochen werden.

Umbenennung

Das IAM-Teilinstitut „Werkstoffe der Elektrotechnik“ (IAM-WET) wurde zum 1. Januar 2021 umbenannt in „Elektrochemische Technologien“ (IAM-ET).

Längerfristige Kooperationen

- Im Rahmen des Programms NUSAFE ist das am IAM-AWP bearbeitete QUENCH Vorhaben langfristig in EU-Kooperationen (Il Trovatore), IAEA Forschungsprogramme (ATF-TS) und OECD-NEA Projekte (Quench-ATF, TCOFF) eingebunden. Ein Schwerpunkt der aktuellen und zukünftigen Kooperationen liegt auf dem Thema ATF (Accident Tolerant Fuel) Hüllrohre. Das OECD-NEA Joint Undertaking QUENCH-ATF mit maßgeblicher Beteiligung des IAM-AWP als Operating Agent ist im Oktober 2021 gestartet.
- Das IAM-AWP ist aktuell an den EU-Projekten GEMMA, HELIOS sowie IL TROVATORE beteiligt.
- Innerhalb der EUROfusion Power Plant Physics & Technology Aktivitäten (Consortium Work Plan 2021-2025) sind die Teilinstitute IAM-AWP, -ESS, -WBM und -WK mit diversen Teilprojekten zu Struktur- und Funktionsmaterial- und Prozessentwicklungen für DEMO beteiligt, u.a. an Planung und Durchführung von über 2025 hinausreichenden Neutronenstrahlungs- und Nachuntersuchungsprogrammen.
- Die Entwicklung der ECRH Upper Port Plugs für ITER wird unterstützt durch den Beitrag des IAM-AWP im europäischen Projekt mit F4E „ITER ECRH Torus Diamond Windows: Prototyping and Testing“. Auf selbigem Arbeitsgebiet wird in Kooperation mit EUROFUSION an der Entwicklung von Breitbanddiamantfenstern und neuartigen Launchertechnologien für DEMO sowie der Charakterisierung von Diamant gearbeitet.
- Das IAM-WBM beteiligt sich seit September 2017 am EU Horizon 2020 Forschungsprojekt „Multiscale modeling for fusion and fission materials (M4F)“ mit dem Ziel, das Verformungs- und Schädigungsverhalten von neutronenbestrahlten niedrigaktivierbaren Stählen mittels kontinuumsmechanischen Ansätzen zu modellieren und ist für die Koordinierung der Domain 2 „Plastic flow localization“ mitverantwortlich.
- Das IAM-WBM beteiligte sich von Juni 2017 bis November 2021 an dem EU Horizon 2020 GEMMA – Generation IV Materials Maturity - federführend für die Entwicklung von Auslegungsregeln für austenitische Stähle und ihre Schweißverbindungen in einer korrosiven Flüssigmetallumgebung.
- Im Rahmen des EU Horizon 2020 Projekts FRACTESUS arbeitet das IAM-WBM seit Oktober 2020 an der Entwicklung und Validierung geeigneter Prüf- und Simulationsmethoden für bruchmechanische Versuche an kleinen Proben zur Charakterisierung und Beschreibung des Bruchs im spröde-duktilen Übergangsbereich.
- Das IAM-WBM ist seit Oktober 2020 im EU Horizon 2020 Projekt ORIENT-NM an der Ausarbeitung einer langfristigen Forschungsstrategie und der Planung einer europäischen Partnerschaft für die Entwicklung von Werkstoffen für nukleare Anwendungen mitbeteiligt.

- Im Rahmen eines IAEA-Kooperationsprojekts arbeitet das IAM-WBM seit 2017 mit internationalen Partnern aus der EU, China, Japan und den USA an der Standardisierung von Prüfmethoden an Kleinstproben (SSTT) für die Qualifizierung von Fusionswerkstoffen.
- In dem EU Horizon 2020 Projekt PATRICIA beteiligt sich das IAM-WBM seit September 2020 mit mechanischen Untersuchungen an Hüllrohrmaterialien in Rahmen der Entwicklung fortgeschrittener Aufbereitungs- und Entsorgungsmethoden für Kernbrennelemente.
- Im EU-Projekt IMHOTEP modelliert das IAM-ET Batterien mit Festkörperelektrolyten mit Li-Metall-Anode (ASSB-LA) mit speziellem Fokus auf die Anforderungen der Luft- und Raumfahrtindustrie durch Aufbau, Parametrisierung und Validierung der elektrochemischen ASSB-LA.
- Das IAM-CMS ist beteiligt am EU-Projekt „An experimentally-validated multi-scale materials, process and device modelling & design platform enabling non-expert access to open innovation in the Organic and Large Area Electronics Industry (MUSICODE)“.
- Unter Koordination des IAM-AWP erfolgt im Rahmen der Chinesisch-Deutschen Kooperationsgruppe „Integrated Computational Materials Engineering of Electrochemical Storage Systems“ ein intensiver wissenschaftlicher Austausch mit der Central South University, Changsa, der Xiangtan University und der Guilin University of Electronic Technology.
- Prof. Dr. Christian Greiner vom IAM-CMS führt im Rahmen des mit einem Consolidator Grant des European Research Council ausgezeichneten Projektes TriboKey Forschungsarbeiten zu Verformungsprozessen unter einer Reibbelastung und die dadurch hervorgerufenen strukturellen Änderungen im Inneren von Metallen durch, wobei Reibexperimente mit Methoden der zerstörungsfreien Prüfung sowie mit Data Science-Algorithmen und hochauflösender Elektronenmikroskopie gekoppelt werden.
- Das IAM-WBM kooperiert mit der chinesischen Akademie der Wissenschaften (ASIPP) in Hefei zum Thema der Thermomechanik von Schüttbetten.
- Die Kooperation ENSAM-KIT im gemeinsamen French-German-Institute for Industry of the Future mit Beteiligung zahlreicher Institute aus den KIT-Fakultäten Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik sowie Informatik wird vom wbk bzw. IAM-WK koordiniert (Koordination V. Schulze).
- Das KIT betreibt mit der Universität Ulm den gemeinsamen Exzellenzcluster POLiS zum Thema „Energiespeicherung jenseits von Lithium“. An diesem Cluster und dem Helmholtz-Exzellenznetzwerk „post-Lithium Batterien“ sind die IAM-Teilinstitute ESS, AWP, WBM, ET und CMS beteiligt.
- Das IAM-CMS ist beteiligt im Rahmen des Konsortiums „NFDI-MatWerk“ am Aufbau und die Bereitstellung einer nationalen Forschungsdateninfrastruktur für Forschende aus der Disziplin der Materialwissenschaft & Werkstofftechnik anhand der FAIR-Prinzipien.
- Das IAM-CMS (Prof. Dr. Christian Greiner) bearbeitet gemeinsam mit dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf das von der DFG geförderte Forschungsprojekt „Elementarmechanismen tribologisch induzierter Oxidation in Kupfer“.
- Das IAM-CMS (Prof. Dr. Peter Gumbsch) bearbeitet gemeinsam mit dem Institut für Strömungsmechanik am KIT (Prof. Dr.-Ing. Bettina Frohnäpfel) das von der DFG geförderte Forschungsprojekt „Numerical and experimental analysis of surface textures - towards a reproducible and robust design of textures in conformal contacts“.
- Das IAM-CMS ist seit 2018 an dem DFG Schwerpunktprogramm SPP2074 „Fluidfreie Schmierung unter hoher mechanischer Belastung“ mit einem Projekt beteiligt. Untersucht werden hier in Kollaboration mit dem Fraunhofer IWM und dem IPEK die Mechanismen von Schmierung mit Graphit bei Flächenpressungen größer als 1 GPa.

- Ebenfalls ist das IAM-CMS mit einem Unterprojekt am SPP2231 „Effizientes Kühlen, Schmieren und Transportieren – Gekoppelte mechanische und fluiddynamische Simulationsmethoden zur Realisierung effizienter Produktionsprozesse (FLUSIMPRO) mit einem Arbeitspaket zur Messung von oberflächennahen chemischen Veränderungen mit XPS-Analysen beteiligt (in Zusammenarbeit mit dem ISTM, dem wbk Institut für Produktionstechnik des KIT und dem Fraunhofer IWM).
- Das „Center for Electrochemical Energy Storage Ulm & Karlsruhe“ (CELEST) wurde als gemeinsame Plattform der Universität Ulm, des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) und des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) gegründet und bündelt deren Forschungsaktivitäten auf allen Gebieten der elektrochemischen Energiespeicherung und -wandlung. CELEST betreibt auch die Graduiertenschule „Electrochemical Energy Storage“ (GS-EES). Alle Teilinstitute des IAM sind an CELEST beteiligt.
- Das IAM ist am Exzellenzcluster „3D Matter Made to Order“ (3MM2O) des KIT beteiligt.
- Im Kompetenzcluster „FestBatt2“ fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Entwicklung von Feststoffbatterien. Das IAM ist dabei mit den Teilinstituten ESS, WT und CMS in der Materialplattform „Oxid/Phosphat Festelektrolyte“ sowie den Methodenplattformen „Charakterisierung“ und „Theorie/Daten“ vertreten. Das Projekt AdBatt wird am WBM durchgeführt.
- Im Kompetenzcluster „Analytik und Qualitätssicherung“ (AQua) fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Bereitstellung fertigungs-begleitender und fertigungsintegrierter Analyseverfahren für eine nachhaltige und kostengünstige Batteriezellfertigung in Deutschland. Das IAM ist dabei mit den Teilinstituten ESS, ET, AWP und CMS beteiligt.
- Im Kompetenzcluster „Intelligente Zellproduktion“ (InZePro) fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) innovative agile Anlagentechnik sowie gemeinsam mit dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg den Aufbau eines agilen Produktionssystems für die format-, material- und stückzahlflexible Pouch-Zellen Produktion („AgiloBat“). Das IAM-ESS ist dabei über das KIT Battery Technology Center (KIT-BaTeC) beteiligt.
- Das IAM-ET analysiert in den vom BMBF geförderten internationalen Kooperationsprojekten „CatSE“ und „InCa2“ zusammen mit amerikanischen bzw. japanischen Universitäten und Forschungseinrichtungen die elektrochemischen Prozesse in verschiedenen Festkörperbatterietypen.
- Materialfragen und Bauteilaspekte für Redox-Flow Batterien werden am IAM-ESS in zwei vom BMWK geförderten Konsortien (DEGRABAT und HiCo-BiPEC) und einem vom BMBF unterstützten Verbund (FLOW3DKAT) bearbeitet.
- TT-Prof. Dr. Julia Maibach vom IAM-ESS bearbeitet mit ihrer Nachwuchsgruppe „InSEIde“ im Rahmen des BMBF Programms „NanoMat-Futur“, das Grenzflächendesign für elektrochemische Energiespeicher.
- Das IAM-ESS ist am Betrieb und der Weiterentwicklung von 3 Messplätzen (SPODI, ERWIN und NECTAR) an der Forschungsneutronenquelle FRM II in Garching beteiligt. Mit Unterstützung durch das BMBF werden in Zusammenarbeit mit der TU München spezielle Charakterisierungsverfahren für Energiematerialien durch Neutronendiffraktion und Neutronentomographie angewendet und bereitgestellt.
- Das IAM-ESS bearbeitet gemeinsam mit dem IFW Dresden und dem Skolkovo Institute of Science and Technology in Moskau das DFG-RFBR geförderte deutsch-russische Projekt „Nachhaltige Strategien für K-Ionen-Batterien“.

- Das IAM-AWP ist im Bereich der Batterieforschung in eine Reihe von Kooperationen involviert. Dazu gehören unter anderem die DFG-Projekte „Characterization of 3D architectures of lithium-ion micro-batteries fabricated by laser-assisted manufacturing“, „Entwicklung von 3D-Modell-Elektroden mit Hybrid Fertigungsverfahren (3D-Bat-Hybrid)“, das FFG-Projekt „Realisierung optimierter Li-Ionen-Akkus zum Durchbruch der E-Mobilität“ sowie die BMBF-Verbundprojekte „NextGen-3DBat – Elektrodenarchitekturen für Hochenergie- und Hochleistungsbatterien der nächsten Generation“, „AnaLiBa – Analytik an Lithium-Ionen-Batterien und „BatGasMod – Batteriegasungs-Modellierung“.
- Das IAM-WK ist im Bereich der Forschung an Hochentropielegierungen mit mehreren Teilprojekten im DFG-Schwerpunktprogramm 2206 „Compositionally Complex Alloys – High Entropy Alloys“ (CCA-HEA) beteiligt.
- Das IAM-WK wirkt am BMBF-geförderten Leitprojekt TranHyDE Teilprojekt 4: ApplHy! – Transport und Anwendung von flüssigem Wasserstoff mit.
- Das IAM ist im Bereich der Forschung an Hochentropielegierungen mit mehreren Teilprojekten im DFG-Schwerpunktprogramm 2206 „Compositionally Complex Alloys – High Entropy Alloys“ (CCA-HEA) beteiligt.
- Auf dem Gebiet der Dünnschichttechnik kooperiert das IAM-AWP wissenschaftlich mit der Universität des Saarlandes in Saarbrücken und der TU Ilmenau in einem DFG-Vorhaben. Dabei werden die Initiierung und Steuerung der Transportprozesse und Phasenbildung in nanoskaligen reaktiven metallischen Viellagenschichten infolge thermischer Aktivierung untersucht. In einer Kooperation mit der TU Wien werden Hochleistungsschutzschichten für Anwendungen bei hohen Temperaturen entwickelt und charakterisiert. Mit der Hochschule Augsburg werden Diamant-beschichtete Werkzeuge hinsichtlich möglicher Verschleißmechanismen im Einsatz untersucht. Das Institut kooperiert ebenso mit verschiedenen mittelständischen Firmen bei der Entwicklung innovativer Schutz- und Funktionsschichten sowie neuartiger Plasmaquellen für kosten- und energieeffiziente industrielle Vakuumprozesse. Mitarbeiter der Abteilung Stoffverbunde und Dünnschichten sind in wesentlichen Funktionen in nationale und internationale Gremien und Verbände eingebunden (z.B. apl. Prof. Ulrich, Präsident der Deutschen Vakuum-Gesellschaft DVG e.V., Dr. Stüber, Division Chair: Advanced Surface Engineering Division, AVS).
- Das IAM-WK ist im Rahmen eines Kooperationsvertrages mit dem Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK) der Technischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg verbunden. Im Jahr 2015 wurde eine gemeinsame Forschergruppe auf dem Gebiet der Mikroreaktionstechnik beantragt und durch die DFG genehmigt.
- Durch die Stiftungsprofessur für Nanostrukturierte Funktionsmaterialien werden Arbeiten zu Nanomaterialien am IAM-WBM durch die Robert Bosch-Gruppe langfristig gefördert, was durch einen gemeinsamen Beirat begleitet wird.
- Das IAM-KWT untersucht im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Manipulation of matter controlled by electric and magnetic fields“ in Zusammenarbeit mit dem IAM-CMS den Einfluss elektrischer Felder auf das Sinterverhalten von Strontiumtitanat.
- Das IAM-KWT ist maßgeblich an der multidisziplinären Forschungsgruppe zum Thema „Neuartige, flüssig-applizierte keramische Solarzellen“ beteiligt, die über sechs Jahre von der Carl-Zeiss-Stiftung im Rahmen des Programms Durchbrüche 2019 gefördert wird.
- In Kooperation mit der TU Freiberg arbeiten mehrere IAM-Teilinstitute (WK, KWT, AWP) im Rahmen der DFG-geförderten Forschergruppe (FOR 3010) an multifunktionalen, grobkörnigen, refraktären Verbundwerkstoffen und Werkstoffverbunden für großvolumige Schlüsselbauteile in Hochtemperaturprozessen.

- Das IAM-ET entwickelt in den BMBF-Projekten Mikal und MiCha tomographische Verfahren und setzt diese zur 3D Mikrostrukturekonstruktion von Lithium-Ionen Batterieelektroden ein.
- In den Projekten „Betriebsgrenzen Schnellladen“ (AIF), LibForSecUse (EU) und OSLIB (BMBF Kompetenzcluster „Batterienutzungskonzepte“) entwickelt das IAM-ET Diagnoseverfahren auf Basis der Nichtlinearen Frequenzganganalyse (NFRA).
- In den BMBF-Projekten WirLebenSOFC, SOC-Degradation 2.0 und H2Giga HTEL-Stacks analysiert das IAM-ET Hochtemperatur-Festelektrolytzellen der Partner Bosch, Hexis, Sunfire und Kerafol für den Einsatz in Brennstoffzellen- und Elektrolyseanwendungen.
- Im BMBF Projekt H2Giga StacIE analysiert das IAM-ET zusammen mit Industrie- und Forschungspartnern neue Zell und Stackkonzepte für PEM-Elektrolyseure.
- Im BMWK-Projekt ProStrom erprobt das IAM-ET neue Stackdesigns für Niedertemperatur-Brennstoffzellen (PEMFC) in automotiven Anwendungen.
- In dem vom BMBF geförderten internationalen Kooperationsprojekt „Lillint“ untersucht das IAM-ET gemeinsam mit deutschen und amerikanischen Forschungseinrichtungen die SEI-Bildung an Li-Metall Anoden.
- In dem vom BMWK geförderten Forschungsprojekt „SimDural“ untersucht das IAM-ET zusammen mit Firmen wie BMW die Möglichkeit eines Multiskalen Simulationsansatzes zur Sicherheitsprädiktion von gealterten Lithium-Ionen-Batterien.
- In dem durch das BMWK geförderten Projekt HiBrain forschen das IAM-ET, -ESS, und -WBM gemeinsam mit universitären sowie industriellen Partnern an Möglichkeiten für das computergestützte Design von Kathoden im Bereich der Li-Ionen Batterien.
- In der DFG-Forschergruppe 2397 befasst sich das IAM-ET mit der Multiskalen-Analyse komplexer Dreiphasensysteme an Silber-Gasdiffusionselektroden in wässrigem Elektrolyten für die O₂ und CO₂ Reduktion.
- Im Rahmen der deutschlandweiten Förderung zum Aufbau einer Nationalen Forschungsdateninfrastruktur beteiligt sich das IAM-CMS an der geförderten Initiative NFDI4Ing.
- Das IAM-CMS kooperiert mit Prof. Dr. Thomas Kohl im Topic „Geothermische Energiesysteme“ mit den Clusteraktivitäten „Reservoir, Thermalwasserkreislauf, Materialien und Geoprozesse, Kraftwerksbetrieb“, Prof. Dr. Christoph Hilgers/KIT, Prof. Dr. Veit Hagenmeyer über Themen im Programm EE, Prof. Dr. Janos Urai/RWTH Aachen, Prof. Dr. Rob Lander, Durango, Colorado 81301, USA
- Verbundprojekt IAM-CMS: ZAFH: „InSeL – Innovative Schaumstrukturen für den effizienten Leichtbau“.
- Im BMWK-Projekt SPIZWURZ werden Untersuchungen zur Langzeit-Trockenlagerung von abgebrannten Brennstäben in Zusammenarbeit mit dem Institut für Nukleare Entsorgung (INE) des KIT und der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) durchgeführt.
- Das IAM-WBM kooperiert seit April 2020 mit dem FZ Jülich, dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf, der TU Wien und der Montanuniversität Leoben (beide Österreich) im DFG-DACH-Projekt „Konzepte zur Steigerung der Zähigkeit von Hard Coatings“.
- Das IAM-WBM ist am DFG-Transregio TRR 188 „Schädigungskontrollierte Umformprozesse“ (Sprecher Prof. Dr. Gerhard Hirt, beteiligte Institutionen: RWTH Aachen, TU Dortmund, Max-Planck-Institut für Eisenforschung) beteiligt. Am IAM-WBM werden die Schädigungsmechanismen auf der Mikroebene identifiziert und quantifiziert.
- Das IAM-CMS ist mit zwei Dissertationsprojekten am Internationalen Graduiertenkolleg der Deutschen Forschungsgemeinschaft IRTG gemeinsam mit kanadischen Partneruniversi-

täten zum Thema „Integrated engineering of continuous-discontinuous long fiber reinforced polymer structures“ beteiligt.

- Das IAM-WBM (zwei Promotionsstellen) und das IAM-ET (zwei Promotionsstellen) sind beteiligt an dem im November 2016 bewilligten DFG-Graduiertenkolleg 2218 SiMET (Simulation mechanisch-elektrisch-thermischer Vorgänge in Lithium-Ionen-Batterien). Die zweite Förderphase startete am 1. Oktober 2021. Sprecher ist Prof. Dr.-Ing. Thomas Wetzel (TVT). Das Kolleg umfasst zwölf Promotionsstellen und zwei Postdoktorandenstellen.
- Das IAM-WK ist im Bereich der Forschung an Faserverbundleichtbauwerkstoffen mit mehreren Teilprojekten in den DFG-Schwerpunktprogrammen 1712 und 1897 sowie am internationalen Graduiertenkolleg 2078 beteiligt.
- Mehrere Teilinstitute des IAM sind unter der Sprecherschaft von Prof. Dr.-Ing. Martin Heilmaier am Graduiertenkolleg 2561 (Materials Compounds from Composite Materials) beteiligt, das im November 2019 von der DFG bewilligt wurde. Starttermin ist der 1. April 2020. Weiterhin beteiligt sind Forscher der TU Darmstadt sowie des DFI Frankfurt. Das Kolleg umfasst zwölf Doktorandenstellen.
- Das IAM-CMS ist gemeinsam mit dem IMTEK der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg mit zwei Dissertationsprojekten am Graduiertenkolleg 2450 der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Maßgeschneiderte Multiskalenmethoden für Computer-simulationen von nanoskaligen Materialien (comprnano)“ beteiligt.

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

Leitende Personen:

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. John Jelonnek

Kurzdarstellung

Das Institut für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik (IHM) beschäftigt sich mit der Forschung, Lehre und Innovation auf den Gebieten der Impuls- und Mikrowellentechnik bei hohen und höchsten Leistungen. Dazu gehören die Theorie und die 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 zwei Abteilungen. Diese sind die Hochleistungsimpulstechnik (Prof. Dr. Georg Müller) und die Hochleistungsmikrowellentechnik (Dr. Gerd Gantenbein). In 2021 war das Institut in insgesamt drei Helmholtz-Programmen eingebunden: Materialien und Technologien für die Energiewende (MTET), Kernfusion (FUSION) und Nukleare Entsorgung, Sicherheit und Strahlenforschung (NUSAFE)

Abteilung für Hochleistungsimpulstechnik:

Die Erforschung und Weiterentwicklung der Hochleistungsimpulstechnik mit Impulsleistungen im Gigawatt-Bereich und Feldstärken im Bereich von 10^5 - 10^7 V/m zur Anwendung in der Bioenergie, Umwelt- und Biotechnologie sind ein erster Forschungsschwerpunkt. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt bezieht sich auf die Oberflächenvergütung und den Korrosionsschutz

von Metallen und Legierungen mit großflächigen gepulsten Elektronenstrahlen (GESA-Technik) und die Flüssigmetalltechnologie für den Einsatz in Transmutationsanlagen, im Bereich der konzentrierten Solarthermie, Hochtemperaturspeichern, Flüssigmetallbatterie und Methanreformierung.

In 2021 hat die Grundlagenforschung zur Etablierung von Kaskadenverfahren zur Wertstoffgewinnung aus mikrobieller Biomasse deutliche Fortschritte gemacht. Die bereits evaluierte Extraktionsmethode über PEF-Behandlung mit anschließendem Inkubationsschritt führte zu einer Inaktivierung von Zellen mit einer um den Faktor 100 reduzierten spezifischen Behandlungsenergie. Es konnte ein sogenannter 'zelltodindizierter Faktor' ermittelt werden, der als Reaktion auf die PEF-Behandlung extrahiert werden kann. Die Anwendung dieses Extrakts auf unbehandelte Empfängerzellen erhöht die Effizienz bei der Proteinextraktion aus Mikroalgen. Für die energetische Nutzung von Mikroalgen wurde eine neue Prozesskette entwickelt. Nach der PEF-Behandlung und Inkubation wurde der direkte Umsteuerungsprozess zur Erzeugung von Fettsäuremethylester („Biodiesel“) angewendet. Dieser direkte Umsteuerungsprozessschritt ermöglicht es die Lipidextraktion, einen der energieintensivsten Schritte der nachgelagerten Verarbeitung von Mikroalgen zu umgehen (Programm MTET).

Die Werkstoffentwicklung und -charakterisierung mit dem Ziel die Kompatibilität mit den Flüssigmetallen Pb, PbBi, Zn und Na zu verbessern wurden vorangetrieben. Erste Kompatibilitätsuntersuchungen von Nickelbasislegierungen in Natrium bei Temperaturen $> 600^{\circ}\text{C}$ zeigen die prinzipielle Verwendbarkeit dieser Materialgruppe. Der induktiv beheizte Hochtemperaturwechselversuchsteststand mit fließendem Natrium wurde mittels COMSOL-Simulationen optimiert und soll künftig auch für Versuche mit 3D-gedruckten Receivern genutzt werden können. Im Rahmen des Drittmittelprojekts LIMELISA wurde in Absprache mit einem Industriepartner eine Vielzahl verschiedener industrierelevanter Materialien, die für den Bau von Pumpen und Ventilen verwendet werden können, in Blei bei Temperaturen bis 700°C getestet. Oberflächenaluminisierung mittels Packcementation und Voraboxidation ist eine Möglichkeit kommerzielle Materialien wie z.B. T91 bei Temperaturen über 700°C in Pb und auch in Solar-salzen zu verwenden. Die Verwendbarkeit keramischer Materialien als Reaktormaterial zur CO_2 freien Wasserstofferzeugung aus Methan in Zn konnte bis 1100°C bestätigt werden (Drittmittelprojekt DECAGAS). Lade und Entladezyklen mit Natrium basierten Flüssigmetallbatterien, die im Rahmen eines DFG Projekts entwickelt werden, zeigen die hohe Effizienz dieses Batterietyps. (Programm MTET)

Die Entwicklung korrosionsbeständiger Materialien für flüssig Pb, PbBi gekühlte System wurden weitergeführt. Verschiedene Ansätze AFA-Oberflächenlegierungen mittels GESA herzustellen wurden untersucht. Durch das Umschmelzen entsprechender Schichtsysteme (Fe/Cr/Ni/Al), die mittels EPVD auf austenitischen Stählen abgeschieden wurden, ließ sich in einer Oberflächenschicht von ca. $25\text{ }\mu\text{m}$ die gewünschte AFA Zusammensetzung einstellen. Verbesserte AFA Legierungen mit C/N und Nb und Y Zusatz bildeten in Pb bei Temperaturen von 600°C eine dünne schützende $(\text{Al,Cr})_2\text{O}_3$ -Schicht. Bei 650°C wurde die Legierung mit N angegriffen, die mit C waren weiter geschützt. Die Strömungsverhältnisse im CORELLA Teststand zur Untersuchung des Einflusses von stark turbulenten Pb-Strömungen auf verschiedene Materialien wurden zum besseren Verständnis der Testergebnisse mittels COMSOL simuliert. Unterschiedliche Beschichtungen von europäischen Partnern und AFA-Proben zeigen verstärkt Erosionserscheinungen bei lokal turbulenten Strömungsbedingungen. (Programm NUSAFE)

Abteilung für Hochleistungsmikrowellentechnik:

Die Abteilung für Hochleistungsmikrowellentechnik befasst sich zum einen mit der Forschung und Entwicklung von Mikrowellenquellen (Gyrotrons) für die Kernfusion. Im Fokus stehen Entwicklungen für W7-X, ITER und DEMO. Langfristig soll an W7-X die verfügbare Mikrowellenleistung von derzeit 10 MW auf bis zu 18 MW erhöht werden. Das IHM beteiligt sich mit der Entwicklung eines konventionellen Gyrotrons, dass bei 140 GHz eine Weltrekordleistung von bis zu 1,5 MW erreichen soll. Am IHM wurde eine Kurzpulsversion dieser Röhre gebaut. In Experimenten mit dem Kurzpuls-Vorprototypen am IHM wurden Ausgangsleistungen von bis zu 1.6 MW bei 43 % Wirkungsgrad erzeugt. Parallel dazu wurde von IPP ein industrielles CW (1.800 s) Gyrotron, das auf dem Design der Kurzpuls-Vorprototypen basiert, bei Thales in Auftrag gegeben (TH1507U).

Im Rahmen des europäischen Konsortiums (EGYC) ist das KIT maßgeblich in die Entwicklung des europäischen 1 MW Gyrotrons für ITER und DTT eingebunden. In 2021 wurde die verbesserte Version des ersten industriellen Prototyps am IHM getestet. Durch weitere Optimierung konnte eine Ausgangsleistung über 1 MW (1044 kW) erzielt werden. Weiterführende Langpulstests bei EPFL-SPC, Lausanne haben die von F4E geforderten Ziele erreicht.

Innerhalb des Projekts EUROfusion (Horizon2020) arbeitet das IHM an fortschrittlichen 2 MW Gyrotrons für ein zukünftiges europäisches Demonstrationskraftwerk (DEMO). Fortschritte wurden in der Weiterentwicklung der europäischen coaxialen Technologie für Multi-Megawatt Gyrotrons und innovativer Konzepte zu mehrstufigen Kollektoren erzielt.

Der Aufbau des neuen Gyrotronteststands, FULGOR (Fusion Long-Pulse Gyrotron Laboratory), wurde in 2021 weiter vorangetrieben. Die Konditionierung der letzten großen Komponente, der supraleitende Magnet (Firma TESLA, GB), wird intensiv beim Hersteller durchgeführt. Bisher konnte das spezifizierte Nominalfeld (10.5 T) noch nicht erreicht werden. KIT hat sich Ende 2021 entschlossen, zu einem anderen Hersteller zu wechseln.

Im Rahmen des HGF Programms MTET beschäftigt sich das IHM mit der Entwicklung von energieeffizienten, industrierelevanten Mikrowellenprozessen und Systemen, mit diversen öffentlich geförderten Verbundprojekten sowie mit bilateralen Industrieprojekten.

Die Arbeiten zur Aufspaltung von CO₂ mit Mikrowellenunterstützten Plasmen wurden ausgebaut und die Infrastruktur für eine containerbasierten Lösung im Rahmen des Projektes eXPlore befindet sich im Aufbau.

Das vom KIT koordinierten Verbundprojektes e-KOMFORT (Finanzierung über das 6. Energierahmenprogramm) konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Eine Energieeinsparung gegenüber konventionellen Kaschierprozessen von mehr als 80% wurde demonstriert.

Innerhalb des Marie Curie International Training Network TOMOCON, in dem das KIT Demonstration Leader für die mikrowellenunterstützte Trocknung ist, wurde ein Mikrowellen-Tomograph im X-Band für die Bestimmung der Feuchteverteilung in Kunststoffschäumen entwickelt und erfolgreich in einem industrierelevanten Prozess erfolgreich demonstriert.

Darüber hinaus ist KIT Partner in dem IVF-Projekt CORAERO, im Rahmen dessen sich das IHM mit der Entwicklung von Lösungen zur mikrowellenunterstützten Inaktivierung von Coronaviren beschäftigt.

Die Arbeiten und das Patent zum mikrowellenunterstützten 3D-Druck wurden mit den Neuland Innovationspreis ausgezeichnet.

Längerfristige Kooperationen

- Kooperationen zu Grundlagen der Bioelektrik im Rahmen des Bioelectric Consortiums mit Old Dominion Univ. Norfolk, USA; Kumamoto Univ., Japan; Univ. of Missouri Columbia, USA; Inst. Gustave-Roussy and Univ. of Paris XI, Frankreich; Univ. of Toulouse, Frankreich;
- Entwicklung eines Korrosionsschutzes für den Einsatz in flüssigen Schwermetallen: EU-Projekte mit CEA, ENEA, SCK-CEN, CIEMAT, KTH und bilateral mit Efremov Institute, St. Petersburg und IPPE, Obninsk, Russland;
- Kooperation zur technologischen Entwicklung einer Na-Flüssigmetallbatterie als elektrischer Speicher mit DLR und der Huazhong University of Science and Technology – HUST in Wuhan (China).
- Upgrade des ECRH-Systems an Wendelstein W7-X, Greifswald in Zusammenarbeit mit dem IPP Greifswald;
- 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;
- Entwicklung von Anlagen der HEPHAISTOS-Serie zur Materialprozesstechnik mit Mikrowellen mit dem Lizenznehmer Vötsch Industrietechnik GmbH, Reiskirchen,
- Kooperation mit dem IPP, Garching und IGVP, Universität Stuttgart für die Entwicklung von Power-to-Molecules Technologien mit Hilfe atmosphärischer Mikrowellenplasmen.
- Zusammenarbeit mit IAP Nizhny-Novgorod im Rahmen der Erforschung von innovativen THz Gyrotrons für spektroskopische und diagnostische Anwendungen (gemeinsamer DFG-RSF Projektantrag)
- Gemeinsame Zusammenarbeit mit dem DLR zur Möglichkeit der Entwicklung eines innovativen Weltraumradars unter Verwendung von Hochleistungsmikrowellenquellen
- Mitglied im internationalen Konsortium „DEVELOPMENT OF HIGH POWER TERAHERTZ SCIENCE AND TECHNOLOGY“ unter der Leitung von FIR-FU, Japan.

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

Leitende Personen

Institutsleiter: Dr. Thomas Walter Tromm (kommissarisch)

Kurzdarstellung

Das ITES ist vollständig in den Forschungsbereich Energie der Helmholtz-Gemeinschaft integriert. Es befasst sich vorwiegend mit langfristig ausgerichteten Fragestellungen der Energietechnik, wobei die erneuerbaren Energien einen immer größer werdenden Raum einnehmen. Gleichzeitig werden aber auch für das Programm NUSAFE Arbeiten zur nuklearen Sicherheitsforschung durchgeführt. Die fachlichen Schwerpunkte liegen auf der Analyse und Beschreibung komplexer thermo-hydraulischer Transportvorgänge in Gasen, Flüssigkeiten und Feststoffen, incl. chemischer Reaktionen. Das Spektrum der Arbeiten beinhaltet z.B. das Verhalten von Mehrphasen-Strömungen, Flüssigmetallströmungen und von stationären Verbrennungsvorgängen bis hin zu Explosionen. Die Aufgaben sind dabei größtenteils anwendungsorientiert, umfassen aber auch Grundlagenuntersuchungen, die in der Fachwelt international

Anerkennung finden. Sie tragen ebenso maßgeblich zum KIT-Zentrum Energie bei. Folgende Themen werden bearbeitet:

Programm NUSAFE

In dem Programm 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.

Programm MTET

Flüssigmetalle werden als Hochtemperaturwärmeträgermedien, z.B. für konzentrierende Solarthermische Systeme als auch für Wärmespeicher Anwendungen untersucht. Darüber hinaus werden auch Systemlösungen mit Wasserstoff als Energiespeicher als auch die effiziente Nutzung geothermischer Energie mit modularen Niedertemperaturanlagen analysiert.

Programm ESD

Ziel ist die Verbesserung der Resilienz einzelner Infrastrukturen oder Infrastruktur-Systeme. Dazu werden Freiheitsgrade im Bereich des Designs kritischer Infrastrukturen (z.B. Versorgungsnetze) und im Bereich robuster und dynamischer Maßnahmenentwicklungen untersucht.

Programm FUSION

In der Kernfusions-Technologie werden MHD-Strömungen untersucht, die maßgeblich für die Entwicklung von Fusionsreaktor-Blankets sind.

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 Wissenschaftler/innen aus dem In- und Ausland wird Gelegenheit zur Mitarbeit an interessanten Entwicklungsaufgaben gegeben.

Strategische Ereignisse

Der ehemalige Institutsleiter ist 2019 in den Ruhestand getreten, zurzeit ist die Institutsleitung kommissarisch besetzt. Mit Blick auf die Neubesetzung der Institutsleitung ist eine Berufungskommission eingesetzt. Eine Nachfolge wird in dem Bereich wasserstoffbasierte Energiesysteme gesucht.

Längerfristige Kooperationen

In der Reaktorsicherheitsforschung

- EU-Projekt ESFR-SMART zur Verbesserung der Sicherheitseigenschaften von natriumgekühlten Reaktoren
- Kooperation mit SCK-CEN zur Beurteilung der geplanten Blei-Wismut gekühlten Anlage MYRRHA und des Beschleunigers im Rahmen von MINERVA.
- Erweiterung der Forschung zum nuklearen Notfallschutz auf den Schutz kritischer Infrastrukturen in Notfallsituationen im Rahmen des Portfoliothemas „Sicherheit“
- Drittmittelvertrag mit Framatome zur Finanzierung der Framatome Professional School
- Kooperation EuropeAid/JRODOS Asean Installation
- PASCAL: Proof Of Augmented Safety Conditions In Advanced Liquid-Metal cooled Systems

- PATRICIA: Partitioning And Transmuter Research Initiative in a Collaborative Innovation Action
- RADEKOR: Speziation und Transfer von Radionukliden im Menschen unter besonderer Berücksichtigung von Dekorporationsmitteln
- RadoNorm: Towards effective radiation protection based on improved scientific evidence and social considerations – focus on radon and NORM

In der Flüssigmetallforschung

- Magnetohydrodynamische Untersuchungen im Rahmen von Projekten für ITER, F4E, EUROfusion.
- Projekt DECAGAS zur Dekarbonisierung von Erdgas durch eine Flüssigmetall-Kolonne.
- Projekt NECOC, BMWI-Verbundprojekt zur Schaffung negativer Emissionen durch Auftrennung von atmosphärischen CO₂ in wirtschaftlich verwertbares Carbon Black und O₂; Teilvorhaben: Methanpyrolyse

In der Wasserstoffforschung

- Koordination des EU-Projekts NET-Tools zur Ausbildung in Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien.
- Hy-Tunnel: Operativer Beitrag zur Sicherheit von Wasserstoff in Tunneln und engen Räumen durch Schlüsselexperimente zur Bewertung der Angemessenheit bestehender Risikominderungs-techniken und -strategien.
- Kooperation mit ITBAR, Instituto Technico Buenos Aires, zur alkalischen Hochdruckelektrolyse

In der Geothermieforschung

- Projekt EvA-M, Evaluierung von Ausfällungsinhibitoren im Molassebecken
- MOBIFLOW: Mobile Strömungskalorimeter im Rahmen eines ZIM-Projektes.
- Kooperation mit ITBAR, Instituto Technico Buenos Aires: gemeinsame Blockvorlesungen für die Geothermie und Kraftwerkstechnik
- GIZ (Gesellschaft Internationale Zusammenarbeit) Projekt: Potentialstudien zu möglichen Geothermieprojekten in Argentinien
- Begleitendes Forschungsprojekt des DAAD: Digital Twin für die mobile Testanlage MONIKA für die standortabhängige Optimierung der geothermischen Kreisprozesse

In der Mobilitätsforschung

- Projekt NAMOSYN – Nachhaltige Mobilität durch synthetische Kraftstoffe

A.1.4.3.5 Institut für Mikrostrukturtechnik (IMT)

Leitende Personen

Institutsleiter: Prof. Dr. Jan G. Korvink

Kurzdarstellung / Zusammenfassung

Das IMT beteiligte sich im Jahr 2021 mit 75% des grundfinanzierten Personals im Forschungsbereich Information in den Programmen NACIP und MSE (ca. 45%) und der priorisierten Infrastruktur KNMFi (ca. 30%). Mit Beginn der PoF IV engagiert sich das IMT auch im Forschungsbereich Energy. Im Programm MTET arbeiten ca. 25% des grundfinanzierten Personals.

Allgemein

Das IMT forscht und entwickelt auf den Gebieten der Mikro- und Nanotechnologien und verfolgt dabei konsequent interdisziplinäre Systemansätze, verstärkt auch durch den Einsatz von NMR-Mikroskopie als übergeordnetes Fachgebiet. 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 entwickelt das Institut auch in angrenzenden Forschungsgebieten wie z. B. der Biotechnologie, der Datenübertragung in Echtzeit und Solarzellenforschung neuartige und anwendungsorientierte Bauteile und Baugruppen und stellt diese mit Hilfe seines umfangreichen Technologieportfolios auch in der Praxis her.

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 nachgelagerten Prozesstechnik, zur Verfügung. Verstärkt werden immer mehr 3D-Druckverfahren für verschiedenste Materialien mit Auflösungen im Nano- und Mikrometerbereich eingesetzt und erforscht.

Die gerätetechnische Infrastruktur hierfür befindet sich überwiegend im ca. 600 m² großen Reinraumbereich des Institutes. Auf Seiten der Prüfverfahren ragen bildgebende und spektroskopische Kernspinalanalysen (NMR) sowie topographische Oberflächenanalysen mittels Rasterkraftmikroskopie heraus. Die beschriebenen Arbeiten fundieren auf theoretischen und durch Simulationen beschriebenen Designstudien und Designoptimierungen.

Die technische Infrastruktur des Instituts und das Know-how seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter 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 ACTPHAST 4.0, Actphast 4R und der Industrie angeboten. Die Aktivitäten in den Themen Teratronik, Photonik, Röntgenoptik und Solarzellenforschung der dritten Generation sind eng eingebunden in die Karlsruhe School of Optics and Photonics (KSOP).

Mikrofluidische (Bio-)Sensorsysteme nehmen eine wichtige Stellung bei den am IMT entwickelten Mikrosystemen ein. Mit Hilfe einer optimierten Hydrogelbeschichtung kann die unspezifische Proteinadsorption auf SAW-Resonatoren soweit unterdrückt werden, dass damit nun auch die physikalischen Eigenschaften von Milchproben als Summenparameter bestimmt werden können. In einem neu eingeworbenen ZIM-Projekt wird, gemeinsam mit einem Firmpartner, eine innovative Titanlegierung zur additiven, massentauglichen Herstellung von mikrotechnisch optimierten Zahnimplantat-Komponenten mittels selektivem Laser-Sinter-3D-Druck zur Marktreife gebracht.

Durch die Modifikation eines nano3D-Druckers in der Art eines Industrieroboters ist es inzwischen möglich posttranslational veränderte Aminosäuren für eine verbesserte parallelisierte Diagnostik in hochdichte Peptidarrays einzubauen. In einem Future Field Projekt zur Vorbereitung möglichen zukünftigen Forschungsfeldern wird diese Technik aber auch für die Synthese von neuen Materialien oder von Katalysatoren zur Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie eingesetzt.

Eine weitere Einsatzmöglichkeit hochdichter Peptidarrays ergibt sich durch die Kombination mit einer Hochdurchsatz-Ausleseseinheit mit ToF-SIMS im Arrayformat zu einer neuartigen Screening-Methode für die Suche nach Peptid-basierten Fängermolekülen für niedermolekulare Verbindungen. Mit der „Combinatorial Fusion Cascade“, wurde ein auf den Prozessen der pre-biotischen Chemie basierende Technik entwickelt, die in selbstorganisierenden Stoffkreisläufen eingesetzt werden kann.

Eine andere Art sich durch Prozesse der Natur inspirieren zu lassen ist die Biomimetik. Zum Beispiel dienen die Schuppen von Schlangen und Sandfischen als Vorbild für die Entwicklung von neuartigen mikrostrukturierten Oberflächen, welche die effiziente Reinigung von Photovoltaikmodulen ohne Wasser in Wüsten ermöglichen sollen. Die dazu notwendigen großen Oberflächen können kostengünstig im Roll-to-Roll Verfahren in Kunststoff geprägt werden. Eine Möglichkeit die Walzen mit einer mikrostrukturierten Oberfläche zu versehen ist die mehrfache galvanische Kopie von Shims im Nickel-auf-Nickel-Verfahren. Um eine möglichst große Palette an Kunststoffen für dieses Verfahren nutzen zu können, wird die Anlage mit einem Folienextruder kombiniert, für den systematisch neue Werkzeugkonzepte erarbeitet wurden. Durch die Verwendung von Formgedächtnispolymeren in der Kunststoffreplikation ist man in der Lage eine mehrlinisige, dreidimensionale optische Faserkopplung für die Datenübertragung herzustellen.

Im Rahmen des Exzellenzclusters 3DMM2O konnte eine Vielzahl neuer Strukturen und Materialien erzeugt und getestet werden. Hervorzuheben ist die Herstellung unterschiedlicher kohlenstoffbasierter Strukturen. Die Anwendungen reichen von der Kontrolle der Porosität für Biosensoren, bis hin zu 3D-gedruckten Mikrostrukturen als Zellgerüste. Mittels Elektrosponnen konnten Strukturen mit Aspektverhältnissen von über 150:1 direkt additiv erzeugt werden.

Auf dem Gebiet der Mikro-Nanoaktortik koordiniert das IMT das DFG-Schwerpunktprogramm „KOMMMA“. In dessen Rahmen wurden gestaltoptimierte Nanoaktoren mit homogener Temperaturverteilung entwickelt, die eine 35 % Reduktion des Leistungsverbrauchs und eine Steigerung des Aktorhubs um den Faktor zwei zeigen. Thermomagnetische Mikrogeneratoren zur Energiewandlung von Abwärme konnten erstmals auf der Basis 3D-gedruckter Ni-Mn-Ga Schichten realisiert und mit einer Leistungsdichte von 25 mW/cm³ betrieben werden. Mit maßgeschneiderten Gummi-Dünnschichten aus synthetischen Polyisopren-Schichten können durch elastokalorische Kühlung Temperaturänderungen von bis zu 16 K erzielt werden.

Die Arbeiten im Bereich Nanophotonik und Teratronik wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Photonik und Quantenelektronik (IPQ) durchgeführt. Auf dem Gebiet der integrierten Optik wurde die Ko-Integration von Silizium-Nanowellenleitern und plasmonischen Strukturen mit organischen elektrooptischen Materialien vertieft. Das Design ermöglicht eine signifikante Reduktion des π -Spannungs-Verlust-Produktes und eine höhere Effizienz. Diese Entwicklung ist ein wichtiger Schritt zum praktischen Einsatz von POH-Modulatoren, was neue technologische Perspektiven für die ultra-breitbandige Datenübertragung in zukünftigen Mobilfunknetzen der sechsten Generation (6G) eröffnet. Entscheidenden Anteil an diesem Fortschritt hat die am IMT auf Basis von Elektronikstrahlolithographie aufgebaute hauseigene Bauteiltechnologie.

Die ersten refraktiven Röntgenlinsen aus durch spezielle Düsen gepresstem Wasser wurden optisch charakterisiert. Ebenfalls eine komplette Neuentwicklung ist eine ferngesteuerte refraktive Röntgenzoomlinse, die am IMT entwickelt und erfolgreich getestet wurde. Im Experiment gelang es die Brennweite in sehr kleinen Schritten von etwa 0,03% der Brennweite einzustellen.

Eine Kontrasterhöhung in der klassischen Röntgen-Computertomographie (CT) kann durch Messung der Kleinwinkelstreuung erzielt werden. Dazu wurde ein Interferometer bei unserem Partner an der TU München in eine klinische CT-Gantry integriert.

Für die korrelative Röntgenbildgebung werden maßgeschneiderten Werkzeuge wie optische Elemente und polymerbasierte Verbundwerkstoffe als Testphantome entwickelt sowie Charakterisierungsmethoden für zeitaufgelöste Multikontrast-Einzelaufnahmen erforscht. Wichtige Komponenten dafür sind invertierte Hartmann-Masken, die aufgrund des schwach absorbierenden Substrats eine hohe Transparenz bieten und sich leicht auf ein großes Sichtfeld skalieren lassen. Für deren Herstellung wurde eine UV-Liga-Prozesskette aufgebaut.

Mit der Inbetriebnahme des 15 T Magneten für High-Throughput-NMR und dem Aufbau des Correl Lab, wo gleichzeitig Proben mit Röntgen- und Kernspinresonanztechnologien charakterisiert werden können, sowie den im ERC-Projekt „HiScore“ geplanten Arbeiten, nimmt die NMR-Forschung jetzt eine führende Stellung im KIT ein.

Die Analytik im Magnetresonanzverfahren kann wesentlich verbessert werden, wenn Para-Wasserstoff ($p\text{-H}_2$), mittels Austauschreaktionen konventionellen Wasserstoff in Substraten ersetzt. Dazu wurde ein Gas-Flüssig-Kontaktor entwickelt und damit im Niederfeld-NMR (80 MHz) die Sensitivität um drei Größenordnungen gesteigert. Eine wesentliche Erweiterung der Analysemöglichkeiten im Durchflussverfahren ergibt sich durch die Herstellung eines Mikrostrukturapparates aus hochfester Aluminiumoxid-Keramik. Damit lassen sich Analysen in konventionellen Hochfeld-NMR-Systemen bei Betriebsdrücken von bis zu 25 bar und gleichzeitig Temperaturen von bis zu 400°C durchführen.

Ebenfalls eine erhebliche Steigerung der Sensitivität konnte mit einer sequenziellen zweiphasigen Probenströmung erzielt werden. Dazu flossen Erkenntnissen aus bi-phasigen mikrofluidischen (Bio-)Sensorsystemen erfolgreich in die Verbesserung neuer NMR-Probenahmetechniken ein. Ein neuentwickelter Detektor synchronisiert die NMR-Messroutine mit den ankommenden Probe-Pulsationen.

Damit korrelative NMR- und elektrochemische Experimente gleichzeitig durchgeführt werden können, ist es notwendig, dass der Versuchsaufbau und Hochfeld-Mikro-NMR-Spektroskopie sich nicht gegenseitig stören. Mit der parallelen NMR-Überwachung der Reaktionskinetik von drei verschiedenen Enzymen, die in einem mehrschichtigen Hydrogel immobilisiert sind, konnte diese Kompatibilität demonstriert werden.

Auch im Bereich der NMR-Hardware-Entwicklung wurden Fortschritte erzielt. Es wurde erstmals gezeigt, wie Deep Learning eingesetzt werden kann, um das Magnet-Shimming-Problem zu lösen. Der Beweis, wie man mikroskalige NMR-Magnete entwerfen und konstruieren kann, wurde erbracht und gezeigt, wie der durchschnittliche Fluss in Proben mittels NMR bei niedrigen Feldern gemessen werden kann. Über den Ansatz der parallelen Spektroskopie ist es gelungen, das erste NMR-Array mit vier Spulen und integriertem lokalisierten Shimming-System zu bauen.

Sollen NMR-Spektren von mehreren Kernen gleichzeitig zu erfassen, werden Breitbanddetektoren benötigt. Die Entwicklung zweier unterschiedlicher Designs, spiralförmige planare Mikrospulengeometrie bzw. einer auf Stripline basierenden Geometrie, ermöglicht die flexible Anpassung auf unterschiedliche Arten von Proben.

Im Hinblick auf die Automatisierung von Messungen wurde ein NMR-Gerät mit integrierten Probensensorelementen validiert, das den Probendurchsatz um den Faktor 50 erhöhte.

Die Abteilung "Nanophotonics for Energy" beschäftigt sich im Wesentlichen mit der Materialentwicklung zur Energieerzeugung durch Solarzellen, aber auch mit lumineszenten Materialien auch für neuartige Anwendungen.

Insbesondere Perowskite sind für die Photovoltaik der Zukunft die große Hoffnung. Materialien, Bauelementen und skalierbaren Herstellungsverfahren stehen im Zentrum der Forschungsstrategie am IMT. Erfolge gab es 2021 beim Passivierungsverfahren für hocheffizienter Perowskit-Top-Solarzellen, der Herstellung vollständig vakuumprozessierter Perowskit-Solarmodule und der 2D-Strukturierung von Perowskit-Halbleiterschichten. Zudem wurde die am KIT entwickelte Simulationsplattform „EYCalc“ zur Berechnung des Energieertrags von Perowskit-Tandem-solarzellen unter realen Bedingungen weiterentwickelt und erfolgreich als open source Software veröffentlicht. Grundlegende Erkenntnisse auf dem Gebiet der Photo-physik von Perowskiten konnten mit dem Verständnis der Dynamik angeregter Zustände von 2- und 3D-Perowskiten gewonnen werden.

Bei der Entwicklung lumineszenter Materialien gab es Erfolge bei der Synthese von Materialien, die im Infrarotbereich, eine Lumineszenz zwischen 1 μm und 2 μm aufweisen. Außerdem wurde eine neue Methode für die Synthese von Upconversion-Leuchtstoffen entwickelt. Als Einsatzmöglichkeit neben der Kunststoffanalyse ist auch Fälschungsschutz auf der Grundlage persistenter Leuchtstoffe möglich.

In Zusammenarbeit mit der Gruppe Elektronenmikroskopie für Materialwissenschaften (E-MAT) an der Universität Antwerpen (Belgien) konnte mit Hilfe eines aberrationskorrigierten Rastertransmissionselektronenmikroskops zum ersten Mal die Organisation einzelner aufwärtswandelnder Nanokristalle auf atomarer Ebene aufgezeigt werden

Am IMT waren am 31. Dezember 2021 insgesamt 167 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen beschäftigt, davon 77 einnahme- bzw. sonderfinanzierte Mitarbeitende, 65 Promovierende des IMT. Hinzu kommen ohne einen Arbeitsvertrag des KIT 8 Promovierende mit einem Stipendium ihres Herkunftslandes oder einem DAAD-Stipendium. Des Weiteren sind am IMT 8 Mitarbeitende beschäftigt, die über den Universitätsbereich finanziert sind; hiervon ist nur noch einer einnahme-finanziert. Es besuchten 4 Gastwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler das IMT. Im Jahr 2021 wurden 10 Doktorprüfungen abgelegt und 34 Studierende schlossen ihre Master- oder Bachelorarbeit am IMT ab. Es wurden 6 Praktikumsarbeiten am IMT durchgeführt.

Strategische Ereignisse

Dank vieler vorbereitender Maßnahmen der auslaufenden Programme BIFTM und STN klappte der Übergang von der PoF III zur PoF IV gut. Durch die Nutzung vieler gemeinsamer Techniken und Methoden sind die Arbeiten in den beiden Forschungsbereichen Energie und Information eng verbunden und es ergeben sich starke Synergieeffekte.

Im April 2021 startete das Projekt HiScore, das über einen ERC-Synergy Grant gefördert wird, den Prof. Dr. Jan Korvink zusammen mit drei weiteren Forschern aus Paris, Eindhoven und Karlsruhe einwerben konnte. HiScore wird mit insgesamt 14 Mio. Euro gefördert.

Durch Sonderinvestmittel des KIT in Höhe von 1,2 Mio. Euro konnten neue Geräte für die Projekte „Kombinatorische Bauelemententwicklung“ und „Parallelized X-Ray based characterization cluster“ angeschafft werden. Bei den über die HGF-Initiative „Innopool“ geförderten Projekten „Virtmat“ und „MDMC“ ist das IMT beteiligt.

Die Bauarbeiten für den Aufbau des korrelativen Röntgen- und NMR-Labors „CORREL Lab“, konnten 2021 abgeschlossen werden.

Die erfolgreiche Evaluation des SFB Antrags „HyPERiON“ und die Aufforderung zur Vollantragstellung ist eine Bestätigung für die Bedeutung der Kernspinresonanzforschung am KIT und die zentrale Rolle des IMT.

Der Erfolg des IMT ist mit der Arbeit von vielen Personen verbunden. Für die Sichtbarkeit nach außen sorgen Preise, Auszeichnungen und Berufungen. Im Bereich der Lehre erhielt Frau Leona Schmidt-Speicher für Ihre Masterarbeit den Erna-Scheffler-Preis für herausragende Wissenschaftlerinnen.

Die Entwicklung von wissenschaftlichem Nachwuchs in der Post-Doc Phase ist dem IMT ein großes Anliegen. Die Bemühungen exzellente Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler ans IMT zu holen wurden mit dem doppelten Erfolg bei der Auswahl von Frau Dr. Jingyuan Xu und Herrn Dr. Sören Lehmkuhl im YIG-PrepPro Verfahren belohnt.

Mit dem erfolgreichen Abschluss des Berufungsverfahrens der mit einer Tenure-Track-Option ausgestatteten W1 Professur „Next Generation Photovoltaics“ konnte Tenure-Track-Prof. Dr. Ulrich Paetzold langfristig ans IMT gebunden werden. In zwei Berufungsverfahren, mit der zwei exzellente internationale Wissenschaftlerinnen über eine zusätzliche HGF- Finanzierung ans IMT kommen können, hat das KIT Rufe erteilt.

Über ein „International Excellence Fellowship“ des KIT konnte Prof. Dr. Marcel Utz von der University of Southampton seine Forschungsarbeiten für vier Monate am IMT durchführen und die Basis für weitere gemeinsame Projekte legen.

Ein Erfolgsindikator der Forschung ist die Einwerbung von zusatzfinanzierten Projekten. Über 6 Mio. Euro Fördermittel bedeuten mehr als 50 %-der grundfinanzierten Forschung und ermöglichen auch die Finanzierung der Institutsinfrastruktur, für die das Basisbudget alleine nicht ausreicht.

Dass im Bereich der Medizintechnik ein EXIST-Förderprojekt von 1 Mio. Euro für eine Ausgründung eingeworben werden konnte, zeigt auch, dass das Thema Innovation bei den Mitarbeitern von großer Bedeutung ist.

Längerfristige Kooperationen

Mit mehreren Universitäten pflegen wir schon seit Jahren einen intensiven Austausch mit gemeinsamen Projekten (z.T. auch über KNMFi). Einige der Wissenschaftler kommen in regelmäßigen Abständen zu Gastaufenthalten ans IMT.

- Tohoku Universität Sendai (Prof. Dr. Atsushi Momose) im Rahmen des HyReXPhi-Projektes
- Kyoto University (Prof. Dr. Osamu Tabata) im Rahmen der HeKKSaGoN Kooperation
- Universidade Federal do Rio de Janeiro (Prof. Dr. Mauro Carvalho)
- Ecole Nationale Supérieure de Paris (ENS) (Prof. Geoffrey Bodenhauser innerhalb der europäischen NMR-Initiative
- Universität Madrid (Universidad Politécnica Madrid), Prof. Dr. Andrés Díaz Lantada
- Freie Universität Brüssel und ca. 20 weitere europäische Universitäten im Rahmen der KNMFi
- EPFL Lausanne (Prof. Dr. Tobias Kippenberg)
- Technische Universität Dresden über die Honorarprofessur von Prof. Dr. Jürgen Brandner
- Université de Strasbourg über das von EuriDoc geförderte Graduiertenkolleg

Das IMT pflegt langjährige Firmenkontakte, die von der direkten Auftragsforschung, über geförderte Technologietransferprojekte bis hin zu Vertriebspartner reicht, die unsere Technologie in der Welt zu vermarkten helfe.

- Fa. BASF im Rahmen gemeinsamer Entwicklungsarbeiten gemeinsam mit anderen Partnern
- Fa. Polysecure (Freiburg) im Rahmen eines seit 2015 laufenden Technologietransferprojektes
- Fa. Asicon, als Vertriebspartner für Röntgenlinsen in Japan

Das IMT ist eng mit vielen Forschungs- und Innovationsplattformen verbunden, um sich mit Partnern auf strategischen Feldern gemeinsam zu präsentieren.

- Innovationlab Heidelberg, Entwicklungen für gedruckte Elektronik
- ACTPHAST – Europäische Anwenderplattform für Photonik
- CSIR -Council for Scientific and Industrial Research

A.1.4.3.6 Institut für Nukleare Entsorgung (INE)

Leitende Personen

Institutsleiter: Prof. Dr. Horst Geckeis

Kurzdarstellung

Die FuE-Arbeiten des INE sind vorwiegend in das Programm NUSAFE eingebunden. Darüber hinaus ist das INE am Programm MTET beteiligt. Das INE befasst sich in seinen Abteilungen „Endlagersysteme/-komponenten“, „Radiochemie“, „Radionuklidspeziation“ und „Rückbau kerntechnischer Anlagen“ mit Fragen der Sicherheitsforschung zur Endlagerung radioaktiver Abfallstoffe und dem sicheren Rückbau kerntechnischer Anlagen. Der Schwerpunkt der Arbeiten des Instituts liegt im Unterschied zu anderen mit der Endlagersicherheit befassten Institutionen in Deutschland auf radio-/geochemischen Bestandteilen eines Langzeitsicherheitsnachweises für ein Endlager. Die Arbeiten konzentrieren sich auf die Endlagerung Wärme entwickelnder hochradioaktiver Abfälle aus der Kernenergienutzung (abgebrannte Kernbrennstoffe und verglaste Abfälle aus der Wiederaufarbeitung) in Salz-, Ton- und Hartgesteinsformationen. Darüber hinaus werden Fragen zur Endlagerung schwach- und mittelaktiver Abfälle behandelt. Im Mittelpunkt der Arbeiten stehen die Actiniden und langlebigen Spalt- und Aktivierungsprodukte, die über lange Zeiträume die Radiotoxizität hochradioaktiver Abfälle bestimmen. Im Rahmen des in Deutschland neu gestarteten Auswahlverfahrens für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle in tiefen geologischen Formationen stellen sich Fragen nach einem wissenschaftlichen Vergleich von Endlagerwirtsgesteinen und demzufolge auch von wirtsgesteinsspezifischen Endlagerkonzepten. Hierbei existieren noch Lücken bei den notwendigen Kenntnissen für einen Sicherheitsnachweis über den geforderten langen Zeitraum von einer Million Jahren. Im INE werden grundlegende und anwendungsorientierte Untersuchungen zur möglichen Freisetzung von Radionukliden aus einem Endlager und deren Rückhaltung sowie zum Transport in der Geosphäre durchgeführt. Die Forschungsarbeiten im Rahmen des kerntechnischen Rückbaus fokussieren auf die Verringerung von Sekundärabfällen sowie der Standardisierung von Rückbauverfahren und der Optimierung des Strahlenschutzes.

Das INE baut seine Kompetenzen zu Fragen der Geoenergie, wie z.B. der Charakterisierung von Georeservoirs und der Entwicklung geothermischer Nutzungskonzepte, kontinuierlich aus. Hierbei wird die langjährige geochemische Expertise des Instituts beispielsweise zur Aufklärung und Minimierung von Sekundärphasenbildung in Geothermiewasserkreisläufen unter Beteiligung natürlicher Radionuklide (NORM) genutzt. Ergänzt durch weitere geowissenschaftliche Kompetenzen in Geophysik und Modellierung adressiert das INE Fragestellungen im Zusammenhang mit einer umfassenden und nachhaltigen Nutzung der Tiefenwässer und Reservoirs.

Neben diesen wissenschaftlichen Schwerpunkten stellt sich das INE der Herausforderung, Know-how und Kompetenzen in der Radiochemie zu erhalten und weiter zu entwickeln. Dies

erfolgt durch Vorlesungen und Praktika am KIT und der Universität Heidelberg sowie durch Lehrveranstaltungen an den Universitäten Straßburg und Darmstadt sowie im Rahmen von Doktor- und Studienarbeiten.

Endlagersysteme/-komponenten: Im Berichtsjahr wurden experimentelle Untersuchungen zu chemischen Wechselwirkungen zwischen Kernbrennstofftabletten und Hüllrohren von hochradioaktiven Brennstabsegmenten durchgeführt. Hierbei wurden abgebrannte UO₂- und MOX-Brennstoffproben mittels Fernhantierungstechnik in der „Abgeschirmten Boxenlinie“ des INE analysiert und in Teilproben zerlegt, die für weiterführende chemische, mikroskopische und spektroskopische Analysen verwendet wurden. Durch verschiedene komplementäre Analysemethoden wurden halogenhaltige Festphasen, unter anderem bestehend aus den Elementen Chlor und Iod, an den Hüllrohrinnenseiten identifiziert und mittels mikroskopischer sowie spektroskopischer Methoden analysiert. Im Rahmen dieser Experimente wurden erstmalig bestrahlte Kernbrennstoff- und Hüllrohrproben auf ihre Cl-K-Kanten sowie I-K-Kanten mittels Röntgenabsorptionsspektroskopie untersucht, wobei Iod-haltige Verbindungen mit struktureller Ähnlichkeit zu CsI und einer bis dato zu identifizierenden Chlor-haltigen Verbindung definiert werden konnten. Darüber hinaus wurden chemische Analysen an Brennstoff- und Hüllrohrproben durchgeführt, um die unter Endlagerbedingungen relativ mobilen Radionuklide Cl-36 und I-129 in abgebrannten Kernbrennstoffen selektiv zu separieren und anschließend zu quantifizieren. Hierbei konnte eine Anreicherung von I-129 an der peripheren Grenzfläche zwischen Kernbrennstoff und Hüllrohr nachgewiesen werden, welche möglicherweise auf einen Transportprozess des Radionuklids, bedingt durch den thermischen Gradienten zwischen Tablettenzentrum und dem auf Grund des Kontakts mit dem Kühlwasser kälteren Hüllrohr zurückzuführen sein kann. Des Weiteren wurden quantitative Analysen zum Vorkommen von Cl-36 in den untersuchten Brennstabsegmenten durchgeführt.

Radiochemie: Zement-basierte Materialien werden im Rahmen der Errichtung eines Endlagers für nukleare Abfälle in vielfältiger Weise eingesetzt. Im Fall von Wassereintritt generieren Zement-basierte Materialien über verschiedene Degradationsprozesse spezifische (geo)chemische Randbedingungen, die sich insbesondere durch sehr hohe pH-Werte und das Vorliegen diverser Zementphasen auszeichnen. Forschungsarbeiten zum Verhalten von Radionukliden in solchen Systemen fokussieren auf die Analyse von Radionuklidlöslichkeit und Speziation bzw. der Wechselwirkung von Radionukliden mit Organik, sowie auf die Retention von Radionukliden an den Zement-Festphasen. Aktuell ist das INE innerhalb des europäischen EURAD-CORI-Projekts als Koordinator mit der Durchführung eines umfassenden Forschungsprojekts zu Wechselwirkungen im System Zement-Organik-Radionuklide involviert. Weitere Forschungsarbeiten des INE erfolgen im Rahmen des BMWK-finanzierten GRAZ Verbundprojekts oder in bilateralen Kooperationen, z.B. mit der belgischen Ondraf-Niras zur Retention von Niob oder der schwedischen SKB zur Relevanz von spezifischen Organika hinsichtlich Radionuklidrückhaltung.

Radionuklidspeziation: Die in jüngster Zeit zunehmend in den Fokus der Arbeiten am INE gerückte hochauflösende Röntgenemissionsspektroskopie mit Synchrotronstrahlung (HR-XANES) hat sich als äußerst leistungsfähig zur Untersuchung der Oxidationsstufen von Actiniden erwiesen. Zum weltweit ersten Mal wurden an der KIT Light Source HR-XANES-Messungen an der M5-Kante des Actinid-Elements Neptunium (Np) durchgeführt. Bei der Untersuchung der Sorption von Np-Kationen auf dem Tonmineral Illit war es möglich, den Konzentrationsbereich für diese Speziationsmethode bis zu ca. 1 µg Np/g Illite (entsprechend ca. 1 ppm) zu reduzieren. Eine zu diesem Zweck entwickelte kryogenische Probenhalterung ermöglichte es, die Proben temperatur während der Röntgenbestrahlung an der CAT-ACT-Beamline auf 141.2 ± 1.5 K zu stabilisieren und somit strahlungsinduzierte Änderungen der Oxidationsstufe der

Np-Kationen auszuschließen. Die durchgeführten Messungen ebnen den Weg für die systematische Untersuchung von Redox-Prozessen von Actiniden an Mineraloberflächen mittels der HR-XANES Technik.

Rückbau: Im Berichtszeitraum stand weiterhin die Dekontamination im Fokus. Hierfür spielen die Bereiche Automatisierung und Robotik eine immer größere Rolle. Die Ziele Standardisierung, Leistungssteigerung und Automatisierungsgraderhöhung des Rückbaus wurden weiterhin verfolgt, immer auch mit dem Ziel, Mensch und Umwelt zu schützen. Hierfür wurden verschiedene Verfahren und Technologien für die gesamte Dekontaminationskette erarbeitet und weiterentwickelt (z.B. bzgl. ergonomischem Oberflächenabtrag, automatisierter Rissüberfräsung und automatisiertem Inspektionssystem für Fassgebäude). Weithin beschäftigen sich die Forschungsarbeiten mit Anwendungen für erweiterte Stilllegungsprozesse und mit dem Einsatz von Building Information Modeling (BIM) im Rückbau.

Geoenergie: Die Forschung des INE auf dem Gebiet der Geoenergie behandelt verschiedene Aspekte einer umweltfreundlichen Nutzung der Geothermie. Dabei steht der Umgang mit mineralischen Ablagerungen (mit NORM) und induzierter Seismizität im Vordergrund. Zu letzterer installiert das INE im Rahmen der Exzellenzuniversität derzeit den Versuchsstand „Rock-BlockEx“, der ein vertieftes Verständnis von Bruchprozessen und deren Überwachung ermöglichen soll. Dieser Teststand steht im Zusammenhang mit Vorexperimenten zum geplanten geothermischen Untertagelabor „GeoLaB“, welches ab 2023 die Skalenlücke zwischen Labor- und Reservoirskala schließen soll. Die Thematik der mineralischen Ablagerungen soll zukünftig in „DeepStor“, einer Helmholtz-Forschungsinfrastruktur zur Hochtemperatur-Wärmespeicherung adressiert werden. „DeepStor“ beinhaltet eine Überwachungs- und eine experimentelle Testbohrung, in der Injektions- und Produktionstests zur Wärmespeicherung bis zu 140°C durchgeführt werden sollen. Dazu wurde im Berichtsjahr im GEOTex-Projekt eine umfangreiche Erkundung des Untergrundes anhand von seismischen und Bohrlochdaten abgeschlossen und eine Bohrplanung erarbeitet. Im Rahmen des VESTA-Projektes arbeitet das INE derzeit an einem Reservoirmodell, welches über Methoden der künstlichen Intelligenz Zonen hoher Speicherkapazität identifizieren soll.

Strategische Ereignisse

HOVER (Helmholtz Forschungs- und Versuchsplattform zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und zum Rückbau kerntechnischer Anlagen): Die Realisierung der Forschungsinfrastruktur ist im Berichtsjahr weit fortgeschritten. Der Großteil der Anlagen wird 2022 in Betrieb gehen.

Erfolgreiche Einwerbung ERC-Grant „The Actinide Bond“: Durch die Kombination modernster hochauflösender XAFS-Techniken und fortschrittlicher quantenchemischer Methoden eröffnet dieses Projekt neue Perspektiven für die international herausragende Grundlagenforschung zu Actiniden und anderen Radionukliden am INE.

Standortauswahlverfahren: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des INE haben im Berichtsjahr an mehreren Veranstaltungen teilgenommen, um mit der interessierten Öffentlichkeit und wichtigen institutionellen Akteuren Optionen und Fakten zur Entsorgung von hochradioaktiven Abfällen zu diskutieren.

Längerfristige Kooperationen

Industrie: KTE GmbH, EnBW, KAH GmbH (Deutschland), SKB (Schweden), ONDRAF/NIRAS (Belgien), POSIVA (Finnland), NAGRA (Schweiz).

Hochschulen:

National: Heidelberg, Erlangen, Mainz, Frankfurt, Jena, Berlin, München, Hannover, Clausthal, Braunschweig, Freiberg, Bonn, Dresden, Darmstadt.

International: Delft (Niederlande), KTH, Uppsala, CHALMERS (Schweden), École de Mines, Mulhouse, Strasbourg (Frankreich), Kyoto (Japan), Manchester, Edinburgh, Reading (Großbritannien), Agadir (Marokko), Cyprus (Zypern), Padova (Italien), Yonsei Univ. Seoul (Korea), Universitat Politècnica de Catalunya, Málaga, Oviedo, Padua (Spanien), Ben-Gurion University of the Negev (Israel), Wroclaw (Polen), Szeged (Ungarn), Helsinki (Finnland), Kopenhagen (Dänemark), Zagreb (Kroatien), Chicago, Washington (USA), Liège (Belgien).

Außeruniversitäre Einrichtungen:

National: HZDR, FZJ, GFZ, UFZ, BGE, BGE Technology, BGR, GRS, Öko-Institut, IfG.

International: KAERI, KAIST (Korea), CNWRA, LANL, Sandia NL, USTUR, DOE (USA), IST/ITN (Portugal), CEA Marcoule/Cadarache, BRGM, ANDRA (Frankreich), Amphos21 (Spanien), JRC Karlsruhe (EU), PSI, Grimsel Test Site (Schweiz), Untertagelabor Äspö (Schweden), SCK/CEN (Belgien).

Internationale Organisationen: EU, IAEA, OECD-NEA.

A.1.4.3.7 Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR)

Leitende Personen

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Robert Stieglitz

Kurzdarstellung

Das INR beteiligt sich an den Helmholtz-Energieprogrammen FUSION, Nukleare Entsorgung und Sicherheit (NUSAFE), Materialien und Technologien für die Energiewende (MTET). Die Schwerpunkte beinhalten:

- 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 γ -detektoren auf Halbleiterbasis für unterschiedlichste Anwendungen von der Medizintechnik bis hin zu Beschleunigern.
- Entwicklung, Anwendung und Validierung von Multiphysik- und Multiskalenkopplungsmethoden zur Berechnung nichtlinearer Systeme für Neutronenphysik/Thermohydraulik, Thermodynamik/Festigkeitsmechanik sowie Fluid-Struktur-Interaktion. Dies beinhaltet ausgehend von den Grundlagen, auch die Entwicklung von Komponenten einschließlich der Simulation von Kraftwerken (für Fusions-, Kern- und Solarkraftwerke inklusive sicherheitstechnischer Analysen).
- Optimierung energietechnischer Komponenten mit für Hochtemperaturanwendungen (Receiver, therm. Speicher) mit Hilfe neuer/verbesserter Instrumentierungsverfahren, gestützt durch Experimente, in Fluiden (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.

Organisation des INR

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. Frederik Arbeiter), Plasmanähe Komponenten (Dr. Lorenzo Boccaccini), Fusionsneutronik und Kerndaten (Dr. Dieter Leichtle), Systemdynamik & Sicherheit (Dr. Wolfgang Hering), Leichtwasserreaktor-Methoden & Analysen (Dr. Victor Hugo Sanchez Espinoza). Alle Expertengruppen sind in die Lehre über Vorlesungen, Übungen bzw. akademische Arbeiten in die KIT-Fakultät Maschinenbau eingebunden.

Strategische Ereignisse

FUSION

- Koordination des europäischen Brutblanket-Arbeitspaketes im Projekt EUROfusion (EUROfusion), sowie Koordination der Neutronik und Kerndatenentwicklung (EUROfusion).
- Federführende Mitarbeit in weiteren EUROfusions-Arbeitspaketen: WPBB-Brutblanketentwicklung und -qualifizierung (heliumgekühltes Blanket, Heliumkreislaufauslegung), WPSAE-Sicherheit künftiger Fusionsreaktoren (Einschluss, Sicherheitsarchitektur, Sicherheitsnachweise), WPBOP-Balance of Plant – Kraftwerksauslegung und transientes Verhalten eines Fusionskraftwerks; WPENS-Europäische Neutronenquelle zur Materialbestrahlung.
- 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 aus Neutronik, Elektromagnetik, Thermohydraulik/Festigkeitsmechanik, vereinfachter Plasmabeschreibung zur Designanalyse von Bauteilen) gemeinsam mit UKAEA.
- Bereitstellung von Modellen zur Wasserstoffdiffusion in Strukturmaterialien und deren experimentelle Validierung (Q-Pete).
- Erfolgreiche Durchführung von Experimenten für die Erste-Wand-Komponenten eines Fusionssystems, sowie von Divertormodulen mit Wolframkompositen.

NUSAFE

- Weiterentwicklung von Unterkanal- (Subchanflow) und Zweiphasencodes (Two-PhaseFlow) und Bereitstellung für externe Partner
- Validierung und Weiterentwicklung von high-fidelity Multiphysik-Methoden zur direkten Ermittlung von Sicherheitsparametern in Reaktorsystemen wie LWR, SMRs (Serpent/SubChanflow, Serpent2/Subchanflow/Transuranus)
- Entwicklung und Validierung von multiskaligen Thermohydraulik-Methoden zur verbesserten Beschreibung der 3D Thermohydraulik im Kern und Kreisläufen von Kernkraftwerken wie LWR und SMRs z.B. TRACE/Subchanflow, TRACE/CFD.
- Beteiligung an laufenden EU-Programmen (MUSA, SESAME, ESNII+, ESFR-Smart) zu Fragestellungen der Sicherheit von Kernreaktoren bei Betrieb und schweren Störfällen. Koordination McSafer (Grant Agreement ID: 945063, 4 Mio. Euro), Beteiligung an neuen H2020 Projekten: PUMMA, PATRICIA, CAMIVVER.
- BMWi-Vorhaben (u. a. WAME).

MTET

- Erfolgreiche Testreihen zur Werkstoffqualifizierung in HEMAT – bis 620°C, Experimente zur Wärmeübergangsverbesserung in Rohren mit Innenstrukturierung (Patent-anmeldung).
- Abschluss der Planung einer Wärme-Kälte-Speicher Infrastruktur HyPStA, Erwerb erster Komponenten, Aufbau der Infrastruktur (Container).
- Betriebsaufnahme der AEROLAS-Anlage (Wärmeübergang an strukturierten Oberflächen) mit DFG- Förderung (Personal, Sachmittelgewährung).
- Entwicklung innovativer additiver Fertigungsverfahren und Verifizierung an Mockups für solarthermische Receiver.
- Erfolgreicher Versuchsbetrieb der Gallium-Versuchsanlage DITEFA.

Längerfristige Kooperationen

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)
- Fusion for Energy (F4E), Barcelona
- ITER Organisation
- ESS (Schweden), CERN (Genf), ILL (Frankreich)

Außereuropäisch

- Japan: NRA (Genehmigungsbehörde), JAEA-Broader Approach Agreements,
- USA: Department of Energy (DOE, USA), INL, ANL sowie ORNL,
- Russland: IPPE (Obninsk)
- China: CAS (Chinese Academy of Sciences- FDS)

Behörden und technische Sachverständigenorganisationen (TSO)

- Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS-Deutschland).
- KIT/IRSN (Frankreich) Kooperation in Reaktorsicherheit (Weiterentwicklung und Validierung von ASTEC).
- KIT/US NRC (USA) Kooperation in Reaktorsicherheit in Rahmen des internationalen CAMP-Programms (Code Assessment and Maintenance) CSARP-Programms (MELCOR) zusammen mit IAM-AWP.
- NRA (Japan) Genehmigungsverfahren zu schnellen Reaktoren.

Internationale Organisationen

- OECD NEA Vorhaben (Expert Group liquid metal - EGLM, Accident Tolerant Fuels - ATF, - WGAMA, Expert Group on Innovative Fuels - EGIF).
- IAEA gemeinsame Forschungsprojekte (CRP): CRP I31033 on U&S Methods for SA Analysis in Water Cooled Reactors (2019-2024), CRP T12032 on Testing and Simulation for Advanced Technology and Accident Tolerant Fuels (ATF-TS) (2020-2024).

Industrie

- nat./int.: Kraftanlagen Heidelberg, EnBW, Preussen Elektra, Framatome, Westinghouse, EdF; FRENELL, Freudenberg, VAST Solar sowie AZELIO etc.

Hochschulen

- Deutschland: TU Dresden, TUM München, RWTH Aachen, Universität Stuttgart.
- Europa: Universität Marseille, KTH Stockholm, Polytechnico Turin, University of Pisa, Universidad de Madrid (UPM), Universität Palermo, Universität Ghent

- Außereuropäisch: Georgia Tech, Pennsylvania State University; North Carolina State University, Universidad Autonoma de Mexico, Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA), Universidad de San Martin Buenos Aires

u.v.a.m.

A.1.4.3.8 Institut für Technische Physik (ITEP)

Leitende Personen

Institutsleiter: Prof. Dr. Mathias Noe

Kurzdarstellung von Thematik und Programmbeteiligung (Nennung der Programme)

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 „Materialien und Technologien für die Energiewende“, „Energiesystemdesign“, „Fusion“ und „Materie und Universum“ des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und der Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren verankert. Das Programm „Speicher und vernetzte Infrastrukturen“ endete in 2020 und die Arbeiten des ITEP werden ab 2021 in den Nachfolgeprogrammen „Energiesystemdesign“ und „Materialien und Technologien für die Energiewende“ weitergeführt.

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 und die kryogenen Materiallabore zur Untersuchung elektrischer und mechanischer Eigenschaften bei sehr tiefen Temperaturen.

Im Forschungsfeld Supraleiter- und Kryomaterialien ist die Untersuchung neuer Supraleiter ein wichtiger Forschungsschwerpunkt. In 2021 wurden in Zusammenarbeit mit der Universität Nagoya die Pinningmechanismen an neuartige NdFeAsO-Schichten untersucht. Dabei konnte die Bedeutung der Korngrenzentrifelpunkte für das Pinning aufgeklärt werden. Im Rahmen eines Verbundprojektes der Luftfahrtforschung zur Entwicklung von Hybridbauweisen für Hochleistungs-Elektromotoren wurden additiv gefertigte Materialien für den Einsatz bei kryogenen Elektromotoren in Flugzeugen im Wasserstoffumfeld thermophysikalisch umfassend charakterisiert. Weiterhin konnte im Rahmen einer neu angelegten und langjährigen Kooperation mit CERN die gesamte Pilotproduktion von Hochtemperatur-Supraleitern der Firma Bruker zum KIT transferiert werden. Damit können zukünftig forschungsspezifische Bandleiterarchitekturen in anwendungsrelevanten Längen gefertigt werden.

Im Forschungsfeld Energietechnische Anwendungen wurde in einem Verbundprojekt zur Entwicklung einer supraleitenden Industriestromschiene mit einer Stromstärke von 200.000 Ampere ein wichtiger Meilenstein erreicht. Ein Test mit zwei modularen Teilleitern mit je 20.000 Ampere wurde erfolgreich durchgeführt. Im kryogenen Hochspannungslabor konnte am Beispiel einer 10 kV Durchführung gezeigt werden, dass konventionelle RIS Durchführungen für die Anwendung bei tiefen Temperaturen grundsätzlich tauglich sind. In einem weiteren Verbundprojekt zur Entwicklung eines sehr kompakten 110 kV, 500 MVA supraleitenden Kabels für die Innenstadt von München wurde das Kabelsystem sehr genau elektromagnetisch und thermisch modelliert. In unserem Power-Hardware-in-the-Loop Labor wurden ein 60 kW Schwungmassenspeicher und eine 3,5 kW Mikrogasturbine in Echtzeit modelliert und eine experimentelle Validierung im Labor durchgeführt. Damit stehen für beide Komponenten sehr genaue echtzeitfähige Modelle zur Verfügung.

Eine wichtige Aufgabe im Forschungsfeld Supraleitende Magnettechnologie ist die Entwicklung hochtemperatur-supraleitender Magnete. Im Rahmen eines Verbundprojektes zur Entwicklung und dem Vergleich von Konzepten für vollsupraleitende Windkraftgeneratoren wurden Probespulen mit nur 2 mm breiten Supraleiterbändern konzipiert und grundlegend charakterisiert. Im Rahmen einer internationalen Kooperation zwischen EU und China wurde eine hochtemperatur-supraleitende Leiterprobe des am ITEP patentierten Kreuzleiters in unserem FBI Labor mit einem Strom von 6 kA bei einer Temperatur von 4,2 K und einem Magnetfeld von 12 T erfolgreich getestet. In unserem Wickellabor wurde eine robotische Wickeltechnik mit drei Mehrachsrobotern in Betrieb genommen und erste Probespulen wurden gewickelt. Zukünftig ist dort die Fertigung supraleitender 3D Spulen geplant. Im Rahmen der Wasserstoffinitiative der Bundesregierung konnte ein sehr großes Verbundprojekt zur Erzeugung, dem Transport, der Speicherung und der Nutzung von flüssigem Wasserstoff gestartet werden.

Im Forschungsfeld Technologien des Fusionsbrennstoffkreislaufes entwickeln wir grundlegend neue Vakuumtechnologien und Verfahren zur Tritiumextraktion und Rückgewinnung. Das Arbeitspaket „Tritium-Materie Injektion-Vakuum“ im neuen europäischen Fusionsprogramms von 2021 bis 2027 ist unter der Leitung von Herrn Day gut gestartet. Die Herstellung der Kryopumpen für die Fusionsanlage JT-60SA wurde an einen Industriepartner vergeben und wird von uns weiter begleitet. Für den komplexen Divertor des Fusionsexperimentes W7-X wurde eine vollständige strömungstechnische Simulation in einer angemessenen Rechenzeit durchgeführt. Im Forschungsfeld Vakuumhydraulik und Wasserstoffseparation wurden umfangreiche Tests an unserem Quecksilbertestpumpstand durchgeführt und die Ergebnisse zur Hochskalierung der Pumpleistung von DEMO verwendet. Die am Institut entwickelte Methode des „Direct Internal Recycling“ für den Brennstoffkreislauf von DEMO wird nun auch im großen Maßstab aufgebaut. Dazu wurde die „Direct Internal Recycling Development Platform Karlsruhe“, (DIPAK) vom Präsidium des KIT genehmigt. 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: z. B. kurzer Vermerk über die Einrichtung von Berufungs- oder Strukturkommissionen; Umstrukturierungen etc.

Im Rahmen des 100 Professuren Programmes in der Exzellenzinitiative des KIT wurde ein Berufungsverfahren für eine W1 Professur zum Thema „Echtzeitsysteme in der Energietechnik“ gestartet. Die Berufung ist für Mitte 2022 anvisiert.

Längerfristige Kooperationen (z.B. mit Wirtschaft, Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen)

Nationale Verbundprojekte:

- BMWK Verbundprojekt DEMO200: Entwicklung einer 200kA supraleitenden Hochstromschiene
- BMWK Verbundprojekt Rowamag – Entwicklung eines robusten und wartungsarmen Magnetheizers
- BMWK Verbundprojekt SupraGenSys – Entwicklung von Konzepten für voll-supraleitende Windkraftgeneratoren
- Nationale Wasserstoffstrategie – „Wasserstoffrepublik Deutschland“: Leitprojektes „AppLHy!“ als Bestandteil der Technologieplattform „TransHyDE“

Kooperationen mit der Wirtschaft:

- Bruker – Übernahme der Pilotproduktion von HTS Bandleitern
- Siemens Corporate Technology – Rahmenvertrag
- Rolls-Royce Electric - Kooperationsvertrag
- Vision Electric Superconductors –Verbundprojekt

Kooperationen mit Hochschulen:

- U Nagoya – Kein Abkommen, aber intensiver Austausch
- U Hannover – Lehrauftrag

Kooperationen mit außeruniversitären Einrichtungen:

- Fraunhofer IEE – Gemeinsames Verbundprojekt
- CERN – Direkte Kooperation zu HTS
- CEA – Gemeinsame Aktivitäten
- ENEA – Kooperationsabkommen
- ITER – Diverse Entwicklungen und Aufträge
- F4E – Diverse Entwicklungen und Aufträge
- NIFS Japan – Fusion

Zudem kooperiert das ITEP mit den europäischen Partnern in dem EU Projekt MEEST und allen weiteren Partnern von KATRIN.

A.1.4.4 Bereich IV

A.1.4.4.1 Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK)

Leitende Personen

IMK-IFU Atmosphärische Umweltforschung (Standort: Garmisch-Partenkirchen)

Institutsleiter: Prof. Dr. Hans Peter Schmid

IMK-AAF Atmosphärische Aerosolforschung

Institutsleiter: Prof. Dr. Thomas Leisner

IMK-TRO Troposphäre

Institutsleiter: Prof. Dr. Peter Knippertz (seit September 2021), Prof. Dr. Joaquim Pinto (kommissarisch bis August 2021)

IMK-ASF Atmosphärische Spurenstoffe und Fernerkundung

Institutsleiter: Prof. Dr. Peter Braesicke (kommissarisch, seit Oktober 2020)

A.1.4.4.1.1 Teilinstitut Troposphärenforschung (IMK-TRO)

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 Akteure und Akteurinnen 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 sechs 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. Das Teilinstitut ist maßgeblich/leitend an großen Forschungsprojekten beteiligt, die von der DFG (Waves to Weather, VolImpact, DYVALOCCA), dem BMBF (ClimXtreme, RegiKlim-Projekte NUKLEUS und UrKlEx), dem BMWK, der Helmholtz-Gemeinschaft (MOSES, Inside Clouds) und der EU (EDIPI, ERC Starting Grant C2Phase) gefördert werden.

Das IMK-TRO wird sowohl aus Mitteln der Helmholtz-Programmforschung (PoF IV) als auch über den Universitätsbereich 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, COSMO) 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 der 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.

A.1.4.4.1.2 *Teilinstitut Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU)*

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 Treibhausgas-

bilanzen) 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.

A.1.4.4.1.3 *Teilinstitut Atmosphärische Spurenstoffe und Fernerkundung (IMK-ASF)*

Das Teilinstitut „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. Besonderer Fokus ist die mittlere Atmosphäre, der schwierig zugängliche 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. Die Abteilungen haben jeweils eine professorale Leitung – wobei eine der Leitungen zurzeit vakant ist, da der bisherige Institutsleiter in die Rolle des Bereichsleiters gewechselt ist. Eine baldige Neuberufung dieser professoralen Abteilungsleitung in enger Abstimmung mit dem Bereichsleiter und dem Präsidium wird bis spätestens zum 4. Quartal 2023 angestrebt.

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 (ein Container mit einzigartigen Messinstrumenten, der zukünftig – nach erforderlichen Umbauten, die im letzten Jahr sehr gut vorangeschritten sind – auf einem Lufthansa A350 Passagierflugzeug eingesetzt werden wird), hat gemeinsam mit dem FZ Jülich das Instrument GLORIA (ein weltweit einzigartiges 2D-abbildendes Fourier-Transform-Spektrometer im mitt-

leren Infrarot) entwickelt, welches seit 2012 erfolgreich auf dem deutschen Forschungsflugzeug HALO operiert und im letzten Jahr auch erstmalig mit einem Ballon geflogen wurde, und ist führend am Betrieb und an der Weiterentwicklung von internationalen Netzwerken von Bodenstationen (NDACC, TCCON, COCCON) beteiligt. Für die Simulation der Atmosphäre inklusive relevanter Spurenstoffe wird das ICON-ART-Modellsystem mitentwickelt und in diversen Projekten (z.B. ROMIC-2, ITMS) genutzt.

A.1.4.4.1.4 Teilinstitut Atmosphärische Aerosolforschung (IMK-AAF)

Das Teilinstitut „Atmosphärische Aerosolforschung“ des IMK beschäftigt sich mit der Rolle der Aerosole im Wetter- und Klimageschehen und insbesondere mit ihrem Einfluss auf Wolken und den Niederschlag. Hierzu werden Labor- und Feldexperimente zu chemischen, optischen und mikrophysikalischen Eigenschaften von Aerosolen durchgeführt. Das IMK-AAF 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. Es betreibt die große Aerosol- und Wolkenkammer AIDA (Aerosolinteraktionen und -dynamik in der Atmosphäre), die als international führendes Labor zur Simulation von Aerosol- und Wolkenprozessen, insbesondere bei tiefen Temperaturen, gilt und die zu den regelmäßig stattfindenden Messkampagnen führende Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus der ganzen Welt anzieht. 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 entwickelt und betreibt Feldinstrumente zur optischen Charakterisierung von Aerosol- und Wolkenteilchen und beteiligt sich im Rahmen der Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Solving the Cirrus Cloud Puzzle“ mit einzigartigen Instrumenten zur Charakterisierung von Wolkeneis an internationalen Flugzeugkampagnen.

Strategische Ereignisse (für alle Teilinstitute)

Seit Oktober 2020 ist Prof. Dr. Johannes Orphal Leiter des Bereichs IV, sodass Prof. Dr. Peter Braesicke seitdem die kommissarische Institutsleitung des IMK-ASF innehat. Zum Eintritt in den Ruhestand von Prof. Dr. Christoph Kottmeier hat Prof. Dr. Joaquin Pinto vom 1. Oktober 2020 bis zum 31. August 2021 die kommissarische Institutsleitung des IMK-TRO übernommen. Ab dem 1. September 2021 ist Prof. Dr. Peter Knippertz zum IMK-TRO Institutsleiter berufen worden. Das Berufungsverfahren für die Nachfolge der Institutsleitung IMK-ASF und die Nachbesetzung der vakanten Professur wurde angestoßen.

Im Dezember 2019 wurde die Forschung des KIT im FB EuU im Rahmen einer strategischen Bewertung der Helmholtz-Gemeinschaft durch ein internationales Panel evaluiert. Die Bewertung war ausgesprochen positiv – hier nur ein paar Stichpunkte (Zitate aus dem Evaluationsreport): „critical component of program“, „outstanding work program“, „use of international unique infrastructures“, „out-standing team“, „outstanding scientific quality“, „outstanding international collaborations“ or „international leadership“. Aufbauend auf dieser Evaluation hat das KIT im ersten PoF IV-Jahr wesentliche Schritte zur Implementierung des neuen Programmes „Changing Earth – Sustaining our Future“ unternommen. Einen wichtigen Beitrag dazu leistete die virtuelle Sitzung des KIT Themenbeirats „Erde und Umwelt“ vom 23. bis zum 25. Juni 2020. Hier wurden die ersten Umsetzungsschritte für die PoF-Periode seitens KIT vorgestellt und mit dem Beirat diskutiert. Im Anschluss wurden vom Themenbeirat einige Empfehlungen ausgesprochen, deren Umsetzung am KIT bereits angestoßen wurde.

Ein wichtiges Element der zukünftigen Entwicklung der Atmosphären- und Klimaforschung am KIT stellt die Priorisierung des Vorhabens ACTRIS-D im Rahmen der BMBF-Ausschreibung „nationale Roadmap deutscher Forschungsinfrastrukturen“ dar. In 2021 wurden vom BMBF zwei Projektanträge des ACTRIS-D-Konsortiums bewilligt, welche 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 ermöglichen.

Längerfristige Kooperationen (für alle Teilinstitute)

Das IMK beteiligt sich am Helmholtz-Verbund „Regionale Klimaänderungen“ (REKLIM) bei mehreren Topics, stellt zurzeit den Sprecher des Verbunds und trägt dadurch maßgeblich zum Erfolg des Verbundprogramms bei. Die wissenschaftliche Arbeit von REKLIM konzentriert sich auf die Analyse und Bewertung der regional sehr unterschiedlichen Auswirkungen des Klimawandels. Durch die Kooperation werden die Grundlagen gelegt, um Politik, Wirtschaft, Behörden und die breite Öffentlichkeit mit wissenschaftlich fundierten Daten und Szenarien besser beraten zu können. Der Verbund wird in der PoF IV-Förderphase der Helmholtz-Gemeinschaft weitergeführt werden. Das Institut beteiligt sich an den nationalen Forschungsinitiativen „Forschungsflugzeug HALO“, den ESFRI EU Infrastrukturen ACTRIS und IAGOS, der FB-EuU Synthese-Plattform SYNCOM und den Helmholtz-Querschnittsthemen „Remote sensing“, „MACE“, „Resilient urban spaces“, „MOSES“, „Digital earth“, „Earth system modeling and capacity“, „HI-CAM“ sowie „TERENO“.

Das IMK ist mit seinem Ökosystem-Atmosphären-Observatorium TERENO-preAlpine Partner im deutschen Beitrag zum europäischen Forschungsinfrastrukturprojekt „Integrated Carbon Observing System“ (ICOS). ICOS ist auf eine Laufzeit von 20 Jahren ausgelegt.

Das IMK engagiert sich seit vielen Jahren intensiv in 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). In dieser Zusammenarbeit werden Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen mit langfristigen Forschungsaufenthalten ausgetauscht, Promovierende gefördert und Forschungsprojekte zur Treibhausgaswirksamkeit von Landwirtschaft und Landnutzungswandel gemeinsam bearbeitet.

Durch die Beteiligung des KIT als Konsortialpartner im virtuellen Institut „Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS)“ auf der Zugspitze engagiert sich das IMK in breiter Kollaboration in der Hochgebirgs-Klima- und Atmosphärenforschung.

Das IMK kooperiert mit dem Institute for Climate and Atmospheric Science (ICAS) der University of Leeds in Großbritannien auf Basis einer Kooperationsvereinbarung in verschiedenen wissenschaftlichen Teilgebieten und Projekten. Neben der Forschungszusammenarbeit geht es dabei auch um Kooperation in der Promovierendenausbildung und um den Austausch von Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen.

Das maßgeblich vom IMK getragene Helmholtz-Programm CE Topic 1 wurde in 2021 mit dem DWD als assoziiertem Partner erfolgreich weiterentwickelt. Die Kooperation erfolgt auf verschiedenen Themenfeldern, insbesondere der Modellweiterentwicklung (COSMO-ART, ICON-ART), auf den Gebieten der Regionalen Klimamodellierung, der Wetterforschung und der Nutzung von Radardaten. Hierzu wurde 2020 ein Kooperationsvertrag unterzeichnet. Ebenfalls sehr erfolgreich und langfristig angelegt ist die Kooperation mit dem DLR-Institut für Physik der Atmosphäre (IPA) in Oberpfaffenhofen als assoziiertem Partner des CE Topic 1.

Das IMK arbeitet seit vielen Jahren sehr eng mit der Universität in Granada, europäischen Raumfahrtorganisationen (ESA, EUMETSAT), der Lufthansa sowie Observatorien in Teneriffa (Spanien), Kiruna (Schweden), Adis Abebe (Äthiopien) und Altzomoni (Mexiko) sowie NCAR, dem CalTech und dem NASA-JPL in Pasadena (USA) zusammen.

Mit dem National Center for Atmospheric Research (NCAR) besteht seit 2017 ein Memorandum of Understanding, welches die Kooperation bei der Entwicklung von Messinstrumenten sowie die Realisierung gemeinsamer Messkampagnen erleichtert.

A.1.4.5 Bereich V

A.1.4.5.1 Institut für Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT)

Leitende Personen

Institutsleiterin: Prof. Dr. Anke-Susanne Müller

Kurzdarstellung

Das IBPT widmet sich der Forschung und Entwicklung von Teilchenbeschleunigern. Wichtige wissenschaftliche Ziele sind die Erzeugung höchster elektrischer Felder und kürzester Pulse, die Entwicklung der dazu notwendigen neuartigen Strahldiagnose, Instrumentierung und das Erreichen des Verständnisses der zugrundeliegenden strahldynamischen Prozesse. Dies beinhaltet insbesondere die Konzeption und Entwicklung von ultrakompakten Beschleunigern, Konzepte für die energieeffiziente Nutzung sowie, auf Basis eines bereits vorhandenen hohen Digitalisierungsgrads, die Integration von Methoden der künstlichen Intelligenz.

Beschleunigerbetrieb

Im Programm „Matter and Technologies“ (MT) betreibt, unterhält und entwickelt das IBPT den Speicherring KARA (Karlsruhe Research Accelerator) und baut den Linearbeschleuniger FLUTE (Ferninfrarot Linac- Und Test-Experiment) auf. Entsprechend seiner Mission etabliert das Institut die „Accelerator Technology Platform“ (ATP) am KIT. Die ATP bündelt multidisziplinäres und interdisziplinäres Know-how und Kompetenzen verschiedener KIT-Forschungsgruppen für Beiträge zur Beschleunigerforschung und Beschleunigertechnologie und für dezidierte Detektortechnologien. KARA, FLUTE sowie Prüfstände wie z.B. CASPER I und II zur Entwicklung und Qualifizierung von supraleitenden Beschleunigermagneten sind Teil der ATP-Infrastruktur. Im Rahmen des europäischen Projekts „Accelerator Research and Innovation for European Science and Society“ (ARIES) und seit Mai 2021 über das europäische Projekt I.FAST besteht über ein Antragsverfahren für Beschleunigerforschende und deren Experimente ein transnationaler, finanziell geförderter Zugang zu den Anlagen KARA und FLUTE.

KARA dient für bis zu 100 Tage pro Jahr zur Erzeugung von kohärenter Terahertz-Strahlung bis hin zu harter Röntgenstrahlung für Nutzerinnen und Nutzer des KIT sowie für bis zu 50 Tage pro Jahr zur Forschung und Entwicklung neuer Beschleunigertechnologien für zukünftige Beschleuniger, beispielsweise im Rahmen der o.g. europäisch geförderten Projekte.

KARA steht als Testanlage im Rahmen des Programms MT und der ATP zur Verfügung. Dabei wird KARA für die Strahldiagnostik und zur Entwicklung neuartiger Detektionsverfahren von Elektronenpaketen und Photonenpulsen im Pikosekunden- und Femtosekunden-Bereich eingesetzt. Zudem nutzen Institute IBG, IFP, IKFT, IMT INE und IPS des KIT, die Strahlrohre am Speicherring KARA betreiben, sowie deren externe Kooperationspartnerinnen und -partner und Gruppen der Max-Planck-Gesellschaft die vom IBPT zur Verfügung gestellte Synchrotronstrahlung. Die Forschung und Entwicklung ist in die Helmholtz-Programme „Von Materie zu Materialien und Leben“ (MML), „Materials Systems Engineering“ (MSE), „Materials and Technologies for the Energy Transition“ (MTET), „Natural, Artificial and Cognitive Information Processing“ (NACIP), „Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research“ (NUSAFE), sowie in die Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMFi) und somit in die Helmholtz-Forschungsbereiche Materie, Information und Energie eingebettet.

Die Umsetzung des Betriebs der Anlagen war auch 2021 geprägt von der SARS-COVID-19 Pandemie. Viele Beschleunigeranlagen in Deutschland haben pandemiebedingt ihren Betrieb zunächst heruntergefahren. Trotz erschwelter Bedingungen, aber dank umfangreicher Maßnahmen zur Ermöglichung eines Remote-Betriebs, konnte der Betrieb von KARA für Nutzerinnen und Nutzer von Synchrotronstrahlung wie geplant durchgeführt und sogar zusätzliche Nutzungszeit zur Verfügung gestellt werden. Im Jahr 2021 wurde KARA 3.666 Stunden mit Elektronenstahl betrieben. Davon waren 3251 Stunden Betrieb bei einer Elektronenenergie von 2.5 GeV und haben ein Strahlstromintegral von 341 Ah geliefert. 325 Stunden wurden für die Beschleunigerforschung an KARA verwendet. Es wurden 2.543 Stunden für Experimente mit Synchrotronstrahlung zur Verfügung gestellt. Davon entfielen 341 Stunden auf den Betrieb optimiert auf einzelne Experimente bei unterschiedlichen Energien und 2.202 Stunden auf den Betrieb bei einer Energie von 2.5 GeV für die Erzeugung von harter Röntgenstrahlung. Weitere 798 Stunden wurden für Injektion, Start-up sowie Wartungs- und Optimierungsarbeiten benötigt. FLUTE liefert ultrakurze Elektronenpakete und bietet eine Infrastruktur für innovative Technologielösungen zur Strahldiagnostik für hochpräzise elektronische und optische Synchronisations- und Stabilisierungssysteme wie im Folgenden berichtet. Des Weiteren wird die in FLUTE erzeugte intensive Terahertz-Strahlung eine Reihe von möglichen Testanwendungen von den Materialwissenschaften bis hin zu den Lebenswissenschaften erlauben.

Beschleunigerforschung

Die Beschleunigerforschung und Entwicklung am IBPT wird im Rahmen des Programms „Matter and Technologies (MT)“ sowie von Drittmittelgeförderten Projekten durchgeführt. Das IBPT beteiligt sich in MT am Programmenthema „Accelerator Research and Development (MT-ARD)“ in den Subthemen „New Concepts and Prototypes for Maximizing the Performance of Hadron & Electron Accelerators“ (MT-ARD-ST2), „Advanced Beam Control, Diagnostics and Dynamics“ (MT-ARD-ST3) und „Ultra Compact, Novel Accelerators and their Applications“ (MT-ARD-ST4). Insbesondere die Forschung und Entwicklung des IBPT und seiner Nachwuchsforschenden zur Strahldynamik und Strahldiagnostik in MT-ARD-ST3 findet internationale Beachtung und wird u.a. durch Preise honoriert (siehe Kap. A.2.1.4.2 – Wissenschaftliche Highlights des Programms MT).

Supraleitende Undulatoren, Magnete und Supraleiter sind unverzichtbare Baugruppen in modernen Beschleunigern und erfordern die intensive Untersuchung der kryogenen Vakuumumgebungen und deren Sicherheitsaspekte. Im MT-ARD-ST2 entwickelte das IBPT federführend einen neuen europäischen Standard für Helium-Kryostate und Schutz gegen Drucküberschreitung (EN 17527). In Zusammenarbeit mit CERN wurden Untersuchungen zu Schädigungsmechanismen in Supraleitern durch die Einwirkung hochenergetischer Protonenstrahlen und

Strahlungstoleranz von kryogenen Dioden durchgeführt, wie sie in Magnetsystemen von Teilchenbeschleunigern eingesetzt werden. An KARA wurden Untersuchungen mit Strahlschirmprototypen für den geplanten Hadronenbeschleuniger/-collider (FCC-hh) durchgeführt. Umfangreiche Untersuchungen der strahlinduzierten Wärmelasten auf Hochtemperatur-Supraleiter und das Design für Vakuumsysteme für Testmessungen mit Strahl wurden durchgeführt. Hochtemperatur-Supraleiter erlauben den energieeffizienten Betrieb von supraleitenden Magneten und führen zu weniger Energieverbrauch aufgrund der geringeren Kühlanforderung. Dadurch können die kryogenen Vakuumsysteme bei gleicher Funktionalität kompakter ausgelegt werden. Mit supraleitenden Dämpfungswiggler für die Kühlung von Teilchenstrahlen in zukünftigen Collidern wie CLIC konnte im Speicherring KARA des IBPT zudem die Strahldynamik untersucht werden. Zukunftsweisende Arbeiten sind das Design eines supraleitenden Undulators für die Terahertz-Strahlungserzeugung am European XFEL. Die Entwicklung und Untersuchung neuartiger Betriebsarten an KARA erweitert die Nutzungsmöglichkeiten und erlaubt die Optimierung von existierenden und die Entwicklung von Designs zukünftiger Beschleuniger. Für die Optimierung des Betriebs von Linearbeschleunigern wurden systematische Untersuchungen vom Injektor bis zu den Magneten des Bunch-Kompressors durchgeführt.

Als Brücke zwischen verschiedenen ARD-Forschungsschwerpunkten in enger Zusammenarbeit mit MT-DTS und MT-DMA umfassen die Arbeiten am IBPT im Topic MT-ARD-ST3 die Kontrolle, Steuerung und Manipulation von einzelnen Elektronenpaketen in extremen Teilchenstrahlen. Dies erfordert dedizierte Diagnostik mit hohem Dynamikbereich, Attosekunden-Metrologie, ein Verständnis der Strahldynamik und, als ultimatives Ziel, die Messung und Kontrolle der 6D Dynamik jedes einzelnen Teilchenpakets in Beschleunigern. Für den autonomen Betrieb und die Kontrolle von Beschleunigern durch maschinelles Lernen (ML) wurden von DESY und KIT-IBPT Vorschläge zur Standardisierung gemeinsam publiziert. Zudem wurden am IBPT entwickelte Algorithmen zur Steuerung der transversalen Strahlfokussierung bei ARES am DESY und von Photonen zur Erzeugung von Elektronen bei FLUTE erprobt. Die Arbeiten werden flankiert durch ein Helmholtz AI Projekt und das Innovationspool-Projekt ACCLAIM. Ein wesentlicher Bestandteil für Arbeiten zu Kontrollsystemen ist der Erwerb von digitalen Kompetenzen in der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses und die Integration von Methoden des maschinellen und verstärkenden Lernens. In enger Zusammenarbeit mit KIT-IPE wurde für die Kontrolle der Mikro-Bunching-Instabilität eine spezielle Elektronik, geeignet für maschinelles Lernen, entwickelt, damit der Regelkreis innerhalb von weniger als einer Millisekunde agieren kann. Für die geplante Kontrollfunktion konnte als erster Schritt die Instabilität erfolgreich angeregt und manipuliert werden. Für ein direktes Feedback auf die Strahl- und Elektronenpaketdynamik sind ultraschnelle Diagnosesysteme erforderlich. Hierzu werden am KIT-IBPT elektrooptische, fs-laserbasierte Systeme für das Nahfeld und das Fernfeld mit einer schnellen Datenerfassung, entwickelt gemeinsam mit KIT-IPE, kombiniert. Diese Technologien wurden im Berichtszeitraum mit dem internationalen Innovationspreis, dem „Faraday Cup Award“, ausgezeichnet. Für die Messung des Profils von ultrakurzen Elektronenpaketen im Femtosekunden-Bereich bei FLUTE am IBPT wird in Zusammenarbeit mit dem PSI und der Universität Bern ein mikrostrukturierter Split-Ring-Resonator (SRR) entwickelt, der das Elektronenprofil auf einem Schirm in Form eines Streifens (streak) abbilden kann. Es wurden ausführliche Simulationen der Strahldynamik durchgeführt und die technischen Voraussetzungen für die Erzeugung der Pikosekunden-Spannungstransiente durch einen den SRR-anregenden THz-Puls für Streaking erfolgreich realisiert. Für die Kontrolle von Strahlen und Elektronenpaketen ist ein sehr gutes Verständnis der Strahldynamik notwendig. Hierzu

wurde die Mikro-Bunching-Instabilität als Funktion von Strahlenergien und der Elektronendichte-Verteilung untersucht. Zur Manipulation der Strahldynamik wurde als Akteur die Radiofrequenz-Quelle im Speicherring KARA am KIT verwendet. Zudem wurde die komplementäre Möglichkeit der Manipulation eines Elektronenstrahls mit einer periodischen Struktur untersucht. Diese Arbeiten sind Voraussetzung für das Design neuartiger, kompakter Beschleuniger und Speicherringe für kurze Elektronenpakete, die u.a. auch durch Plasmabeschleuniger als Injektor gespeist werden können, die in MT-ARD-ST4 untersucht werden. Die Entwicklungen hin zu den modernsten Kontrollsystemen mit optimierter Diagnostik bieten ein hohes Transferpotential zu den Anlagen, die in MT-ARD-ST2 optimiert werden.

Die Arbeiten zur Erzeugung von Undulatorstrahlung an Laser-Plasma-Beschleunigern wurden im MT-ARD-ST4 fortgeführt. Der supraleitende Transversalgradientundulator (TGU) wurde im eigenen Kryostaten bis zu einem Betriebsstrom von 800 A bei einem nominalen Betriebsstrom von 750 A erfolgreich getestet. Zugleich wurde das Magnetmesssystem zur Feldkartierung des Undulators in mehreren Schritten überarbeitet und getestet. Es konnte ein sicherer mechanischer Betrieb in abgekühltem Zustand erreicht werden. Das Design von In-Vakuum-Strahltransportmagneten für Experimente mit Laser-Plasma-Beschleunigern wurde überarbeitet und wird künftig einen Betrieb bei 300 MeV erlauben, d.h. die Design-Energie der Transportlinie wurde mehr als verdoppelt bei gleichbleibender Gesamtlänge von 3 m. Damit werden nun Wellenlängen der Strahlung von 23 nm im EUV-Bereich erreicht. Dies ist sowohl für die Durchführung des geplanten Proof-of-Principle-Experiments als auch im Hinblick auf künftige Anwendungen ein signifikanter Fortschritt. In einer 77-seitigen Publikation wurden das Design, mögliche Strahlparameter und Anwendungen von verschiedensten Typen von Undulatoren für den Einsatz bei Laser-Plasma-basierten Freie-Elektronen-Laser untersucht.

Im am KIT geförderten Projektanteil in ATHENA wurden am KIT-IBPT ein 60-TW-Lasersystem zur Laser-Plasma-Beschleunigung sowie Magnetsysteme für eine Elektronen-Transferlinie beauftragt. Für den Betrieb des Lasersystems wurde der Bau eines neuen, dedizierten Reinraums begonnen. Gemeinsam mit HI-Jena und KIT wird am DESY eine Plasma-Beschleunigerkammer entwickelt, die im Anschluss für Experimente als Elektronen-Injektor in einen neuartigen, kompakten Speicherring am KIT genutzt wird.

Im Rahmen des Beschleunigerprojekts cSTART, das IBPT federführend am Standort KIT durchführt und das auf der Infrastruktur von FLUTE aufsetzt, sollen Elektronenpakete in einem neuartigen kompakten Speicherring mit sehr großer Akzeptanz gespeichert werden. Ein Ziel ist die weltweit erste Injektion solcher Elektronenpakete wie aus einem Laserplasma-basierten Beschleuniger. Die Simulationen für die Magnetanordnung und die Planung der weiteren Komponenten für den cSTART-Speicherring wurden weitgehend abgeschlossen. Für FLUTE wurden zwei Klystrons mit Modulatoren beschafft. Damit können Elektronenquelle und Linearbeschleuniger separat anregen, was für die Nutzung von FLUTE als zukünftigen Injektor des cSTART-Speicherring essentiell ist.

Vernetzung

Die durch das IBPT initiierte Accelerator Technology Platform (ATP) fördert die Zusammenarbeit des Instituts innerhalb des KIT auch Forschungsbereich-übergreifend und mit internationalen Partnern wie dem CERN. Innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft ist das IBPT über verschiedene Projekte mit anderen Zentren vernetzt: Im Helmholtz AI Projekt „Machine Learning toward Autonomous Accelerators“ im Rahmen des Impuls- und Vernetzungsfonds arbeiten die beiden Teams am DESY und KIT am autonomen Beschleunigerbetrieb. Die am KIT entwickelten und trainierten Typen von Reinforcement-Learning-Agenten konnten nahtlos am ARES-

Beschleuniger in Hamburg eingesetzt und während der Strahlzeit getestet werden. Diese Beschleunigeraktivitäten wurden auch monatlich und im Jahresmeeting des Innovationspool-Projekts ACCLAIM (Accelerating Science with Artificial Intelligence and Machine Learning) vorgestellt. Im Innovationspool-Projekt InnovEEA (Innovation pool project for Energy Efficient Accelerators) ist das IBPT federführend in der Forschung zu energieeffizienteren und nachhaltigeren Teilchenbeschleunigern mit Fokus auf Komponenten mit hohem Energieverbrauch sowie flexiblem Lastmanagement.

Im Berichtsjahr wurden zwei EU-Projekte begonnen: „I.FAST“, ein langfristig angelegtes Projekt zur Entwicklung einer neuen und nachhaltigen Beschleunigergeneration und „LEAPS-INNOV“ zur Förderung von Innovationen für langfristige Partnerschaften zwischen der Industrie und den europäischen Strahlungsquellen. Das EU-Projekt CALIPSOplus wurde im Oktober 2021 erfolgreich beendet. Zur Zusammenarbeit europäischer Labore in der Beschleunigerforschung ist das IBPT Teil des EU-Projekts EURO-LABS.

Im von CERN geleiteten Projekt FCCIS im Rahmen von Horizon 2020 bringt das IBPT seine langjährige Erfahrung in der Strahldiagnose vor allem im Bereich elektro-optischer Messmethoden ein in die zentrale Machbarkeitsstudie für zukünftige Collider. Die Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Bilfinger Noell wurde auch im Jahr 2021 erfolgreich weitergeführt.

Strategische Ereignisse

Seit Anfang 2021 ist Prof. Dr.-Ing. Steffen Grohmann Mitglied des IBPT. Damit wurden die Kompetenzen am IBPT um die für die Beschleunigerphysik relevanten Bereiche Kälte- und Kryotechnik sowie technische Thermodynamik erweitert, die die Aktivitäten des IBPT rund um die supraleitende Magnet- und Systemtechnologie sowie innerhalb von MT-ARD-ST2 signifikant stärken.

Die Accelerator Technology Platform (ATP) hat sich 2021 erfolgreich an der zusammen von CERN und BMBF veranstalteten Industriemesse „Germany@CERN“ beteiligt und konnte ihr Portfolio einem breiteren Publikum von CERN-Mitgliedern näherbringen.

Im Rahmen der Landscapeanalyse wurden die relevanten Infrastrukturen für die Forschung aus MT erfasst. KIT betreibt in MT die Infrastrukturen der ATP, zu denen die Beschleunigertesteinrichtungen KARA und FLUTE, sowie zukünftig der kompakte cSTART-Speicherring als Demonstrator für Injektoren, gehören.

Im Berichtszeitraum lag ein besonderer Fokus auf künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen, wodurch bereits jetzt schon ein hoher Grad an Digitalisierung und Autonomisierung an den Beschleunigeranlagen vorhanden ist. Dies hat sich schon während der Pandemie bestens bewährt, so dass der Betrieb der Beschleunigeranlagen ohne Einschränkungen aufrechterhalten werden konnte.

Mitarbeitende des IBPT haben über das Komitee für Beschleunigerphysik an der Antragerstellung des ErUM-Data-Hub, der im Aktionsplan ErUM-Data, beschrieben und Teil des Rahmenprogramms „Erforschung von Universum und Materie – ErUM“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) ist, beteiligt. Der Antrag zur Finanzierung des ErUM-Data-Hub wurde Ende 2021 vom BMBF bewilligt. Diese Aktivitäten unterstützen die Digitalisierung und Vernetzung in der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung.

Im Rahmen des Exzellenzuniversitätsvorhabens „KIT Future Fields“ untersucht das IBPT zusammen mit Partnern aus der „Accelerator Technology Platform“ (ATP) am KIT erfolgreich „Technologien kompakter Beschleunigersysteme für Medizin und Industrie“. Ziel des Projekts ist es, in mehreren Pilotaktivitäten aus den verschiedenen Forschungsfeldern in enger Zusam-

menarbeit mit Partnern in Heidelberg (Universität Heidelberg/Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum) das Potential neuer Technologieansätze für kompakte Beschleunigeranlagen zu untersuchen, wodurch am KIT eine Forschungsrichtung mit hohem Innovationspotential durch Vernetzung bereits existenter „Keimzellen“ im interaktiven Spannungsfeld Ingenieurwissenschaften – Physik – Medizintechnik etabliert und weiterhin eine international einzigartige, interdisziplinäre Forschungspartnerschaft zwischen der Universität Heidelberg und dem KIT aufgebaut und gefördert werden soll. Im Rahmen eines weiteren Future Fields Projektes untersucht das IBPT gemeinsam mit dem EnergyLab 2.0 und Expertinnen und Experten von anderen Instituten des KIT Energielösungen für große Forschungsinfrastrukturen für Forschung und Gesellschaft von der Komponenten- zur Systemebene. Das im Aufbau befindliche KIT Testfeld für Energieeffizienz und Netzstabilität in großen Forschungsinfrastrukturen (KITTEN), das KARA und EnergyLab 2.0 verbindet, wird dazu eine weltweit einmalige Umgebung bieten.

Längerfristige Kooperationen

Das IBPT unterhält längerfristige Kooperationen mit nationalen und internationalen Institutionen im Rahmen zahlreicher Forschungsprojekte, in die z.T. auch verschiedene Unternehmen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen eingebunden sind.

Verträge mit öffentlichen Einrichtungen

Budker Institute of Nuclear Physics (Nowosibirsk, Russland – Vertrag in 2022 ausgesetzt), Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY), Diamond Light Source, European Organization for Nuclear Research (CERN), European XFEL, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Helmholtzzentrum Dresden-Rossendorf, Helmholtz-Institut Jena, Helmholtz-Zentrum Berlin, Max-Planck-Gesellschaft, National Institute of Information and Communications Technology (Tokyo, Japan), Paul-Scherrer-Institut (PSI, Villigen, Schweiz), Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin, Shizuoka University (Hamamatsu, Japan), Synchrotron SOLEIL, Technische Hochschule Mittelhessen, Technische Universität Darmstadt, Technische Universität Dortmund, Universität Hamburg, Université de Lille (Frankreich).

Verträge mit Industriepartnern

Bilfinger Noell GmbH, Microworks.

A.1.4.5.2 Institut für Quantenmaterialien und -technologien (IQMT)

Leitende Personen

Institutsleiter: Prof. Dr. Matthieu Le Tacon

Kurzdarstellung

Die Quantentechnologie ist eine der zentralen Herausforderungen, denen sich die Helmholtz-Gemeinschaft in der vierten PoF-Förderperiode, die 2021 begonnen hat, widmet. Sie steht im Mittelpunkt der Forschungsagenda des Programms NACIP im Forschungsbereich Information, und die große Mehrheit der Akteure dieser Quantenforschung am KIT ist im Institut für Quantenmaterialien und -technologien (IQMT) angesiedelt, das nach einer tiefgreifenden Umstrukturierung des Instituts für Festkörperphysik im Jahr 2020 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 Experten auf

dem Gebiet der Quantenmaterialien und Quantentechnologien geleitet wird. Insgesamt besteht das IQMT im Jahr 2021 aus 23 Arbeitsgruppen, die in 8 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 auf die Entwicklung, das Verständnis und die Beherrschung neuer Funktionalitäten auf der Grundlage neuer Erkenntnisse und Entdeckungen abzielen. Die Integration von adaptiven und abstimmbaren Quantenmaterialien in Geräte zielt darauf ab, neue Bausteine für zukünftige Informationstechnologien zu schaffen.

Strategische Ereignisse

Im Jahr 2021 wurden zudem drei neue Graduiertenschulen am KIT gegründet. Eine davon, die Graduiertenschule für Quantenmaterie am KIT wurde gegründet, um die Bildungsanstrengungen auf diesem Gebiet zu bündeln und die Forschung und Innovation für Quantentechnologien zu fördern.

Es wurde eine neue gemeinsame Professur (Fiebigger-Professur) eingerichtet, die darauf abzielt, ein kohärentes Forschungsprogramm zum Quantencomputing zwischen der Universität Straßburg und dem KIT zu entwickeln, und die eng mit dem Programm verbunden ist. Auf diese Professur wurde Frau Prof. Anja Metelmann berufen.

Um den Dialog zwischen Forscher/-innen und Industriepartnern zu ermöglichen und frühzeitig Konsortien zu bilden, sowie um flexibel auf die derzeit vielfältigen Fördermöglichkeiten reagieren zu können, wurde im Cluster NanoMat eine neue Fokusgruppe 'Quantum X' gegründet. Die Gruppe wird sich zwei- bis dreimal pro Jahr treffen und in der Zwischenzeit in regem Austausch bleiben. Darüber hinaus wird der regelmäßige Austausch mit interessierten Unternehmen durch den KIT Business Club gefördert.

Darüber hinaus gibt es weitere bedeutsame Kooperationen:

- Teilnahme an QUSTEC, am MARIE SKŁODOWSKA-CURIE Horizon 2020 COFUND-Programm des European Campus Eucor (KIT, Universitäten von Basel, Freiburg und Straßburg) im Bereich Quantenwissenschaft und Technologie.
- Beteiligung am SFB „Elastic Tuning and Response of Electronic Quantum Phases of Matter“ (SFB TRR 288).
- Teilnahme an Hydrotronics, einem EU-finanziertes Netzwerk zur Erforschung hochreiner Materialien (<https://www.hydro.kit.edu/>)
- Teilnahme an HESEB, einer Helmholtz-SESAME (Synchrotron-light for Experimental Science and Applications in the Middle East) Beamline im Weichröntgebereich.
- 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, die über die einzelne Gruppe, die die Messung durchführt, hinausgeht, 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 an NEQSIS (BMBF-Projekt), um einen Quantenspeicher, der die für den Praxiseinsatz nötigen Leistungsparameter (lange Speicherzeit, effizientes Einschreiben & Auslesen der Information) erfüllt und dabei eine größere Speicherkapazität aufweist, zu entwickeln.

- Teilnahme am BMBF-Projekt gBRigs. 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 BMBF-Projekt PtQube. Das Ziel ist es, eine neuartige, für potentielle Anwender attraktive Experimentierplattform für solche Quantum Computing Anwendungen zu schaffen, die für ihre Funktion sehr tiefer Temperaturen nahe des absoluten Nullpunktes bedürfen

Teilnahme am EU-Projekt AVAQus – FETOpen. Das Ziel ist es, einen Quantenprozessor zu entwickeln, der kohärentes Quanten Annealing und sein Potenzial zur Lösung realer Optimierungsprobleme demonstriert.

Längerfristige Kooperationen

- Stanford University, Stanford, USA
- Argonne National Laboratory, Argonne, USA
- Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme, Stuttgart
- Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart
- Max-Planck-Institut für Chemische Physik Fester Stoffe, Dresden
- Diamond Light Source and Oxford University
- European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, Frankreich
- Weizmann Institute, Israel
- University of Oxford, UK
- Institut Néel, Grenoble, Frankreich
- Laboratoire des Champs Magnétiques Intenses, Toulouse und Grenoble, Frankreich
- Istituto Italiano di Tecnologia, Italy
- University of Kyoto, Japan
- Los Alamos National Laboratory, USA
- Rice University, Houston, USA
- George Washington University, St Louis, USA
- Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong, China
- University of Hong Kong, Hong Kong, China
- Walter-Meißner-Institut, Garching München
- Centre d'études nucléaires de Grenoble, Frankreich
- University of Tokyo, Institute for Solid State Physics, Tokyo, Japan
- KNMF, IBPT, IPS, INT, IAM, INE
- Universität Tübingen
- Technische Universität München
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Universiteit Utrecht, Niederlande
- National Synchrotron Radiation Research Center, Hsinchu, Taiwan
- Université Paris Diderot, Frankreich
- William Fine Institute for Theoretical Physics, University of Minnesota, USA
- Donostia International Physics Center, San Sebastian, Spanien
- Departamento de Física Aplicada, Merida, Mexico
- Instituto de Física Universidad Autonoma de Puebla, Puebla, Mexico
- Institut de Recherche de Chimie Paris (Chimie ParisTech – CNRS)

A.1.4.5.3 Institut für Astroteilchenphysik (IAP)

Leitende Personen

Institutsleiter: Prof. Dr. Ralph Engel

Kurzdarstellung

Das Institut für Astroteilchenphysik (IAP) erforscht fundamentale Zusammenhänge der Natur an der Schnittstelle von Kosmologie, Astrophysik und Elementarteilchenphysik aus der Sicht der Astroteilchenphysik. In Zusammenarbeit mit internationalen Forschungseinrichtungen betreibt das IAP experimentelle und theoretische Grundlagenforschung auf den Gebieten der Teilchen- und Astroteilchenphysik. In internationalen Großexperimenten werden die Natur und Herkunft der kosmischen Strahlung, 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 am KIT. Dr. Andreas Haungs ist zudem stellvertretender Programmanteilsprecher im KIT. Prof. Dr. Kathrin Valerius ist Co-Topic-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.

Die nationale und internationale Vernetzung in der Astroteilchenphysik ist gewährleistet durch die Mitgliedschaft von Prof. Dr. Thomas Schwetz-Mangold (Theorie), Prof. Dr. Kathrin Valerius (Neutrinoeigenschaften), Prof. Dr. Ralph Engel (Helmholtz) und Dr. Andreas Haungs (kosmische Strahlung) im Komitee für Astroteilchenphysik (KAT). Dr. Andreas Haungs ist zudem Kovorsitzender des KAT. International bekleidet derzeit Dr. Andreas Haungs das Amt des Vorsitzenden der *APPEC General Assembly* (GA). APPEC ist das Europäische Astroteilchenphysik-Konsortium, bestehend aus 19 Förderorganisationen, nationalen Regierungsinstitutionen und Instituten aus 17 europäischen Ländern, die für die Koordination und Finanzierung nationaler Forschungsanstrengungen in der Astroteilchenphysik verantwortlich sind. Prof. Dr. Ralph Engel ist Co-Chair der Kommission C4 (Astroteilchenphysik) von IUPAP, *The International Union of Pure and Applied Physics*.

Im Dezember 2021 wurde die Organisationsstruktur des Instituts überarbeitet. Seitdem besteht das Institut für Astroteilchenphysik aus fünf Abteilungen: Theorie und Computing, Hochenergie-Universum, Niederenergie-Universum, KATRIN, und Tritiumlabor Karlsruhe. Insgesamt beherbergt das Institut 19 Arbeitsgruppen. Hinzu kommen drei Infrastrukturgruppen: Konstruktion und Versuchstechnik, Mess- und Automatisierungstechnik sowie die Verbundwerkstatt. Die Verbundwerkstatt wird gemeinsam mit dem Institut für Technische Physik (ITEP) und Institut für Experimentelle Teilchenphysik (ETP) betrieben. Die Aktivitäten im Institut sind Kernbestandteil des MU-Topics 3 *Matter and Radiation from the Universe* (MRU). An diesem Topic sind alle Arbeitsgruppen der vier Abteilungen Hochenergie-Universum, Niederenergie-Universum, KATRIN und Tritiumlabor Karlsruhe beteiligt, inklusive der Emmy-Noether-Gruppe zur Dunklen Materie von Dr. Belina von Krosigk und der ERC Starting Grant-Gruppe von Prof. Dr. Frank Schröder. Mitarbeitende der Gruppen der vier Abteilungen sind an den großen, internationalen Kollaborationen des Pierre Auger Observatoriums, IceCube, KATRIN, XENONnT und

DARWIN beteiligt. Aus der Abteilung Theorie und Computing ist die Gruppe zur Theoretischen Astroteilchenphysik dem Topic MRU zugeordnet, und die 3 Gruppen zur Teilchentheorie und zum Computing sind dem MU-Topic 1 *Fundamental Particles and Forces* zugeordnet. Einige Aktivitäten der Gruppe *Cosmic Ray Technologies* sind über den MU-Innovationspool-Projekt ADC-MAPP gefördert und weitere dem Programm *Matter and Technologies* (MT) zuzuordnen.

Das IAP ist im KIT-Zentrum für Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA eingebunden und Teil der Graduiertenschule KSETA: „Karlsruhe School of Elementary Particle and Astroparticle Physics: Science and Technology“. 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 vom KIT zusammen mit der Universidad San Martín Buenos Aires (UNSAM) organisiert wird. Neben der Leitung des Projektmanagements für das internationale KATRIN-Experiments, welches am KIT betrieben wird, stellt das IAP auch das Projektmanagement-Team für das internationale Pierre-Auger-Observatorium.

Die Arbeiten des Instituts waren auch im Jahr 2021 stark von den Einschränkungen aufgrund der COVID-19 Pandemie betroffen. So konnten kaum, oder nur sehr eingeschränkt Forschungs-, Datennahme- und Wartungs-Aufenthalte an den weltweiten Infrastrukturen getätigt werden. Aber aufgrund der erfolgreich implementierten Maßnahmen des Vorjahrs konnte der Mess- und Datennahmehetrieb der meisten Infrastrukturen aufrechterhalten werden, so dass z.B. keine Ausfälle beim Pierre-Auger-Observatorium, IceCube und KATRIN zu verzeichnen sind.

Der Fokus der Forschung zur theoretischen Teilchenphysik im IAP liegt auf Präzisionsrechnungen zu Observablen, die bei ATLAS, CMS und künftigen Beschleunigern gemessen werden. So konnten zum ersten Mal Vorhersagen für das Higgs- p_T -Spektrum und den totalen Wirkungsquerschnitt in drei Schleifen gemacht werden. Darüber hinaus wurden zusammengefasste Vorhersagen für Jet-Vetos und Vorhersagen für tHj in „next-to-leading order“ QCD+EW erstellt. Die Higgs-Bosonen-Produktion wurde vollständig differenziell bis zur dritten Ordnung in QCD berechnet. Globale Interpretationen der Higgs-Präzisionsdaten liefern strenge Randbedingungen für Szenarien der Physik jenseits des Standard-Modells, insbesondere im CP-verletzenden Sektor. Einschränkungen bei der Higgs-Selbstkopplung wurden aus einer Kombination verschiedener Higgs-Analysen abgeleitet. Im sogenannten *dark sector* lieferten zahlreiche Studien Erkenntnisse zur Häufigkeit von „relic“ Dunkler Materie. In Untersuchungen zur Phänomenologie des *dark sectors* wurden entsprechende Signaturen am LHC und bei Belle II untersucht und die Kosmologie in Supersymmetrischen Modellen wurde studiert.

Im Computing-Bereich werden neue IT-Technologien entwickelt, um der Entwicklung des Computermodells für den HL-LHC gerecht zu werden. Ziel der Forschung ist es, einerseits die Effizienz der vorhandenen Ressourcen und die Leistung der Datenanalysen durch den Einsatz moderner Caching-Technologien zu erhöhen und andererseits opportunistisch genutzte Cloud- und HPC-Ressourcen transparent und dynamisch in die bestehenden Rechner-Infrastrukturen der WLCG zu integrieren. Die Leistungsfähigkeit dieser Entwicklungen konnte im Jahr 2021 in zwei unabhängigen Skalierungstests auf den HPC-Zentren HoreKa (KIT) und Claix (Aachen) eindrucksvoll demonstriert werden. Über einen Zeitraum von zwei Wochen wurden die regulären WLCG-Ressourcen, die dem CMS-Experiment am KIT bzw. an der RWTH Aachen zur Verfügung stehen, nahezu verdreifacht.

Das am KIT betriebene internationale Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment (KATRIN) hat bei der Suche nach der Neutrinomasse einen Durchbruch erreicht, indem es als erstes direktes Neutrino-Massenexperiment eine Empfindlichkeit im Sub-eV-Bereich erreicht hat. Auf der

Grundlage der in den beiden Messkampagnen des Jahres 2019 gesammelten Daten wurde eine neue Obergrenze von 0,8 eV (90% C.L.) für die Masse des Neutrinos ermittelt. Die zweite Kampagne lieferte nicht nur eine höhere Statistik als die erste (Faktor 2,5), sondern auch ein verbessertes Signal-Hintergrund-Verhältnis (Faktor 2,7). Dieses Ergebnis wird zwar immer noch von der statistischen Unsicherheit dominiert, doch bietet das Analyseverfahren auch eine detaillierte Analyse der systematischen Effekte. Das KATRIN-Experiment setzt sein Messprogramm weiter fort. Im Jahr 2021 hat die Kollaboration die geplante Datenmenge gesammelt, ohne dass es zu Verlusten aufgrund der COVID-19-Beschränkungen kam. Es wurden weitere systematische Studien durchgeführt. Insbesondere wurde im Sommer 2021 eine umfangreiche Kalibrierungskampagne durchgeführt, bei der eine einzigartige 10 GBq ^{83m}Kr -Quelle verwendet wurde, die vom Kooperationspartner NPI Rez zur Verfügung gestellt wurde, um die durch das Tritiumplasma verursachten systematischen Unsicherheiten zu untersuchen. Eine Neukonfiguration und teilweise Verbesserung der elektromagnetischen Einstellung der Spektrometer führte außerdem zu einer entscheidenden Verringerung des Hintergrunds. Die Daten der Jahre 2020 und 2021 werden derzeit einer sog. *blind analysis* unterzogen und sollen im Jahr 2022 aufgedeckt werden. In Anbetracht der erwähnten Verbesserungen beim Hintergrund und der Systematik versprechen die derzeit aufgezeichneten Daten eine Neutrinomassenempfindlichkeit von $\sim 0,5$ eV. KATRIN hat auch den wissenschaftlichen Wert seines gemessenen Präzisions-Beta-Spektrums außerhalb seines Hauptziels, der Suche nach Neutrinomassen, bewiesen. Es konnte eine erste Suche nach Signaturen einer leichten sterilen Neutrino-Beimischung (3+1 Rahmen) vorgestellt werden. Diese Suche ergänzt die Reaktoroszillationsexperimente und verbessert deren Beschränkungen bei großen sterilen Neutrinomassen. Diese Suche beruht nur auf der ersten vierwöchigen wissenschaftlichen Datennahme im Jahr 2019. Sie illustriert gut die voraussichtliche hohe Empfindlichkeit des Experiments, um sehr konkurrenzfähige Ergebnisse bei der Suche nach sterilen eV-Neutrinos in der durch die Reaktor- und Galliumanomalien definierten Region von Interesse zu liefern. Weitere physikalische Studien, die über die Suche nach Neutrinomassen hinausgehen, sind im Gange.

In der theoretischen Astroteilchenphysik wurden verschiedene Aspekte zur Suche nach Dunkler Materie (Axionen) und der Neutrinophänomenologie untersucht. Es wurde ein neuer Test entwickelt, um nach der Verletzung der Zeitumkehr in Neutrino-Oszillationen zu suchen, einer der fundamentalsten Symmetrien der Natur. Der Test ist modellunabhängig und kann möglicherweise mit zukünftigen Experimenten durchgeführt werden. Ein weiteres Forschungsthema war die Suche nach hypothetischen sterilen Neutrinos. Detaillierte Analysen von Daten aus Reaktor- und radioaktiven Quellenexperimenten sowie von solaren Neutrinos wurden durchgeführt. Es konnten gezeigt werden, dass das DARWIN-Projekt eine ausgezeichnete Empfindlichkeit für die Suche nach sterilen Neutrinos hat, in Ergänzung zum KATRIN-Experiment. Methoden zur Suche in künftige Oszillationsexperimente nach dem sogenannten Magnetmomentportal zu sterilen Neutrinos wurden vorgestellt.

Der Höhepunkt im Jahr 2021 für die IAP-Gruppe Dunkle Materie war der erste wissenschaftliche Lauf des neu in Betrieb genommenen XENONnT-Experiments am LNGS in L'Aquila, Italien. Erste Ergebnisse werden in Kürze vorliegen, aber in der Zwischenzeit wurden Analysen von XENON1T-Daten zu verschiedenen Kanälen wie inelastische Streuung von WIMPs und kohärente elastische Streuung von solaren ^8B -Neutrinos abgeschlossen und veröffentlicht. Im Juni 2021 wurde ein Memorandum of Understanding zwischen den Mitgliedern der XENON/DARWIN- und LUX-ZEPLIN-Kollaborationen für ein Flüssig-Xenon-Experiment der nächsten Generation unterzeichnet. Basierend auf der EDELWEISS-Infrastruktur am LSM Modane, Frankreich, mit Hauptkomponenten vom KIT, konnte mit dem CUPID-Mo-Experiment ein neuer Grenzwert für den neutrinolosen Doppel-Beta-Zerfall von ^{100}Mo erreicht werden und wurde entsprechend veröffentlicht.

In der Neutrino-Forschung schreiten die Analysen von 10 Jahren Datenerfassung mit IceCube sowie mit dem Oberflächenarray IceTop weiter voran. Ein Höhepunkt war die Veröffentlichung des astrophysikalischen Myon-Neutrinospektrums. Im Vergleich zu früheren Veröffentlichungen beruht diese Analyse auf einem viel größeren Datensatz und verbesserter Rekonstruktion. Die Daten sind konsistent mit einer einfachen Potenzgesetz-Hypothese für astrophysikalische Neutrinos, allerdings ist bei über einem PeV Neutrinoenergie eine verstärkte Abschwächung des Flusses zu erkennen. Mit Daten der IceTop-Instrumentierung konnte eine Analyse der Myondichte in Luftschauern zeigen, dass das von der Pierre-Auger-Kollaboration gefundene sogenannte Myon-Puzzle bei kleineren Primärenergien weniger stark auftritt. Dieses Ergebnis gibt wichtige Hinweise auf die Modellierung der Luftschauer.

KIT und DESY sind gemeinsam an den Vorbereitungen für die Installation des IceCube-Upgrades beteiligt, d.h. sieben neue Stränge mit neuen optischen Modulen und einer Erweiterung des Oberflächenarrays. Die Investitionsmittel beider Zentren in Höhe von je ca. 3 Millionen Euro werden für den Bau von mehr als 400 optischen Modulen für die Messungen im Eis sowie für die Szintillationsdetektoren und Radioantennen für die Oberflächenerweiterung am Südpol verwendet. Im Jahr 2021 konnten Prototypen aller Komponenten in Betrieb genommen werden und Beschaffungen für alle wichtigen Teile für die Produktion wurden durchgeführt. Das gesamte wissenschaftliche Programm für die geplante Erweiterung von IceCube-Gen2 wurde in einem Vorantrag für eine Helmholtz-Großforschungsinfrastruktur IceCube-Gen2 von KIT und DESY skizziert, der 2021 als Teil der Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen angenommen wurde.

Im Bereich der Forschung zu hochenergetischer kosmischer Strahlung läuft die wissenschaftliche Ernte des Pierre-Auger-Observatoriums auf Hochtouren, auch wenn Kräfte gebündelt werden, um AugerPrime fertigzustellen. Die Gruppe am IAP ist dabei federführend bei vielen Analysen beteiligt und ebenso bei der Durchführung der Erweiterung des Observatoriums. Nachdem die äußerst präzise Bestimmung des Spektrums und der identifizierten Strukturen internationales Aufsehen erregt hatte, wurde zusätzlich das zu niedrigeren Energien erweiterte Spektrum veröffentlicht. Eine Vielzahl von Hypothesen über den Ursprung der kosmischen Strahlung werden zunehmend eingegrenzt. Der vielversprechende Einsatz von maschinellem Lernen führt zu einem Paradigmenwechsel in der Analyse von Auger-Datensätzen und zeigt bereits erste Früchte in der Analyse von Oberflächendetektordaten, die mit der genauen Bestimmung mittels Fluoreszenzdetektordaten konkurrieren können. Darüber hinaus werden auch zunächst unerwartete Kooperationen, wie die hoch geschätzte Zusammenarbeit mit dem Aeolus-Satelliten (ein Erdbeobachtungssatellit der Europäischen Weltraumorganisation) zur gegenseitigen Kalibrierung optischer Instrumente, intensiv ausgebaut. Die Auger-Kollaboration, mit ihrem Sprecher Prof. Dr. Ralph Engel vom IAP, spielt eine führende Rolle bei der Gestaltung der Zukunft des Feldes durch ihre proaktive Beteiligung an der Erstellung von Plänen, wie z. B. dem 2021 begonnenen Snowmass-Prozess. Ein bemerkenswerter Meilenstein in der wissenschaftlichen Öffentlichkeitsarbeit war die Veröffentlichung der Daten des Pierre Auger Observatoriums in ihren vielen Facetten, von den Daten der Kernkomponenten bis hin zu den atmosphärischen Daten als sogenannte offene Daten. Inzwischen etablierte Multi-Messenger-Analysen durch Zusammenarbeit von IAP-Forschenden der Pierre-Auger- und IceCube-Gruppen mit z.B. den Kollaborationen ANTARES, Telescope Array oder Gamma- und Gravitationswellen-Experimenten werden zunehmend zu überlappenden Publikationen führen.

Weiterhin wurde die Entwicklung des Luftschauersimulationsprogramms der neuen Generation, CORSIKA 8, vorangetrieben. Erstmals ist die komplette Simulation Luftschauern, also aller Sekundärteilchen, als auch des Radiosignals gelungen.

KIT und DESY arbeiten weiterhin gemeinsam an der Implementierung eines Analyse- und Datenzentrums für die Multi-Messenger-Astroteilchenphysik. Im Jahr 2021 wurden bedeutende Fortschritte erzielt, z.B. indem DESY und KIT zusammen mit GridKa als gemeinsames IceCube Tier1-Zentrum im föderierten Rechnen der Kollaboration agieren. Die Arbeiten werden sowohl durch das NFDI-Konsortium PUNCH4NFDI, mit direkter Beteiligung des IAP und des Steinbuch Centre for Computing (SCC), als auch durch das ADC-MAPP-Projekt unterstützt, das in Phase 1 von 2019-2021 und in Phase 2 für 2021-2023 durch den Innovationspool gefördert wird. Ziel am IAP ist es unter anderem, die bestehenden Ansätze wie das KASCADE Cosmic-ray Data Center (KCDC), das Realzeit-Alarm-System AMPEL, auch unter Einbezug von CORSIKA, zu einem kohärenten Konzept einer Nutzereinrichtung zu erweitern.

Am KIT und bei DESY haben sich die Initiativen zur Förderung der Beteiligung an einem Gravitationswellenexperiment der dritten Generation, dem Einstein-Teleskop, im Jahr 2021 weiterentwickelt. Insbesondere hat sich das KIT unter Führung von Prof. Dr. Andreas Rietbrock, Geophysikalisches Institut (GPI), mit Beteiligung des IAP, in das wissenschaftliche Portfolio des geplanten Deutschen Zentrums für Astrophysik (DZA) in Sachsen eingebracht. Teil des Antrags ist es, zu untersuchen, ob der Granitbestand der Lausitz ein möglicher Standort für das Einstein-Teleskop sein könnte. Am Einstein-Teleskop werden konzeptionelle Designstudien und Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die Kryo- und Vakuumtechnik durchgeführt. Prof. Dr. Steffen Grohmann, Institut für Technische Thermodynamik und Kältetechnik (TTK), ist fest in der Organisationsstruktur der Proto-Kollaboration verankert. Für das Jahr 2021 hat sich das KIT mit dem IAP auch auf die Mitgliedschaft im derzeit laufenden europäischen Gravitationswellenexperiment VIRGO vorbereitet, wobei ein wesentlicher Beitrag in der Bereitstellung von Rechenleistungen besteht. Darüber hinaus wurde ein Antrag für ein (standortunabhängiges) Einstein-Teleskop als zukünftige Helmholtz-Forschungsinfrastruktur von der FIS-Kommission genehmigt.

Strategische Ereignisse

Zur strategischen Förderung von Programm- und Forschungsbereich-vernetzenden, innovativen Aktivitäten wurden in der ersten Phase des Innovationspools zwei Projekte im Programm MU gefördert. Für beide Projekte der ersten Phase wurden auch Nachfolgeprojekte für die zweite Phase bewilligt. Das IAP ist maßgeblich am „ADC-MAPP - Analysis and Data Centre for Multi-Messenger Astroparticle Physics“ beteiligt und konnte im Jahr 2021 zusammen mit dem Partner DESY die Ziele der ersten Phase erreichen. Parallel dazu wurden die Arbeiten an den Anschlussprojekten begonnen.

Das IAP konnte 2021 Frau Dr. Belina von Krosigk mit ihrer Emmy-Noether-Gruppe „Direkte Suchen nach dunkler Materie“ im Programm MU begrüßen. In den kommenden Jahren wird Frau von Krosigk mit ihrem Team die Suchen nach leichter dunkler Materie, Axion Like Particles und Dunklen Photonen mit Hilfe von optimierten FPGA-basierten Triggeralgorithmen verfolgen.

Seit Juli 2021 steht das KATRIN-Experiment Besuchern und Studierenden jederzeit offen – mittels einer neuen Augmented-Reality-Umgebung ist das Neutrino-Experiment KATRIN des KIT für alle zugänglich (https://www.kit.edu/kit/pi_2021_062_mit-virtueller-realitaet-den-neutrinos-auf-der-spur.php). Durch Virtual Reality kann das physikalische Innenleben des internationalen Großexperiments KATRIN nun erkundet werden. Dank interaktiver Elemente können die Besucher sogar selbst experimentieren. Entstanden ist die VR-Umgebung in Kooperation mit dem Nationalen Institut für Wissenschaftskommunikation (NaWik). Die VR-Umgebung ist online verfügbar unter: <https://vr.nawik.de/>. In einer weiteren Entwicklung wird das KATRIN-

Experiment auch in einem Praktikumsversuch für Studierende im Master-Studium des KIT integriert.

In dem gemeinsamen französisch-deutschen Antragsverfahren ANR-DFG French-German Collaboration for Joint Projects in Natural, Life and Engineering Sciences waren Dr. Tim Huege und Dr. Markus Roth, beide IAP, erfolgreich und haben zusammen mit den Kollegen Komiko Kotera, Institut d'Astrophysique de Paris, und Olivier Martineau, Laboratoire physique nucléaire et hautes énergies, das Projekt „NUTRIG: neuartige Methoden für reine, effiziente und skalierbare autonome Radiodetektion hochenergetischer Neutrinos und kosmischer Strahlung“ mit einer Laufzeit von 36 Monaten eingeworben.

Im Horizon-2020 Call: H2020-MSCA-RISE-2020 (Marie Skłodowska-Curie Research and Innovation Staff Exchange) hat Dr. Andreas Haungs, IAP, erfolgreich mit zahlreichen internationalen Institutionen unter der Koordination des INFN, Sezione di Frascati, das Projekt „Probes of new physics and technological advancements from particle and gravitational wave physics experiments. A cooperative Europe - United States - Asia effort.“ (PROBES) eingeworben.

Längerfristige Kooperationen

- KATRIN-Kollaboration
- Pierre-Auger-Kollaboration
- IceCube-Kollaboration
- EDELWEISS-Kollaboration
- XENON-Kollaboration
- DARWIN-Kollaboration
- Helmholtz-Allianz für Astroteilchenphysik (HAP)
- DDAp – Doppelpromotionsprogramm mit der UNSAM Buenos Aires
- Helmholtz International Research School for Astroparticle Physics and Enabling Technologies
- PUNCH4NFDI – Konsortium in der NFDI

A.1.4.5.4 Institut für Nanotechnologie (INT)

Leitende Personen:

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Horst Hahn (Berufungsdauer: bis September 2022)

Kurzdarstellung

Das Institut für Nanotechnologie (INT) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wurde im Juni 1998 auf Initiative des damaligen Forschungszentrums (heute KIT Großforschungsaufgabe), der damaligen Universität Karlsruhe (TH) (heute KIT Universitätsaufgabe) und der Universität Straßburg gegründet. Weltweit anerkannte naturwissenschaftliche Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Nanowissenschaften mit Blick auf mögliche Anwendungen und die Förderung des exzellenten wissenschaftlichen Führungsnachwuchses sind die herausragenden Ziele des Instituts. In internen Strategiesitzungen, im Dialog mit der zukünftigen Ausrichtung der Gemeinschaftsforschung und auf Basis der periodischen Begutachtungen der Helmholtz-Gemeinschaft werden die hohe wissenschaftliche Qualität, Originalität und Anwendungsrelevanz der verschiedenen Forschungsthemen sichergestellt. In diesem Rahmen hat das INT

für die Vorbereitung der POF IV-Periode ein Impulspapier zur Digitalisierung miterarbeitet und auch über die von Prof. Dr. Wolfgang Wenzel begleitete neue Materialforschungsstrategie der Helmholtz Gemeinschaft hat das INT federführend mitgewirkt. Ebenso ist das für die Helmholtz-weite synergistische Vernetzung der Materialforschungsaktivitäten verantwortliche Joint Lab „Virtual Materials Design“ (VMD) am INT angesiedelt worden, mit Prof. Wenzel als Koordinator. Zudem ist das INT am Aufbau der vom BMBF geförderten Plattform MaterialDigital federführend beteiligt und ist bestrebt die Digitalisierungsaktivitäten sukzessive auszubauen.

Das INT ist als Plattforminstitut mit derzeit 16 wissenschaftlichen Abteilungen (Stand Dezember 2021) organisiert, die jeweils von international ausgewiesenen Universitätsprofessorinnen und –professoren aus dem KIT und von den Universitäten Basel, Darmstadt, Gießen, Mailand und Straßburg in enger wissenschaftlicher Kooperation geleitet werden. Eine Besonderheit des INT ist dabei der interdisziplinäre Arbeitsansatz, der als Schlüsselfaktor für den Erfolg und für die weltweite Reputation angesehen wird: in interdisziplinären Forschungsgruppen bearbeiten theoretisch und experimentell ausgerichtete Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Chemie, Physik, Material- und Ingenieurwissenschaften und Biologie gemeinsam die wissenschaftlichen Themenfelder. Dies spiegelt sich auch im multidisziplinär zusammengesetzten Direktorium wider. Dabei kooperiert das INT auf nationaler und auf internationaler Ebene sehr eng mit führenden Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Die Entwicklung wirtschaftlich aussichtsreicher Innovationen wird vorangetrieben, indem das INT eng mit Partnern aus der Wirtschaft zusammenarbeitet. Die Anwendungsrelevanz der Forschung am INT wird beispielhaft belegt durch die enge Kooperation im Bereich der Entwicklung von Batteriematerialien im gemeinsam mit der Industrie betriebenen Labor BELLA. Zusätzlich stellt das am INT angesiedelte Kompetenznetzwerk „NanoMat“ eine ausgezeichnete Kommunikationsplattform für den Austausch zwischen Forschungsinstitutionen und der Industrie dar. Ebenfalls am INT angesiedelt ist das KIT-Zentrum „Materialien“ mit der Geschäftsführerin Dr. Nathalie Matter-König und dem wissenschaftlichen Sprecher Prof. Dr. Wolfgang Wenzel, Abteilungsleiter am INT.

Im Jahr 2021 war das INT in den Forschungsprogrammen der Helmholtz- Gemeinschaft „Materials Systems Engineering“ (MSE), „Natural, Artificial and Cognitive Information Processing“ (NACIP) und im Programm „Materials and Technologies for the Energy Transition“ (MTET) eingebunden. Weiterhin zeichnet das INT verantwortlich für das stark angefragte Labor für Mikroskopie und Spektroskopie der Karlsruhe NanoMicro Facility (KNMFi), einer wissenschaftlichen Einrichtung für externe Nutzerinnen und Nutzer von nationalen und internationalen Universitäten und Forschungseinrichtungen.

Die FuE-Arbeiten des INT sind innerhalb der PoF IV-Periode auf die folgenden Programmthemen ausgerichtet:

- Festkörperphysik, Nanoelektronik, Kohlenstoff-Nanostrukturen und molekulare Bausteine;
- Funktionale Nanomaterialien, Nanokatalyse sowie druckbare Elektronik und Systeme;
- Optik und Photonik;
- Elektrochemische Energiespeicherung und
- Karlsruhe NanoMicro Facility (KNMFi).

Mit moderner, breitgefächelter technischer Infrastruktur und dem anregenden, multidisziplinären wissenschaftlichen Umfeld bietet das INT hervorragende Bedingungen für den wissenschaftlichen Nachwuchs und für dessen weitere Qualifizierung und Entwicklung in Führungspositionen in der Wissenschaft. Im Jahr 2021 wurden 141 Doktorarbeiten von Mitarbeiterinnen

und Mitarbeitern des Instituts betreut; davon schlossen 19 Doktorandeninnen und Doktoranden ihre Dissertation am INT ab.

Mit derzeit 361 in der Clarivate-Web of Science Datenbank (386 in der KITopen-Datenbank) gelisteten Publikationen mit Erscheinungsjahr 2021 (Vorjahr: 341) ist die Publikationsleistung des Instituts weiterhin sehr hoch. Damit trug das INT wesentlich zu der guten Performanz der Programme MSE, NACIP und MTET bei. Der Hirsch-Index des INT stieg auf 176 (Vorjahr: 164). Die INT-Abteilungsleiter Prof. Dr. Jürgen Janek und Prof. Dr. Martin Wegener wurden wie im Vorjahr vom Medienkonzern Clarivate als „Highly Cited Researchers“ ausgezeichnet. Die hohe Qualität der Publikationen des INT wird auch dadurch belegt, dass ein großer Teil der Arbeiten in renommierten Zeitschriften (über 70 davon in Zeitschriften mit Impact-Faktor größer als 10, davon zwölf in der Familie der „Nature“-Publikationen) angenommen wurden und mit hohen Zitationszahlen ausgewiesen sind. Mit durchschnittlich 45 Semesterwochenstunden pro Semester sind wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des INT intensiv an der Lehre am KIT, an der TU Darmstadt und an der Universität Ulm beteiligt.

Zwei Highlights aus der Forschung seien hier beispielhaft genannt:

1) Neuartiges molekulares Material mit herausragender optischer Quantenkohärenz

Materialien, die sich für Quantentechnologien eignen, sind maßgeblich durch ihre Quantenkohärenz charakterisiert. In der Arbeit wird ein neuartiges molekulares Material vorgestellt, das eine herausragende optische Quantenkohärenz zeigt – mit einer ca. 1000x längeren Kohärenzlebensdauer als bisher beobachtet. Zudem erlauben die optischen Eigenschaften den direkten Zugriff auf langlebige Spinfreiheitsgrade, die die Basis für Quantenarchitekturen mit Quantenspeichern und Quantennetzwerkknöten bilden. (Nature Communications, DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22383-x>).

2) Neue Materialien: Wenn Schallwellen rückwärtslaufen

Akustische Wellen in Gasen, Flüssigkeiten und festen Stoffen weisen üblicherweise eine fast konstante Schallgeschwindigkeit auf. Eine Ausnahme bilden sogenannte Rotonen: Die Schallgeschwindigkeit ändert sich deutlich mit der Wellenlänge, und auch rückwärts laufende Wellen sind möglich. Forschende am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) arbeiten daran, Rotonen in künstlichen Materialien zu nutzen. Diese am Computer entwickelten und mit ultrapräzisen 3D-Laserdruck hergestellten Metamaterialien könnten in Zukunft Schall auf bisher unerreichte Weise manipulieren oder lenken. (Nature Communications, DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23574-2>).

Der Anwendungsbezug der wissenschaftlichen Arbeiten am INT zeigt sich auch an sieben neuen Patentanmeldungen im Jahr 2021 sowie an den Ausgründungen mit Beteiligung oder unter Federführung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern. Die in den letzten Jahren gegründeten Firmen Nanoscribe GmbH (Technologie der dreidimensionalen Laserlithographie), Nanomatch (Software zur Multiskalen-Modellierung für ein breites Anwendungsspektrum) und n.able GmbH (Geräte zur Erzeugung von Oberflächenmustern aus bioaktiven Stoffen mit Auflösung im Nanometerbereich) zeugen von der Innovationskraft der wissenschaftlichen Arbeiten am INT.

Strategische Ereignisse

Mit der Gründung des Instituts für Quantenmaterialien und Technologien (IQMT) zum 1. Januar 2020 und dem damit verbundenen, vollständigen oder teilweisen Transfer von Forschungsabteilungen und etwa 20% der Forschenden aus dem INT an das IQMT, setzt das INT

sein strategisches Ziel der Fokussierung auf informationsbasiertes Materialdesign konsequent um und schärft damit sein Profil in substantieller Weise. Damit füllt das KIT und INT die veränderten Helmholtz-Strukturen im FB Information mit Leben: Die Quanten-Aktivitäten des KIT werden in diesem neuen Institut gebündelt und so sehr sichtbar dargestellt.

Um diese neuen PoF-Ziele im Forschungsbereich Information bestens zu erreichen, ergingen im Jahr 2021 zwei strategisch wichtige Rufe:

1. Der Ruf auf die W3-Professur für „Informationsbasiertes Materialdesign und Nanowissenschaften“ als Nachfolge des Geschäftsführenden Direktors Prof. Dr.-Ing. Horst Hahn wurde erteilt.
2. Der Ruf auf die W3-Professur für „Elektronische Bauelemente und Systeme in zukünftigen Technologien“ erging an Prof. Dr. Jasmin Aghassi-Hagmann. Diese Professur soll eine wesentliche Brückenfunktion zwischen den Programmen im Forschungsbereich „Information“ erfüllen, wobei der Schwerpunkt im Programm MSE derzeit im Topic 1 “Functionality by information-guided Design: From molecular concepts to materials” im Bereich der gedruckten Elektronik und Sensorik liegt und diesen nachhaltig stärken soll. Prof. Aghassi-Hagmann nahm den Ruf an und trat die Professur am 1. Oktober 2021 an.

Prof. Wenzel vom INT ist weiterhin Sprecher des KIT-internen Netzwerks zu virtuellem Materialdesign, Sprecher des KIT-internen Zentrums „Materialien“ sowie auch Helmholtz-weit der Koordinator im Joint Lab Virtual Materials Design. Zudem ist das INT über Prof. Wenzel und Prof. Gumbsch am Aufbau der vom BMBF geförderten Plattform Material Digital federführend beteiligt.

Die beiden erfolgreichen Anträge des KIT zur Exzellenzstrategie „3D Matter Made to Order (3DMM2O)“ und „Energy Storage Beyond Lithium“ (POLiS) haben starke INT-Beteiligungen. Um für die Aktivitäten des POLiS-Clusters die räumlichen Bedingungen zu verbessern, wurde das Gebäude 717 wieder dem INT zur Verfügung gestellt. Dort werden die Aktivitäten von Gruppen des POLiS-Clusters mit anderen Forschungsgruppen im Bereich Batterieforschung (BELLA, HIU, IAM-ESS, TFT) gebündelt. In diesem Zusammenhang wurde der Sprecher des POLiS-Clusters Prof. Dr. Maximilian Fichtner von der Universität Ulm (und HIU) an das INT als Abteilungsleiter angebunden.

Die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, unter besonderer Berücksichtigung der Gender- und Diversity-Aspekte, ist ein erklärtes Ziel des INT. Seit 2021 forschen nun vier Abteilungsleiterinnen und fünf Gruppen- bzw. Projektleiterinnen am INT. Frau Dr. Eva Blasco wurde zur Junior-Professorin an der Universität Heidelberg berufen, verbleibt jedoch als assoziierte Gruppenleiterin am INT. Mit Jun.-Prof. Dr. Pascal Friederich wurde eine weitere assoziierte Gruppe zu Methoden der Künstlichen Intelligenz für die Materialforschung an das INT angebunden. Pascal Friederich wurde kürzlich mit dem Heinz Maier-Leibnitz-Preis der DFG für wissenschaftlichen Nachwuchs ausgezeichnet.

Längerfristige Kooperationen

Das INT unterhält langfristige Kooperationen mit nationalen und internationalen Universitäten, wie z. B. der Justus-Liebig-Universität Gießen, der Technischen Universität Darmstadt (Gemeinschaftslabor), der Universität Ulm (über das Helmholtz-Institut Ulm), der Universität Basel, der Università degli Studi di Milano, der Queensland University of Technology, der Universität Heidelberg und der Universität Straßburg. Aufbauend auf dem von Prof. Schimmel etablierten „Center of Single Atom Electronics and Photonics“ konnte auch ein langfristiger Kooperationsvertrag mit der ETH Zürich auf dem Gebiet der Quantentechnologien abgeschlossen werden.

Es bestehen zahlreiche wissenschaftliche Forschungsprojekte, in die verschiedene Unternehmen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen eingebunden sind. Der Kooperationsvertrag des KIT mit der BASF SE für das gemeinsame Batterie- und Elektrochemie-Labor BELLA wurde beginnend zum 1. Januar 2020 um vier Jahre bis Ende 2023 verlängert.

Besonders zu erwähnen sind auch die Kooperationen mit Partnern in China. Am Lehn-Institut an der Sun Yat-Sen University in Guangzhou, China, sind die INT-Abteilungen von Mayor und Powell/Fenske beteiligt. Hier sind die Mitarbeiter Dr. Andreas Eichhöfer und Dr. Olaf Fuhr als Adjunct Assistant Professor angebunden. An der Nanjing University of Science and Technology (NJUST) in Nanjing, China, wird mit dem „Herbert Gleiter Institute of Nanoscience“ ein materialwissenschaftlich orientiertes Institut mit Beteiligung der INT-Abteilung Hahn betrieben. Diese Institute fördern intensiv den gegenseitigen Austausch von Wissenschaftlern/-innen und Doktoranden/-innen. Seit vielen Jahren besteht ein intensiver Austausch von Master-Studierenden und Post-Doktorand/-innen mit dem IIT Madras in Indien, der durch zahlreiche gemeinsame Publikationen und mittlerweile zwei deutsch-indische Projekte (DFG) belegt wird. Auch mit der University of Waterloo in Kanada besteht eine Kooperation zum Austausch von Master-Studierenden.

A.1.4.5.5 Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE)

Leitende Person

Institutsleiter: Dr. Matthias Kleifges (kommissarisch seit 1. Oktober 2020)

Kurzdarstellung

Das IPE erforscht innovative Technologien in den Helmholtz-Programmen MT, MU, ESD, MTET, MSE und 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 2021 waren im IPE 78 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigt, darunter 29 Akademikerinnen und Akademiker, 23 Ingenieurinnen und Ingenieure sowie 25 Promovierende. Hinzu kamen verteilt über das Jahr 6 Gastwissenschaftler, 28 Bachelor- und Masterstudierende, 9 DHBW-Studierende sowie 3 Auszubildende und 8 Praktikantinnen und Praktikanten.

Nachfolgend werden ausgewählte Beiträge zu den verschiedenen Programmen dargestellt.

Programm MT

Im Programm MT koordiniert und prägt IPE das Thema „Detektortechnologie und -systeme“ (MT-DTS). Die am KIT vorhandene Infrastruktur für Detektortechnologien wird substanziell durch den Aufbau der Produktion von hochauflösenden supraleitenden Sensoren (HSS) erweitert. Das IPE strebt eine koordinierte nationale Detektorinfrastruktur im Rahmen des „Helmholtz Distributed Detector Laboratory (DDL)“ an (siehe strategische Ereignisse).

Das KIT ASIC- und Detektorlabor (KIT-ADL) entwickelt CMOS Sensoren für wissenschaftliche Anwendungen und hat auch 2021 zahlreiche Sensoren und Chips entworfen. So wurden u.a. die Testchips PANDAPIX2, CLICPIX, HVMAPS25-V2, HITPIX, ASTROPIX, HITINT sowie die Sensoren TELEPIX2 (für das Upgrade des DESY Teststrahlteleskops), MightyPIX (für LHCb) und ATLASPIX3.2 (Anwendungen in ATLAS, LHCb) hergestellt und erfolgreich getestet. Die Tests wurden am Strahl des Heidelberger Ionenstrahltherapiezentrum (HIT) durchgeführt, wo unser CMOS-Strahlmonitor HITPIX und unser Teleskop für sekundäre Teilchen erfolgreich genutzt werden konnten. In Zusammenarbeit mit der NASA haben wir mit der Sensorentwicklung ASTROPIX für das Compton-Teleskop AMEGO-X begonnen. Die Kollaboration mit der Universität in Genf resultierte in einigen Schaltungen und dem PicoPix-Sensor mit einer spezifizierten 100 ps Zeitauflösung in einem 130 nm SiGe BiCMOS-Prozess. Außerdem hat sich das KIT-ADL für das FASER-Experiment am Design des Digital-Analog-Wandlers, der Stromreferenz und der LVDS-Treiber beteiligt. Der Mehrzweck-Pixelauslesechip MPROC für das Projekt PLASMED-X wurde submittiert und erfolgreich getestet.

Das IPE hat einen silizium-photonischen Chip konzipiert, der einen optischen Multiplexer für Wellenlängen von 1524 nm bis 1574 nm mit mehreren Modulatoren als schnelle Transmitter in einem Chip integriert. Erstmals wurden Ringmodulatoren und Fotodioden integriert. Die Kopplung der polarisationserhaltenden Glasfasern an den Chip erfolgte durch einen schrägen Anschluss der Faser. Die besondere Herausforderung besteht in der präzisen Handhabung, da bereits kleinste Winkelfehler deutlich erhöhte Koppelverluste zur Folge haben.

Die Serienreife der für die Produktion der Detektormodule des STS-Detektors für das CBM-Experiment an der GSI wurde erreicht. Die Qualifizierung erster Testmodule an der GSI sind jedoch vielversprechend. Die Ausbeute beträgt ca. 90%, was für diesen frühen Projektstatus sehr gut ist.

Die für das CMS-Experiment entwickelte DAQ-Baugruppe Serenity-A2577 wurde erfolgreich in Betrieb genommen. Das Board beinhaltet extrem leistungsfähige programmierbare Elektronik sowie optische Transceiver mit 240 Datenleitungen à 25 Gbps. Es ist in das CERN Firmware Framework (EMP, SMASH) integriert und abgenommen worden. Das System wird für den Einsatz am Subdetektor Track Finder zusammen mit dem Kooperationspartner überarbeitet und ist nun auch für weitere Subdetektorgruppen des CMS-Experimentes vorgesehen.

Die Strahldiagnose-Instrumente KAPTURE und KALYPSO wurden weiterentwickelt. Die neueste KALYPSO-Version wird einen sehr empfindlichen TI-LGAD Sensor enthalten. Das Projekt profitiert hier vom Innovationspool-Projekt Tangerine zur Erforschung neuartiger Halbleitertechnologien. In Zusammenarbeit mit der Universität Lille wurde mit der Neuentwicklung THERESA begonnen, die für eine Abtastrate von Tera-Samples/s konzipiert ist. Im Rahmen des Projekts ACCLAIM des Helmholtz-Innovationspools wird an einer Integration von künstlicher Intelligenz in die Online-Datenauswertung gearbeitet.

Meghana M. Patil, Forscherin und Doktorandin am IBPT und am IPE, hat den internationalen Innovationspreis „Faraday Cup Award 2021“ für die am KIT entwickelte Strahldiagnose erhalten. Der prestigeträchtige Preis ging in seiner knapp 30-jährigen Geschichte erst zum vierten Mal nach Deutschland und erstmalig ans KIT.

Die Entwicklung der Auslesesysteme für metallisch magnetische Kalorimeter wurde intensiv vorangetrieben. Für verschiedene Hardwarekomponenten wurden neue Revisionen erarbeitet. Die Entwicklung der Firmware-Komponenten konnte abgeschlossen und deren Integration vorgenommen werden. Untersuchungen zur Skalierbarkeit der Systeme wurden begonnen. Zudem ist ein Emulator entstanden, der eine Vorcharakterisierung des Systems auch ohne Kryostat ermöglicht.

Das Technologietransferprojekt „3D-USCT Multicenter Study in China“ zur Brustkrebsfrüherkennung mit einem chinesischen Industriepartner wurde verlängert. Die beiden Prototypen

wurden erfolgreich in Betrieb genommen und erste Messungen mit Probandinnen wurden in Vorbereitung der geplanten klinischen Studie in China durchgeführt.

Programm MU

Auch im Jahr 2021 haben die zahlreichen Beiträge des IPE in den Bereichen Datenerfassung, IT-Infrastruktur, Detektorelektronik, Magnetfeldüberwachung, Steuerungstechnik und Hochspannungstechnik zum erfolgreichen Messbetrieb des KATRIN-Experimentes beigetragen. Neben zahlreichen Verbesserungen und der regelmäßigen Wartung wurden folgende Neuerungen entwickelt bzw. installiert:

- Neue Wand-Magnetometer wurden installiert und in die gemeinsame Control-Infrastruktur eingebunden. Zur Anpassung der Daten- und Analyseinfrastruktur an den aktuellen und absehbaren Bedarf (incl. TRISTAN) wurde unter Einbindung des SCC eine neue Cloud-Computing-Infrastruktur ausgewählt und mit deren Beschaffung begonnen. Die für zukünftige Experimente wegweisende Hardware wird im Gebäude des SCC vom IPE betrieben.
- Ein für KATRIN neu entwickeltes Kommunikationssystem ist am Monitorspektrometer erfolgreich getestet worden. Es verwendet das Plattform-unabhängige Protokoll OPC-UA und verbessert im Vergleich zur bisherigen Implementation die Stabilität erheblich. Neben den aktuellen Messwerten können auch historische Messdaten angezeigt werden.
- Ein neues DAQ-System zur Suche nach sterilen Neutrinos (TRISTAN) setzt das Konzept der detektornahen Digitalisierung mit hoher Integrationsdichte und schneller Datenverarbeitung durch Anbindung an eine digitale Backend-Hardware um. Die Firmware und Software für Tests und Signalverarbeitung sind soweit fertiggestellt, dass ein Testsystem für die Detektorentwicklung an die TU München übergeben werden konnte. Erste aufgenommene Spektren bestätigen die ausgezeichnete Qualität der Digitalisierung.

Zwei von IPE entwickelte Systeme zum Test der Elektronik des Oberflächendetektors des Pierre Auger Observatoriums sind beim italienischen Hersteller SITAEL im Einsatz. Die Produktion von 2000 Platinen ist dort weitgehend abgeschlossen. Unser Konzept produktionsbegleitender Tests hat sich bewährt. Etwa 200 Platinen wurden bereits vor Ort in Argentinien installiert, der vollständige Aufbau wird voraussichtlich bis Ende 2022 abgeschlossen werden.

Programm ESD

Im Programm ESD betreibt das IPE die AVT-Smartfab und entwickelt Konzepte, um Verbrauchs- und Zustandsdaten zu erfassen, zu übertragen und zu speichern. Die Übertragung zum zentralen IAI-Server basiert auf einem MQTT-Protokoll und unterscheidet sich somit signifikant von bislang verwendeten Kommunikationstechnologien. Daneben wurde mit der Übertragung der Daten in eine Influx-Datenbank begonnen, die für die Speicherung von Zeitreihendaten besser geeignet ist als SQL-Datenbanken.

Programm MTET

Die von uns entwickelte Hochvoltbatterie wird derzeit in Drittmittelprojekten mit der Firma Mahle eingesetzt. Sie wird zudem ein integraler Bestandteil des Solardaches sein, welches über dem Batteriecontainer installiert wird. Außerdem hat das IPE mit der Entwicklung eines bidirektionalen Ladesystems für E-Mobile begonnen. Das System realisiert die Antriebsbatterie eines E-Fahrzeuges, kann aber auch als stationärer Speicher für Privathaushalte oder industrielle Verbraucher genutzt werden.

Programm MSE

Das vollständig überarbeitete Layoutprogramm für unsere monolithisch integrierten, planaren, konkaven Gittermultiplexer hat zu zahlreichen Verbesserungen geführt. Mit dem Programm lassen sich jetzt Multiplexer mit deutlich geringerem Platzbedarf entwerfen.

Programm NACIP

Die Qubit-Kontroll- und Ausleseplattform wurde hinsichtlich ihrer Eigenschaften optimiert und mit deren Charakterisierung begonnen. Insbesondere die Beschreibungssprache QiCode und der zugehörige Compiler wurden um wichtige Funktionen ergänzt. Die Plattform ist bei verschiedenen Experimenten im Einsatz.

Strategische Ereignisse

Das Institut für Mikro- und Nanoelektronische Systeme (IMS) unter Leitung von Prof. Dr. Sebastian Kempf ist neuer strategischer Partner beim Aufbau des Entwicklungs- und Produktionszentrums für hochauflösende supraleitende Sensoren (HSS). Eine entsprechende Arbeitsgruppe zum Aufbau von HSS unter Leitung von Prof. Dr. Sebastian Kempf wurde am IPE eingerichtet. Die Beschaffung von Maschinen und deren Installation in einem Reinraum am IMS hat begonnen, und HSS wird Anfang 2023 in Betrieb gehen.

Im Sommer 2021 wurde der Antrag „Helmholtz Distributed Detector Laboratory (DDL)“ zum Aufbau einer nationalen Forschungsinfrastruktur zur Produktion und Entwicklung von Hochtechnologieelementen für Detektoren bei der Helmholtz-Gemeinschaft als „Strategische Ausbauinvestition“ eingereicht. Das IPE ist federführend bei der kryogenen Sensorproduktion und -charakterisierung, sowie bei optischen Übertragungstechniken.

Das IPE erforscht innovative Technologien in den vom Helmholtz-Innovationspool geförderten Projekten ACCLAIM (maschinelles Lernen), Tangerine (zukünftige Halbleiterkonzepte), SSQC (Quantencomputing) und Data-X (Datenreduktion).

Die Berufungskommission zur Findung eines neuen Institutsleiters hat eine Liste von Vorschlägen erarbeitet. Die Verhandlungen zur Besetzung der Stelle haben begonnen.

Längerfristige Kooperationen

Die breite Themenabdeckung des IPE und die Beteiligung an sechs Helmholtz-Programmen führen zu zahlreichen Kooperationen innerhalb des KIT, mit anderen Helmholtz-Zentren und mit deutschen und europäischen Universitäten. Durch die Mitgliedschaft in internationalen Kollaborationen wie Auger, Belle II, CBM, CMS, PANDA und KATRIN bestehen Kontakte auf internationaler Ebene zu etwa 100 Institutionen in zahlreichen Ländern, insbesondere in Argentinien, England, Frankreich, Italien, in den Niederlanden und in den USA.

A.1.4.5.6 Institut für Photonenforschung und Synchrotronstrahlung (IPS)

Leitende Personen

Prof. Dr. Gerd Tilo Baumbach, Prof. Dr. Clemens Heske

Kurzdarstellung

Mit seiner wissenschaftlichen Expertise und einer Kombination aus Synchrotron- und Laborinfrastruktur richten sich die Aktivitäten des Instituts für Photonenforschung und Synchrotronstrahlung (IPS) auf methodische Forschung und Entwicklung zu Röntgentomographie-, Spektroskopie- und Streu-Verfahren. Dabei liegt der Fokus auf Hochdurchsatz-, *in situ*-, *operando*- und *in vivo*- Charakterisierung von Materialien (inkl. Biomaterialien und Geweben) und von technologischen und biologischen Prozessen und deren Anwendung in den Material- und Lebenswissenschaften, mit besonderer Ausrichtung auf die Forschungsschwerpunkte des KIT, insbesondere im Bereich der Energie- und Informationstechnologien, und seiner Aktivitäten in den Helmholtz-Programmen. Im Rahmen des Helmholtz-Programms „From Matter to Materials and Life“ (MML) werden Beiträge zu den Research Topics RT2: „Materials – Quantum, Complex and Functional Materials“ und RT3: „Life Sciences – Building Blocks of Life: Structure and Function“ geleistet.

Das IPS kooperiert hierbei mit anderen Instituten des KIT, mit Partnern in BMBF-Verbundprojekten, 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 Promovierenden die frühe und intensive Einbindung in ein internationales Forschungsumfeld. Ein besonderes Augenmerk des IPS liegt auf dem Erhalt und der Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Exzellenz und technischen Kompetenz zur Anwendung von Synchrotronstrahlung, nebst der dazu notwendigen Ausbildung und Weiterentwicklung seiner Mitarbeitenden.

Strategische Ereignisse

In situ- und operando Charakterisierung von Materialien, Prozessen für Energie- und Informationstechnologien mittels spektroskopischer und bildgebender Synchrotronmethoden sowie mittels Streumethoden (im MML Research Topic: „Materials: Quantum, Complex and Functional Materials“)

Sulfatverbindungen formen sich insbesondere beim Altern von energierelevanten Systemen wie Lithium-Schwefel-Batterien, Dünnschichtsolarzellen oder Katalysatormaterialien. Für eine Optimierung der Langzeitstabilität ist es daher von großer Bedeutung, die auftretenden Sulfate genau zu spezifizieren. Dies kann nun mit einer Kombination aus Weichröntgenspektroskopie und Spektrenberechnungen mit Hilfe der Dichtefunktionaltheorie erreicht werden. Die Weichröntgenspektroskopie ist extrem empfindlich auf die chemische Umgebung einer ausgewählten Atomsorte und damit ideal zur Bestimmung von chemischen Verbindungen in den untersuchten Materialien geeignet. In der vorliegenden Arbeit konnte nun gezeigt werden, dass Sulfatverbindungen nicht nur deutlich von anderen Schwefelverbindungen unterschieden werden können, sondern dass es die Weichröntgenspektroskopie sogar erlaubt, das Kation des Sulfates zu bestimmen, was mit anderen experimentellen Techniken nicht möglich ist. Dabei

zeigen die unterschiedlichen Sulfate einen spezifischen „Fingerabdruck“, der mit Hilfe von Spektrenberechnungen im Detail verstanden werden kann.

In den letzten zehn Jahren haben organisch-anorganische Hybrid-Perowskit-Solarzellen (PSCs) eine große Aufmerksamkeit erfahren. Der Wirkungsgrad konnte rapide gesteigert werden, so dass auf der Laborskala mit einer Rekordeffizienz von 25% die etablierten polykristallin-Si, Cu(In,Ga)(S,Se)₂ und CdTe Technologien bereits überholt werden konnten. Allerdings ist die Anwendung von PSCs durch geringe Stabilität unter Umgebungsbedingungen noch deutlich eingeschränkt. Eine vielversprechende Strategie zur Erhöhung der Stabilität ist der Einbau einer zweidimensionalen (2D) Struktur in die dreidimensional (3D) Struktur des Perowskits. Solche 2D/3D Heterostrukturen können durch eine Nachbehandlung des Volumens der 3D Perowskit-Schicht mit großen organischen Kationen, wie n-Butylammoniumbromid (BABr) erreicht werden. Allerdings sind die dabei zugrundeliegenden Prozesse nur sehr wenig verstanden. Mit einer Kombination aus oberflächenempfindlicher Röntgenphotoelektronenspektroskopie und volumensensitiver resonanter inelastischer Streuung weicher Röntgenstrahlen (RIXS) ist es nun möglich, eine detaillierte Beschreibung der chemischen Struktur des 2D/3D Perowskiten zu liefern. Die Experimente enthüllen eine modifizierte chemische Perowskit-Oberflächenstruktur mit veränderten chemischen Umgebungen von Kohlenstoff, Stickstoff, Brom, Iod und Blei. Dies zeigt, dass die BABr-Behandlung zu einer veränderten Oberflächenzusammensetzung und Bindungsstruktur führt.

Weitere umfangreiche Untersuchungen dienen der Aufklärung des *in situ*-Wachstums, der Struktur und der Dynamik von dünnen Schichten und Nanostrukturen: So erlaubte die Kombination von oberflächennaher Röntgenstreuung, elektronenmikroskopischer Bildgebung und Spektroskopie die Aufklärung des *in situ* -Wachstums mittels Pulsed-Laser-Deposition von Platinelektroden für die Kontaktierung von multiferroischen Schichten, wobei die Perkolation entscheidend für die Filmqualität (Glätte, Leitfähigkeit) ist. [Time-Resolved Morphology and Kinetic Studies of Pulsed Laser Deposition-Grown Pt Layers on Sapphire at Different Growth Temperatures by *in situ* Grazing Incidence Small-Angle X-ray Scattering, Bauer et al., *Langmuir* 2021, 37, 734]. In einer Zusammenarbeit zwischen DESY, KIT und weiteren Partnern wurden Zellulose-Nanopartikel-Komposite in dünnen Filmen per Sprühbeschichtung abgelagert und *in situ* charakterisiert. Dabei wurden laserablatierte Silberpartikel frei von chemischen Zusätzen für sensorische Anwendungen genutzt. [Layer-by-Layer Spray-Coating of Cellulose Nanofibrils and Silver Nanoparticles for Hydrophilic Interfaces, Qing Chen et al., *ACS Appl. Nano Mater.* 2021, 4, 503]. Die Struktur und Gitterdynamik von Europium-Sesquioxid (Eu₂O₃) wurden experimentell und theoretisch vergleichend für mehrere auftretende Phasen (kubisch, trigonal und monoklin) untersucht, wobei insbesondere die Phononen-Struktur Mechanismen der Phasenübergänge zwischen diesen Phasen erklärt. [Lattice Dynamics and Structural Phase Transitions in Eu₂O₃, Łażewski et al., *Inorganic chemistry*, 60, 9571]. Durch Kombination von *in situ*- und *ex situ*- Elektronen- und Röntgenbeugung und Elektronenmikroskopie während des Nanodraht-Wachstums konnten modellunabhängig höhenaufgelöste Strukturinformationen zum Polymorphismus in mit Molekularstrahlepitaxie gewachsenen Nanodrähten gewonnen und damit dem sog. VLS-Wachstumsmodell (VLS: vapor–liquid–solid) zugrundeliegende Annahmen und Benetzungsbedingungen des Keimtropfens überprüft werden. [Correlating *in situ* RHEED and XRD to study growth dynamics of polytypism in nanowires, Jakob et al., *Nanoscale*, 2021, 13, 13095].

Bildgebung höherer hierarchische Ebenen von Organismen für die Lebenswissenschaften (im MML Research Topic: „Life Sciences: Building Blocks of Life: Structure and Function“)

Das IPS entwickelt Synchrotron-basierte Hochdurchsatz-Mikrotomographie und -Laminographie für morphologischen Vergleichsstudien großer Probenreihen in der Materialforschung und

den Lebenswissenschaften. In Kooperation mit den Universitäten Heidelberg, Stuttgart-Hohenheim, dem EMBL und weiteren Partnern betreibt das IPS Hochdurchsatz-Bildgebung zur Untersuchung von Modellorganismen (Frosch, Fisch) und diverser Gliederfüßer-Sammlungen mit dem Ziel der Korrelation der Morphologie mit Genetik und Umwelteinflüssen. So trugen *in vivo* Phasenkontrastmikrotomographie und korrelative Bildgebungsverfahren dazu bei, Kapillarität und aktive Zellbewegung bei der Mesendoderm-Translokation in der *Xenopus*-Gastrula zu entschlüsseln [Nagel et al., *Development*, 2021, 148, dev198960]. Die äußerst effiziente Datenakquisition am IPS erlaubt es, dafür immense Mengen an 3D-Daten zu generieren. Derzeit wird daran gearbeitet, durch den gezielten Einsatz von künstlicher Intelligenz auch eine effiziente morphologische Bildanalyse von Großserien zu ermöglichen. Ein entscheidender Teil der tomographischen Bildanalyse ist die Segmentierung, in diesem Anwendungsfeld die Segmentierung der einzelnen Organe eines Organismus. Gemeinsam mit den Partnern wurde dazu kürzlich eine leicht zu bedienende Open-Source Online-Plattform für die semi-automatische – und damit verbesserte und beschleunigte – Segmentierung von 3D-Daten entwickelt und getestet [Lösel et al., *Nature Commun.*, 2020, 11, 5577]. Die Plattform ermöglicht darüber hinaus das Training künstlicher neuronaler Netze zur weiteren Beschleunigung die Segmentierung großer Probenserien. Dadurch rückt die Möglichkeit einer vollständig automatisierten Segmentierung der Volumendaten für große komparative Studien in breiten wissenschaftlichen Feldern der Material- und Lebenswissenschaften in greifbare Nähe. Denn noch ist es für solch große Datensätze sehr kostspielig und zeitaufwendig, die genaue 3D-morphologische Segmentierung zu erhalten. Selbst der Aufwand des Trainings von neuronalen Netzen ist noch sehr hoch. Die Annotation erfolgt in der Regel für eine begrenzte Anzahl von 2D-Schichten, gefolgt von einer Interpolation, die jedoch häufig zusätzliche Fehler mit sich bringt. IPS entwickelte daher u.a. eine Pre-Training-Methode *SortingLoss*, die das Pre-Training auf Schnittbildern statt wie bisher auf Volumina durchführt, so dass ein CNN-Modell auf einem spärlichen Satz von Schnittbildern feinabgestimmt werden kann. Erste Ergebnisse erlaubten die automatisierte Segmentierung der 3D-Morphologie von Gehirnstrukturen in Medaka, einem wichtigen Fischmodell [Zharov et al., *arXiv*, 2022, 2203.09372v1]. *Xenopus* und Medaka sind wichtige Wirbeltier-Modelorganismen, deren Korrelation der Organmorphologie und Morphogenese mit Genetik Rückschlüsse auf genetische Krankheitsursachen des Menschen erlauben. Darüber hinaus können am IPS entwickelte Verfahren zur Bildanalyse auch direkt für medizinische Fragestellungen genutzt werden. So wurde die oben beschriebene *SortingLoss* Methode auch erfolgreich zur Segmentierung medizinischer CT-Datensätze von mit Covid-19 infizierten Lungen getestet [Zharov et al., *arXiv*, 2022, 2203.09372v1].

Weitere μ CT-Hochdurchsatz-Anwendungen gelten Arthropoden-Serien. Insekten gehören zu den artenreichsten und vielfältigsten Organismengruppen der Welt. Durch das beschleunigt voranschreitende Artensterben sind sie in den Blickpunkt des öffentlichen Interesses gerückt, und damit auch die Intensivierung wissenschaftlicher Forschung zu ihrer Rolle für die Biodiversität unseres Planeten und die aus dem Artensterben entstehende Bedrohung unserer Ökosysteme. An der UFO-Experimentierstation der KIT Light Source werden daher gegenwärtig große Mengen unterschiedlichster Insekten (*Wespen*, *Ameisen*, *Käfer* etc.) mit Hochdurchsatztomographie untersucht, um besser zu verstehen, welche morphologischen Anpassungen im Körperbau den jeweils entscheidenden evolutionären Vorteil zur Ausprägung großer Artenvielfalt einzelner Insektengruppen gebracht haben und welche Umweltveränderungen im Umkehrschluss diese Vorteile eventuell wieder zunichtemachen könnten. In den mikrotomographischen 3D-Bildern der *Erzwespen* entdeckten die Forschenden u.a. einen neuen Typ von Mundwerkzeugen: *Flexible* Mandibeln, die dieser besonders artenreichen Gruppe winziger Insekten einen entscheidenden evolutionären Vorteil gebracht haben [van de Kamp et al., *Proc.*

Royal Soc. B., 2022, 289, 20212086]. Weltweit gibt es geschätzte 500.000 Arten von Erzwespen. Die meisten entwickeln sich parasitisch in oder an anderen Insekten, die den Wespenlarven somit als Nahrung dienen. Den Erzwespen gelingt dies in allen denkbaren Lebensräumen. Ein Schlüssel für diesen Erfolg liegt in ihrer Fähigkeit, auch verborgene Insekten in schwer zugänglichen Umgebungen, wie zum Beispiel Holz oder anderen Pflanzenteilen, als Wirte nutzen zu können, welche den konkurrierenden Insektengruppen weitgehend verwehrt blieben. Nur den Erzwespen erlaubt der unter dem Röntgenlicht entdeckte Mechanismus *flexibler* Mandibeln mit *nur einem, dafür aber frei drehbaren Gelenk* selbst innerhalb beengtster Schlupfporte ein Schneiden in jeder möglichen Bewegungsrichtung. Die Mikrotomographie gibt eine detaillierte digitale Darstellung des Inneren der Wespenköpfe, ihrer Mandibeln und der zugehörigen Muskulatur. Es zeigte sich, dass sämtliche Erzwespen diese flexibel beweglichen Mandibeln besitzen, während dies bei allen anderen Wespen und Insektengruppen mit kauenden Mundwerkzeugen anscheinend nicht der Fall ist. Die Entwicklung dieser in den röntgentomographischen Rekonstruktionen sichtbar gemachte einzigartige Morphologie flexibler Erzwespenmandibeln stellte damit ein *evolutionäres Schlüsselereignis* und die Grundlage zur Besetzung wichtiger neuer ökologischer Nischen dar. Sie schuf eine entscheidende Voraussetzung für die Entstehung ihrer heutigen extrem großen Artenvielfalt.

Weitere Untersuchungen galten 219 *Ohrwurm- und Steinfliegenarten*, von denen die Korrelationen zwischen Nymphen- und Erwachsenenmerkmalen quantifiziert wurde. Es konnte gezeigt werden, dass die Kopfmorphologie der erwachsenen Tiere weitgehend durch die Ökologie der Nymphen bestimmt wird [Peter Rühr et al., *Proc. Royal Soc. B*, 2021, 288, 20210616]. Bei *Spinnen* wurden neue Einblicke in die Strömungsmechanik der hydraulischen Fortbewegung von Spinnen gewonnen. Die dreidimensionale Struktur der entscheidenden Gelenke wurde rekonstruiert und der Flüssigkeitsstrom im Inneren des Spinnenbeins aufgeklärt [Chantal Göttler et al., *Soft Matter*, 2021, 17, 5532]. Dies ermöglichte eine Quantifizierung der rheologischen Eigenschaften der Hämolymphe ("Blut") unter physiologischen Bedingungen. Die Untersuchungen sind auch von hohem Interesse für die Bionik.

Längerfristige Kooperationen

Das IPS unterhält längerfristige Kooperationen mit national und international führenden Institutionen im Rahmen zahlreicher Forschungsprojekte, in die z.T. auch verschiedene Unternehmen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen eingebunden sind.

Öffentliche Einrichtungen

Advanced Light Source (ALS, USA), Charles University (Prag, Tschechien), Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY), European Synchrotron Radiation Facility (ESRF, Frankreich), Federal Research Centre „Crystallography and Photonics“ (FSRC-RAS, Russland – *derzeit ausgesetzt*), Institut Laue-Langevin (Grenoble, Frankreich), Institute of High Pressure Physics UNIPRESS (Polen), MINES ParisTech (Frankreich), National Research Tomsk Polytechnic University (Russland – *derzeit ausgesetzt*), Staatliches Naturkundemuseum Stuttgart, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Universität Erlangen-Nürnberg, Universität Freiburg, Universität Heidelberg, Universität Hohenheim, Universität Poitiers (Frankreich), Universität Siegen, University of Nevada Las Vegas (UNLV, USA), Staatliches Naturkundemuseum Stuttgart (SNMS) .

Industriepartner

AVANCIS GmbH, Continental Automotive GmbH, Vifor International AG (Schweiz).

A.2 Programmanteile des Zentrums (LK I und LK II)

A.2.1 Überblick zum Forschungsbereich Energie

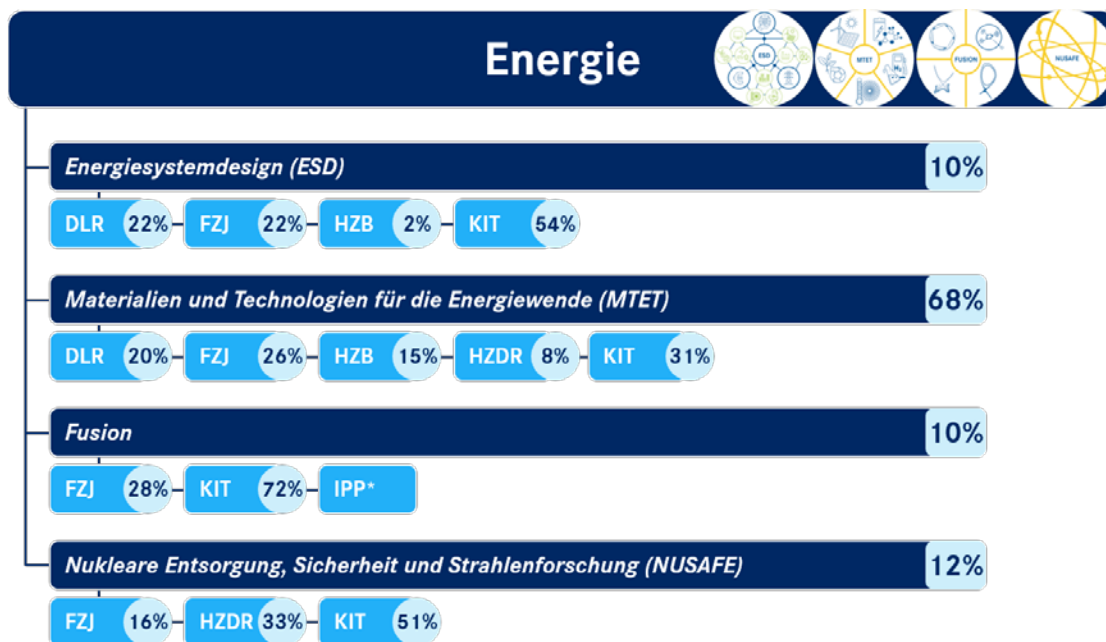
A.2.1.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Senat

Koordinator: Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka (KIT)

Beteiligte Helmholtz-Zentren: DLR, FZJ, HZB, HZDR, KIT

A.2.1.1.1 Der Forschungsbereich im Überblick:

Mit Forschung von den Grundlagen bis zur Anwendung schafft der Forschungsbereich Energie (FB Energie) die wissenschaftlichen Voraussetzungen für eine klimaneutrale Energieversorgung, die ökonomisch und gesellschaftlich tragbar ist. 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 der FB Energie ganzheitliche, sektorenübergreifende Konzepte und Lösungen für ein Energiesystem der Zukunft. Den Herausforderungen zum Umbau des Energiesystems hin zu erneuerbaren Quellen begegnet der FB Energie mit seiner **wissenschaftlichen Schwerpunktsetzung in vier Programmen**:



* Das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) ist seit 2021 wissenschaftlich assoziierter Partner

Abbildung 1: Abbildung1 illustriert die Struktur des FB Energie mit den vier Programmen. Dabei sind auch die Größe der Programme und die Beteiligung der Zentren an diesen dargestellt.

Die in PoF IV am Forschungsbereich Energie **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. Januar 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 im FB Energie fortgeführt. Eine langfristige und besonders intensive Zusammenarbeit ist dabei in der Fusionsforschung vorgesehen („Wissenschaftliche Assoziierung“). 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 2021 war im FB Energie geprägt durch den Beginn der vierten Periode der Programm-orientierten Förderung (PoF IV). Die vier Programme des FB Energie nahmen die Arbeit in PoF IV planmäßig auf.

Energie System 2050 (ES2050) hat seine Arbeit als zentrale Plattform des Forschungsbereichs Energie zur programm- und FB-übergreifenden Vernetzung sowie dem Talentmanagement, der Öffentlichkeitsarbeit und dem Wissenstransfer (Outreach) aufgenommen.

Organisiert durch ES2050 hat die **Kickoff-Veranstaltung der PoF IV im FB Energie** am 2. Juli 2021 online mit mehr als 400 Teilnehmenden stattgefunden. Das Programm bestand aus einer Einführung in die PoF IV im FB Energie, einer Keynote Lecture von Prof. Jutta Hanson, Mitglied im Senat der Helmholtz-Gemeinschaft, einer Gesprächsrunde unter Beteiligung des FB-Koordinators und der Haupt-Ansprechpartner der Programme sowie 17 Workshops zu unterschiedlichen Energiethemen. Die Online-Veranstaltung hat das Wir-Gefühl im FB Energie gestärkt und zur Intensivierung der Vernetzung beigetragen.

Der FB Energie hat – koordiniert durch ES2050 – im Vorfeld der Bundestagswahl zwei **Positionspapiere** „Helmholtz-Technologieplattform für grünen Wasserstoff“ und „Materialforschungs-Plattform für die Energiewende“ erstellt.

Die Erstellung einer **Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR)** als Instrument für die strategische Forschungsplanung im FB Energie hat begonnen (mehr s.u. Kapitel 2).

Die **Infrastrukturplanung** des FB Energie, die entlang der großen Linien der Strategie des FB ausgerichtet ist, wurde 2021 aktualisiert, im Rahmen des Symposiums der Helmholtz-Gemeinschaft zur **Helmholtz-Roadmap Forschungsinfrastrukturen** im Juni vorgestellt und Ende 2021 veröffentlicht.

Unter federführender Beteiligung des FB Energie wurde die Erstellung der **Helmholtz-Materialforschungsstrategie** abgeschlossen. Die Strategie hat vor allem die Vernetzung von methoden- und informationsbasierten Ansätzen der **Materialforschung** mit den unterschiedlichen Anwendungsgebieten im Blick und stärkt so die Zusammenarbeit zur Materialforschung innerhalb des FB Energie sowie mit anderen Forschungsbereichen.

Der FB Energie wirkt weiterhin an der **Helmholtz-Digitalisierungsstrategie** mit. Ein Beitrag hierzu ist die in 2021 erstellte **Open-X Strategie** des FB Energie zu Open Access/Open

Data/Open Source (s.u. Kap. 2.1.1.2). Ebenfalls in 2021 hat der FB Energie eine **Internationalisierungsstrategie** erstellt (s.u. Kap. 2.1.1.2).

Weitere übergreifende Aktivitäten des FB Energie betrafen **Wasserstoff** als unverzichtbaren Baustein für die Energiewende, dies zeigt sich im Helmholtz-Kompetenzatlas Wasserstoff sowie den Beiträgen zu den nationalen und europäischen Wasserstoffstrategien. Im Rahmen der **Helmholtz-Klimainitiative** (HI-CAM) arbeitet der FB Energie an technischen Lösungen zur Vermeidung prozessbedingter CO₂-Emissionen und zur Realisierung von Negativemissionen, die sektorenübergreifend zum Erreichen der Treibhausgasneutralität beitragen werden. Ergebnisse wurden im November 2021 in Berlin im Rahmen der Dialog-Konferenz „Ein Klima – viele Disziplinen“ vorgestellt.

Bei den **Sitzungen des Management Boards (MB) und der Forschungsbereichsplattform** standen ebenfalls die hier genannten Aktivitäten und Entwicklungen im Fokus. Aufgrund der Corona-Pandemie wurden 2021 weiterhin alle Gremiensitzungen des FB Energie als Videokonferenzen durchgeführt.

Die erste Sitzung des **Strategischen Beirats des FB Energie** fand am 10.05.21 statt. Der Strategische Beirat hat dabei dem FB Energie eine sehr erfolgreiche Entwicklung bescheinigt und den – trotz der Corona-Pandemie – erfolgreichen Abschluss der PoF-III-Programme bestätigt. Bei der Besprechung der Strategie des FB für die Energiewende hat der Strategische Beirat u.a. Hinweise zur Rolle von Wasserstoff im zukünftigen Energiesystem gegeben. Außerdem hat er die Aktivitäten zur Materialforschung sowie die sehr positive Entwicklung des neuen Programms ESD begrüßt. Der Strategische Beirat hat weiterhin die zentrale Rolle der Grundlagenforschung betont sowie Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft als wichtiges Thema hervorgehoben.

A.2.1.1.2 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)** hat begonnen. HETR soll als technologieoffene Roadmap die Energiewende adressieren, mögliche Zukünfte aufzeigen und als Informations- sowie zentrales Strategieinstrument zur dynamischen Weiterentwicklung und Ausrichtung der Forschung des FB Energie beitragen. HETR wird durch einen HETR-Officer, der in der Koordinationsstelle des FB Energie angestellt und somit direkt beim Vizepräsidenten angesiedelt ist, wissenschaftlich und organisatorisch bearbeitet und begleitet. Der HETR-Officer initiiert und koordiniert die HETR-Arbeiten im FB Energie. Er stimmt sich

dazu mit den verantwortlichen Forschenden in den Programmen ESD, MTET und FUSION ab, hierzu wurde ein achtköpfiges Kernteam bestehend aus Wissenschaftlern aus den drei genannten Programmen gebildet. HETR fördert die Vernetzung zwischen den Programmen ESD, MTET und FUSION durch programmübergreifende Vernetzungstreffen sowie durch die gemeinsame Arbeit zur Erstellung der HETR. Ein Kurzworkshop wurde im Rahmen der Kickoff-Veranstaltung PoF IV im FB Energie im Juli organisiert. Der Online-Workshop „Leveraging Synergies Between Systems Analysis and Technology Research & Development“ fand im Oktober 2021 mit ca. 90 Teilnehmenden als Startpunkt für die programm-, themen- und disziplinübergreifende Vernetzungsarbeit statt. Die Erstellung der HETR wird auf die Beiträge einer Vielzahl von Forschenden unterschiedlicher Fachrichtungen angewiesen sein. Daher wurden sechs interdisziplinäre Fachgruppen mit insgesamt rund 100 Mitgliedern aus den Programmen MTET, ESD und FUSION gegründet. Aufgaben der Fachgruppen sind: 1. Im Auftrag von HETR-Officer und Kernteam Beiträge zur HETR ausarbeiten und 2. Nachhaltige Feedbackschleifen und Vernetzung zwischen System- und Technologieforschung – insbesondere zwischen den Programmen ESD und MTET – etablieren. Ein Konzept und eine Grundstruktur der HETR wurden entworfen und bilden die Basis für die weitere Bearbeitung in 2022.

Umfassendes Talentmanagement: Die Vorstände der Zentren werden ermutigt, die Strategie zu nutzen, um die Belegschaft auf allen Ebenen erheblich zu diversifizieren.

In den Strategien der Zentren des FB Energie nehmen das **Talentmanagement** und die **Chancengleichheit** eine wichtige Rolle ein. Die Vorstände aller Zentren im FB Energie streben eine weitere Diversifizierung der Belegschaft an. Entsprechende Ziele und Maßnahmen zu Talentmanagement und Rekrutierung sind in den Strategien der Zentren benannt. Für aktuelle Beispiele zum Talentmanagement s.u. Kap. 2.1.1.4.1.

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. Der FB Energie mit seiner Anwendungsnähe bringt sich aktiv in die Transferstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft ein. Die Zentren im FB Energie 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. 2.1.1.4.3.

FB-spezifische forschungspolitische Ziele:

- **Internationalisierungsstrategie** bis Ende 2021

Der FB Energie hat eine **Internationalisierungsstrategie**¹ „Expanding International Partnership – International Cooperation Strategy“ erstellt, die als Anlage dem Koordinatorenbericht beigelegt ist. Das Papier, das auf den Strategien der Zentren und Programme aufbaut, gibt einen Überblick über Maßnahmen zur Internationalisierung und benennt wichtige internationale Kooperationspartner. Die *International Cooperation Strategy* bildet die Basis für eine weitere Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit des FB Energie.

- Programmübergreifende **Strategie zu Open Access/Open Data/Open Source** bis Ende 2021

Der FB Energie hat eine **Open-X** (Open Access/Open Data/Open Source) **Strategie** erstellt, die als Anlage diesem Bericht beigelegt ist. Ziele der Open-X Strategie des FB Energie sind die Umsetzung der Open Science Strategie der Helmholtz-Gemeinschaft im FB Energie und in den einzelnen Programmen sowie die Bereitstellung von Open Science Content für die Energiewende in Deutschland, Europa und weltweit. Die Open-X Strategie des FB Energie ist entsprechend der Open Science Strategie der Helmholtz-Gemeinschaft ausgerichtet und basiert auf den Open-X Strategien der beteiligten Zentren.

Die Digitalisierung der Energiewende betrifft u.a. die Digitalisierung des Stromnetzes sowie der Infrastrukturen im Netz, den Einsatz von digitalen Zwillingen sowie Anwendungen weiterer informationsbasierter Methoden, z.B. bei Energiematerialien. Entsprechend wirkt der FB Energie mit seiner Open-X Strategie und darüber hinaus aktiv an der **Digitalisierungsstrategie** der Helmholtz-Gemeinschaft mit.

A.2.1.1.3 Entwicklung im Rahmen der programmübergreifenden Aktivitäten

A.2.1.1.3.1 Querschnittsthema 1: Bioeconomy meets Energy

- Koordinierende Sprecher: Ulrich Schurr (FZJ, FB Erde und Umwelt), Jörg Sauer (KIT, FB Energie)
- Beteiligte Programme: MTET (FB Energie); Changing Earth - Sustaining our Future (FB Erde und Umwelt)

Ansätze zur nachhaltigen Nutzung von Biomasse und Kenntnisse über biologische Systeme stellen einen wichtigen Baustein zur (Weiter-)Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft dar. Diese werden in einem integrierten Bioökonomie-Ansatz gemeinsam vom Forschungsbereich Energie und dem Forschungsbereich Erde und Umwelt vorangetrieben. Die Aktivitäten konzentrieren sich auf die Forschung zu neuartigen Prozessen, Prozessketten und Produkten, die hybride Ansätze nutzen, indem z.B. in der nachhaltigen Produktion von Kohlenstoff- und Energie-

¹ In der im Dezember 2021 fertiggestellten Internationalisierungsstrategie sind auch einige Kooperationen mit Russland genannt. Aktuelle Entwicklung zum Zeitpunkt der Abgabe dieses Berichts: Aufgrund des Kriegs in der Ukraine sind alle Kooperationen mit russischen Einrichtungen derzeit ausgesetzt.

trägern biochemische, (bio)elektrochemische, katalytische, thermo- und/oder photo-chemische Prozesse kombiniert werden. Sozio-techno-ökonomische Bewertungen von Verfahren, Rohstoffen und Produkten geben Orientierung für die naturwissenschaftlich-technische Entwicklung. Aufbauend auf einem zentren- und FB-übergreifenden Workshop wurden gemeinsame Projektideen entwickelt. Diese wurden für eine Beteiligung der Partner an der Helmholtz Sustainability Challenge und für weitere Projekte ausgebaut. Im Fall der Helmholtz Sustainability Challenge sind zwei Konsortien entstanden, deren Anträge im Dezember 2021 eingereicht wurden. Weitere gemeinsame Projektanträge sind in Vorbereitung.

A.2.1.1.3.2 Querschnittsthema 2: Geoenergie

- Koordinierende Sprecher: Thomas Kohl (KIT, FB Energie); Ingo Sass (GFZ) und Olaf Kolditz (UFZ), (beide FB Erde und Umwelt)
- Beteiligte Programme: MTET (FB Energie); Changing Earth - Sustaining our Future (FB Erde und Umwelt)

Das Querschnittsthema „Geoenergie“ untersucht geothermische Systeme als nachhaltige und sichere Quelle und Speicher für thermische Energie, besonders in urbanen Räumen. Der Fokus liegt dabei auf der Wärmespeicherung und der Infrastrukturentwicklung für die umfassende Analyse geothermischer Systeme unter Berücksichtigung öffentlicher Akzeptanz, die Optimierung geothermischer Anlagen sowie die Bewertung von Umweltauswirkungen. Dabei werden u.a. Methoden numerischer Modellierung, virtueller Realität und maschinellen Lernens genutzt. Schwerpunkte der Zusammenarbeit 2021 waren die Entwicklung der Forschungsinfrastruktur GeoLaB, Einwerbung und Start des BMWi-Verbundprojekts VESTA im Zusammenhang mit der Infrastruktur DeepStor, die Herausgabe des „Geothermal Energy Journal“ und die Entwicklung von Workflows und Toolboxes. Gemeinsam mit Fraunhofer-Instituten wurde die „Roadmap Tiefe Geothermie für Deutschland“ entwickelt, die Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft für eine erfolgreiche Wärmewende gibt.

A.2.1.1.3.3 Querschnittsthema 3: Nukleare Endlagerforschung

- Koordinierende Sprecher: Dirk Bosbach (FZJ, FB Energie); Michael Kühn (GFZ, FB Erde und Umwelt)
- Beteiligte Programme: NUSAFE (FB Energie); Changing Earth - Sustaining our Future (FB Erde und Umwelt)

Zur Endlagerforschung wurde eine fundierte Kooperation zwischen den am Programm NUSAFE beteiligten Helmholtz-Zentren (FZJ, HZDR, KIT) im FB Energie sowie GFZ und UFZ im FB Erde und Umwelt etabliert. Das von der Helmholtz-Gemeinschaft und dem BMBF geförderte Verbundprojekt iCROSS stellt weiterhin ein zentrales Element der Zusammenarbeit dar, mit einem hohen Maß an Interaktion und Abstimmung, trotz corona-bedingter Einschränkungen. U.a. bilden die Beteiligungen an internationalen Experimenten im Untertagelabor Mont Terri (CH) einen wichtigen Eckpfeiler der gemeinsamen Forschungsaktivitäten.

A.2.1.1.3.4 Querschnittsthema 4: Strahlenforschung

- Koordinierender Sprecher: Marco Durante (GSI)
- Beteiligte Programme: NUSAFE (FB Energie); Changing Earth - Sustaining our Future (FB Erde und Umwelt); Krebsforschung; Umweltbedingte und metabolische Erkrankungen (beide FB Gesundheit); Natural, Artificial and Cognitive Information Processing (FB Information); Raumfahrt (FB Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr (LRV)); Materie und Technologien; Von Materie zu Materialien und Leben (beide FB Materie)

Das Querschnittsthema Strahlenforschung (CCA-RR) wurde bereits in Vorbereitung von PoF III ins Leben gerufen, mit der Zielsetzung der Verbesserung der Sichtbarkeit und Vernetzung der einzelnen Aktivitäten in den verschiedenen Programmen und Forschungsbereichen. Für PoF IV hat sich das Querschnittsthema Strahlenforschung neu aufgestellt und auch erheblich erweitert, so dass sich nun neun Zentren aus allen sechs Forschungsbereichen der Helmholtz-Gemeinschaft beteiligen. Im Berichtsjahr wurde ein gemeinsamer, virtueller Workshop durchgeführt, um die unterschiedlichen Aspekte der Strahlenforschung in der Gemeinschaft transparent zu machen und insbesondere die verschiedenen zur Verfügung stehenden Infrastrukturen und Einrichtungen vorzustellen. Auf dieser Basis wurde mit der Erstellung eines Strategiepapiers begonnen, das die einzelnen Forschungsrichtungen, geordnet nach den beiden großen Linien *Strahlenschutz* (Strahlenökologie, nukleare Entsorgung, nukleare Notfälle, Weltraumstrahlenschutz, Risiken niedrigdosiger Strahlenbelastung) und *Strahlenmedizin* (Bildgebung, bildgeführte adaptive Strahlentherapie, neue Bestrahlungsmethoden, translationale Strahlentherapie und Strahlenbiologie, Radiopharmazeutika und Theranostik), zusammenführt und die Strategie des Querschnittsthemas für die kommenden fünf bis zehn Jahre aufzeigt. Dieses Strategiepapier soll im ersten Quartal 2022 finalisiert und der Helmholtz-Gemeinschaft zur Verfügung gestellt werden.

A.2.1.1.3.5 Querschnittsthema 5: Sektorenkopplung Energie und Mobilität

- Koordinierende Sprecher: Christian Sattler, Carsten Hoyer-Klick (beide DLR)
- Beteiligte Programme: Verkehr (FB Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr (LRV)), Energiesystemdesign (FB Energie)

Die Kopplung der Sektoren Energie und Verkehr ist ein wesentliches Element zu Flexibilisierung des Energiesystems und zur Defossilisierung beider Sektoren. Im Rahmen der Sektorenkopplung Energie und Verkehr sollen unterschiedliche Ansätze zur Kopplung der Systeme untersucht werden. Ebenso wurde die Integration der PV in Ladeinfrastrukturen von Busflotten untersucht.

Im Rahmen der Systemmodellierung werden Modelle der Energiesystemanalyse (z.B. REMix) und der Verkehrsforschung (z.B. CURRENT) miteinander gekoppelt, um z.B. die Wechselwirkung der Ladeinfrastruktur auf die Energiebereitstellung oder die Auswirkungen von variablen Preisen auf das Ladeverhalten zu untersuchen.

Brennstoffzellenfahrzeuge können als dezentrale Energieerzeuger genutzt werden und im Haus Strom und Wärme bereitstellen. Dazu wurde ein Hyundai Nexo umgerüstet, um sowohl Strom als auch Wärme aus dem Fahrzeug auszukoppeln.

Gemeinsam mit den Topics Energiesystemtransformation und Verkehrssystem werden ökonomische Wirkungen von Technologien und Maßnahmen im europäischen Verkehrssystem bewertet.

A.2.1.1.3.6 Innovationspoolprojekt 1: Energiewende und Kreislaufwirtschaft

- Koordinierender Sprecher: Veit Hagenmeyer (KIT)
- Beteiligte Programme: ESD, MTET; beteiligte Zentren: FZJ, HZDR, KIT

Das Innovationspool-Projekt **„Energiewende und Kreislaufwirtschaft: Dekarbonisierung und Flexibilisierung energieintensiver Recycling-Prozesse“** adressiert die Entwicklung von Methoden und Modellen für den Entwurf und Betrieb energieintensiver Recyclingprozesse und ihrer zugehörigen Netz- und (materiellen) Wertschöpfungskettenintegration.

Im Berichtsjahr wurden im Arbeitspaket „Ressourceneffizienz, Dekarbonisierung und Lastmanagement“ einzelne Prozessschritte identifiziert, die sich bezüglich des Energieverbrauchs und des Umweltimpakts als kritisch erweisen. Zur Optimierung von Dekarbonisierungs- und Flexibilisierungsoptionen wurden Modelle entwickelt, die auch dezentrale zirkuläre Materialsysteme berücksichtigen (Recycling von Altbeton). Es wurde ein neuartiger Prozess zur Zementherstellung analysiert, der sich durch ein hohes Recyclingpotenzial und die Nutzung mineralischer Sekundärrohstoffe auszeichnet. Darauf aufbauend wird ein Modell für eine Prozessoptimierung entwickelt, das eine Minimierung der Prozess-Treibhausgasemissionen und gleichzeitige Bereitstellung von Lastverschiebungspotenzial erlaubt. Es wurden Prozesse für die Kupfer- und Aluminiumherstellung parametrisiert. Erste Ergebnisse verdeutlichen die große Relevanz von Recycling im Kontext von Treibhausgasminderungsstrategien.

Im Arbeitspaket „Netzintegration“ wurde ein angepasstes Modell des Stromnetzes entwickelt, um die Netzintegration der Recycling-Prozesse hinsichtlich ihrer Flexibilitätspotentiale und ihrer Auswirkung am Netzanschlusspunkt beurteilen zu können. Mit der Simulation von Szenarien werden Effekte der Stromeinspeisung bei unterschiedlichen Entwicklungspfaden und der Maßnahmen zur Anpassung der Netzbetriebsführung bewertet.

A.2.1.1.3.7 Innovationspoolprojekt 2: Solarer Wasserstoff

- 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. Die im Projekt verfolgten Technologien ermöglichen die Erzeugung von solarem Wasserstoff mit möglichst hoher Reinheit und bei einem Druck deutlich über Normaldruck. Dadurch kann der Aufwand für die weitere Verdichtung und Reinigung reduziert und die Gesamteffizienz gesteigert werden.

Am FZJ, KIT, DLR werden bifunktionale Festoxid-Brennstoff- und Elektrolysezellen entwickelt, wobei der Fokus auf der Materialentwicklung und -charakterisierung, insbesondere für protonenleitende Zellen, sowie der Verbesserung von Effizienz und Lebensdauer liegt. Des Weiteren werden am FZJ Kombinationen aus PV-Systemen mit elektrochemischen Systemen für die Erzeugung von solarem Wasserstoff entwickelt und untersucht. Am HZB wird die Produktion von Wasserstoff unter erhöhtem Druck basierend auf skalierbaren photokatalytischen Zellkonzepten vorangetrieben. Ergänzt werden diese Arbeiten am IPP durch den Einsatz von Plasmen für die Katalyse und Speicherung von Wasserstoff. Konzentrierte solare Wärme wird am DLR und am KIT zur Wasserstofferzeugung verwendet. Während das DLR Verfahren bewertet, um basierend auf Standort, Größe der Anlagen und den Parametern des produzierten

Wasserstoffs optimale Anwendung zu identifizieren, wird am KIT Methan in Wasserstoff und leicht abtrennbaren Kohlenstoff pyrolytisch zersetzt.

Die experimentellen Aktivitäten werden durch Computersimulationen auf der System-, Prozess- und Materialebene am FZJ, KIT, HZDR und HZB unterstützt.

A.2.1.1.3.8 Innovationspoolprojekt 3: Modulare Reaktoren

- Koordinierender Sprecher: Victor Hugo Sanchez-Espinoza (KIT)
- Beteiligte Programme: NUSAFE; beteiligte Zentren FZJ, HZDR, KIT

Im Rahmen des Innovationspool-Projekts „**Sicherheitsbewertung generischer kleiner modularer Reaktoren (SMR)**“ sollen fortschrittliche Berechnungswerkzeuge bereitgestellt werden, die in der Lage sind, Sicherheitsanalysen von SMR in Europa durchzuführen.

Auf Basis einer Literaturstudie wurden die relevantesten Konzepte für SMR analysiert und die entsprechenden im Rahmen von Sicherheitsüberprüfungen zu modellierenden postulierten Störfällen identifiziert. Die derzeitigen Modellierungsaktivitäten erfolgen in zwei Richtungen. Zum einen werden die etablierten Multi-Physik-Tools DYN3D und ATHLET auf ihre Eignung zur Modellierung von SMR überprüft. Zum anderen werden Helmholtz-eigene Computercodes für die Anwendung auf SMR weiterentwickelt. Für die Neutronenkinetik betrifft das den deterministischen Transportcode PARAFISH und für die Thermohydraulik und die Wärmeübertragung den Zwei-Phasen 3D Coarse-Mesh-Code TWOPORFLOW. Darüber hinaus wurden die bei der Bewertung der Effizienz SMR-bezogener Sicherheitseinrichtungen zum Einsatz kommenden numerischen Modelle zur Beschreibung des Betriebsverhaltens katalytischer Rekombinatoren optimiert.

A.2.1.1.4 Strategische Themen

Die am Forschungsbereich Energie beteiligten Helmholtz-Zentren treiben im FB Energie und seinen Programmen auch die strategischen Themen Talentmanagement, Vernetzung, Drittmittelinwerbung sowie Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft voran. Im Folgenden sind jeweils ausgewählte Beispiele dargestellt.

A.2.1.1.4.1 Talentmanagement

Wie oben im Kap. 2.1.1.2 genannt, nehmen das Talentmanagement und die Chancengleichheit in den Zentren des FB Energie eine wichtige Rolle ein. Aktuelle Beispiele sind:

- Die im August 2021 gestartete KIT-Graduiertenschule „Enabling Net Zero“ (ENZo) möchte Promovierende dazu befähigen, das Energiesystem als Ganzes im Blick zu haben und eine hohe Kompetenz für das Wechselspiel von Technologien im Rahmen der Sektorkopplung und Kreislaufwirtschaft zu entwickeln. Sie bietet Promovierenden die Möglichkeit, interdisziplinäres Wissen in „Real-World“-Projekten anzuwenden, die einen sichtbaren Beitrag zur Transformation des Energiesystems leisten können.
- Das „International Master’s Program in Energy and Green Hydrogen (IMP-EGH)“ wird seit Oktober 2021 – mit Förderung durch das BMBF – in einer Partnerschaft zwischen dem West African Science Service Centre on Climate Change and Adapted Land Use

(WASCAL), der RWTH Aachen und dem FZJ vier Westafrikanischen Universitäten in Niger, Senegal, Cote d'Ivoire und Togo durchgeführt. Derzeit werden 60 Studierende in sechs verschiedenen Spezialisierungsrichtungen ausgebildet.

- NUSAFE-Forschende des FZJ sind z.B. an der Entwicklung und Durchführung des ersten einjährigen Master-Studiengangs „Nuclear Safeguards“ an der Politecnico di Milano, Italien, beteiligt.
- Seit Dezember 2021 leitet Ellen Adams (HZDR) die DRESDEN-concept Forschungsgruppe „Physical chemistry of biomolecular condensates“. Ihre Tenure-Track-Stelle mit Aussicht auf eine Professur wird gemeinsam vom HZDR und vom Exzellenzcluster Physics of Life (PoL) an der TU Dresden getragen.
- 2021 startete der erfolgreich von Tonya Vitova (KIT) eingeworbene ERC Consolidator Grant: "The Actinide Bond – Actinide Bond Properties in Gas, Liquid and Solid State" (Laufzeit 2021-2025). Dieser beinhaltet neben Forschungsmitteln auch die Finanzierung von weiteren drei Postdoc- und 2 Promovierenden-Stellen.
- Die Helmholtz-Nachwuchsgruppenleiterin Olga Kasian (HZB) hat einen Ruf an die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) erhalten. Die W2-Professur trägt den Titel „Materialien für die elektrochemische Energieumwandlung“.
- Mit Michelle Browne hat das HZB eine neue Helmholtz-Nachwuchsgruppenleiterin mit Fokus auf Materialien für Elektrolyseure der nächsten Generation gewonnen.
- Annelies Vandersickel hat den Ruf des DLR und der Universität Stuttgart auf die Professur „Thermische Energiespeicher“ angenommen. Sie leitet am DLR die Abteilung „Thermische Prozesstechnik“.
- Bronislava Gorr wurde auf die Professur für „Werkstoffverhalten unter extremen Umgebungsbedingungen“ ans KIT berufen.
- Gefördert durch EUROfusion nahmen im Berichtsjahr drei Nachwuchsstipendiaten (IPP: 2 ERGs, KIT: 1 ERG) ihre Tätigkeit an einem der Zentren auf: Mit den „Engineering Grants (EEGs)“ und „Researcher Grants (ERGs)“ sollen exzellente promovierte junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen Anschub für eine Karriere in der Fusionsforschung erhalten.

A.2.1.1.4.2 Vernetzung

Die am FB Energie beteiligten Helmholtz-Zentren sind stark vernetzt. Einige Themen, zu denen die programm- und FB-übergreifende Vernetzung innerhalb Helmholtz vorangetrieben wird, sind in den Kapiteln 2.1.1.1 und 2.1.1.3 genannt.

Aktuelle Beispiele für die **nationale und internationale Vernetzung** sind:

- Der erste internationale Workshop „tandemPV“ am HZB bot fast 600 Teilnehmenden aus 44 Ländern vier Tage lang eine Plattform für den Austausch von inspirierenden und innovativen Ansätzen zu einem der spannendsten Themen in der heutigen PV-Forschung und -Entwicklung: Tandem-Solarzellen.
- Aufgrund der umfangreichen Expertise sind Forschende aller drei Helmholtz-Zentren (FZJ, HZDR, KIT) des Programms NUSAFE Mitglied des Kompetenzverbundes Kerntechnik (KVKT), des Kompetenzverbundes Strahlenforschung (KVSF) und der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung (DAEF).
- Im Berichtsjahr wirkten Forschende des Programms NUSAFE aus allen drei Zentren (FZJ, HZDR, KIT) erneut, teilweise auch in leitender Funktion, in verschiedenen IAEO-Gremien mit, z.B. Vorsitz Standing Advisory Board on Safeguards Implementation (SAGSI), in der

Expert Group der IAEO-ONCORE (Open-source Nuclear Codes for Reactor Analysis) Initiative und an diversen IAEO Coordinated Research Projects (CRPs), z.B. am CRP on Start-up Measurements in Chinese Experimental Fast Reactor (CEFR), ebenso am IAEO-Projekt Accident Tolerant Fuel - Test and Simulation (ATF-TS).

- Das DLR beteiligt sich an der Entwicklung der European Open Science Cloud. Forschende aus dem Programm ESD sind dabei in der Task Force „Technical Interoperability“ beteiligt.
- Im Rahmen eines grenzüberschreitenden Innovationsprojekts für Industrie und Energiewende arbeiten ESD-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT mit Partneruniversitäten aus Freiburg, Mülhausen und Straßburg an der Strategieentwicklung für „Post-Fessenheim“ zur Vernetzung in der Oberrhein-Region.
- Die Helmholtz-Zentren IPP, FZJ und KIT sind integraler Bestandteil des von der Europäischen Kommission finanzierten 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 in 2021 in 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 ITER-Verträge als auch über die europäische Inlandsagentur Fusion for Energy (F4E), einschließlich Kooperationen mit der Industrie.

A.2.1.1.4.3 *Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft*

Wie oben im Kap. 2.1.1.2 genannt, bringt der FB Energie sich aktiv in die Transferstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft ein. Die Zentren im FB Energie stellen ihren Forschenden ein breites Spektrum an Transferinstrumenten bereit. Aktuelle Beispiele für Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft sind:

Technologietransfer

- LOHC-Demonstrator im CHEMPARK Dormagen: **Im CHEMPARK Dormagen entsteht die weltweit größte Anlage für die Einspeicherung von grünem Wasserstoff in flüssige organische Träger (sog. Liquid Organic Hydrogen Carrier, LOHC) im industriellen Maßstab.** Zielgröße sind bis zu 5 Tonnen Wasserstoff pro Tag. Die Aufgaben des FZJ als wissenschaftlichem Partner sind hierbei vor allem Fragestellungen rund um die Langzeitstabilität des Katalysators, der Einfluss von Verunreinigungen im LOHC-Material auf den Einspeicher-Prozess sowie der Aufbau eines Analyseverfahrens zur Wareneingangskontrolle für LOHC-Materialien aus unterschiedlichen Quellen.
- Freiburger Start-up „Theia·X“ geht mit innovativen Kartierungsverfahren an den Markt: Am Helmholtz-Institut Freiberg (HIF) des HZDR haben Forschende in den letzten zwei Jahren neuartige, digitale Kartierungsverfahren für nachhaltige Rohstofferkundung und -gewinnung entwickelt und zur Marktreife gebracht. In Kombination mit künstlicher Intelligenz und maschinellen Lerntechniken bietet THEIA·X hyperspektrale Bohrkern- und Aufschlusskartierungen sowie drohnengestützte Untersuchungen zur Charakterisierung von Rohstoffen nun für die Industrie an. Es wurden bereits Projekte für Unternehmen in Griechenland, Grönland, der Tschechischen Republik, Bulgarien und Norwegen durchgeführt.

- Die Ausgründung INERATEC, die am KIT entwickelte mikrostrukturierte Reaktoren und davon abgeleitete Power-to-X-Verfahren kommerzialisiert und mit der eine enge Zusammenarbeit in zahlreichen Projekten besteht, wurde im Dezember 2021 mit dem Next Economy Award 2022 des deutschen Nachhaltigkeitspreises ausgezeichnet.
- Die Übernahme des DLR-Spin-Off „HelioHeat“ durch den amerikanischen Entwicklungspartner war erfolgreich mit weiterer Zusammenarbeit bei der Weiterentwicklung der Partikelreceiver-Technologie.
- Wissenschaftler des Helmholtz Innovation Labs „HySPRINT“ am HZB haben Anfang April 2021 das Technologieunternehmen QYB Quantum Yield Berlin GmbH ausgegründet. Mit dem LuQY Pro bringt das Spin-Off ein Out-of-the-box Messgerät auf den Markt, mit dem sich optoelektronische Bauelemente wie Solarzellen und LEDs effizienter und ressourcenschonender optimieren lassen.
- Die wertvolle Ressource Wasser lässt sich nur durch eine gründliche und energieeffiziente Abwasserbehandlung nachhaltig nutzen. An genau solchen Technologien arbeitet am HZDR das Helmholtz Innovation Lab CLEWATEC (Clean Water Technology). Schwerpunkte bilden verbesserte Belüftungskonzepte für Kläranlagen sowie die Rückgewinnung wertvoller Rohstoffe aus dem Abwasser. 2021 wurde von CLEWATEC eine Forschungskooperation mit Air Liquide, einem der weltweit führenden Hersteller technischer Gase, vereinbart.
- In NUSAFE am KIT entwickelte Technologien wurden erfolgreich in gemeinsam durchgeführten Versuchen mit Industriepartnern (DEMCON, IRE, ASML) zur Flüssigmetallkühlung bei der beschleunigergetriebenen Produktion von nuklearen Tracern Mo99 eingesetzt sowie hinsichtlich der Entwicklung einer Methode und eines Geräts zur Messung von ionisierender Strahlung mittels Szintillationszählung (ULTRASENS) vom HZDR zum Patent eingereicht.
- Eine Fusionsforschungsanlage zu bauen und weiterzuentwickeln stellt eine technologische und wissenschaftliche Herausforderung dar, die an den Grenzen des gegenwärtig technisch Machbaren arbeitet. Dafür müssen oft Lösungen abseits der Stange gemeinsam mit Partnern aus der Industrie erarbeitet werden. Dadurch werden diese Industriepartner zu technologischen Spitzenleistungen getrieben. Die Industriebroschüre *IPP & Industrie* stellt 22 Beispiele dar, welche verdeutlichen, wie sowohl große als auch kleine und mittlere Unternehmen von der Zusammenarbeit mit der Fusionsforschung profitiert haben, häufig dadurch, dass sie in der Folge durch neu erworbene Kompetenzen ihr Portfolio erweitern und somit ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern konnten. Eine Erweiterung der Broschüre um Beispiele von KIT und FZJ ist in Arbeit.
- Mit dem BMBF-Projekt „Fusion Industrial Liaison Office“ führt das KIT die bisher im Rahmen des deutschen ITER Industrie Forums (dIIF) angesiedelten Arbeiten zur Information und Betreuung deutscher Firmen mit Interesse an bzw. Potential für Arbeiten für ITER bzw. Fusion for Energy (F4E) und EUROfusion fort.

Wissen für Entscheider

- Verschiedene im Programm ESD am FZJ entwickelte Modelle wurden genutzt um die erste Version des Wasserstoff-Atlas Afrika zu erstellen. Dieser ermöglicht Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern die Identifikation von geeigneten Standorten für den Aufbau etwaiger Wasserstoffinfrastrukturen.

- Das FZJ hat im Rahmen des Projekts Integrierte Netzplanung aktiv zum Netzentwicklungsplan für NRW beigetragen und dazu im Rahmen des Programms entwickelte Modelle eingesetzt.
- Im vom BMWI im Rahmen der SINTEG-Initiative geförderten Projekt ENERA konnte das DLR den gesamtsystemischen Nutzen einzelner Technologien in der bereits mit EE-Energie hoch überspeisten Region im Nord-Westen Deutschlands darstellen. Dazu wurde mit Unterstützung der Netzbetreiber ein detailliertes digitales Stromnetzmodell der Region aufgebaut und die in ENERA von anderen Projektpartnern angebotenen Flexibilitäten, wie z.B. Wärmepumpen, Batterie-Großspeicher, Power-to-Gas Technologien und industrielle Verbraucher durch Simulationen gestützt bewertet.
- Die vorgehängte und hinterlüftete Außenfassade der im September 2021 eingeweihten Testinghalle am HZB ist ein einzigartiges Reallabor für Photovoltaik. Durch die enge Beteiligung der Beratungsstelle für bauwerkintegrierte Photovoltaik (BAIP) ist das Reallabor eine wichtige Brücke zwischen Forschenden und Architektinnen und Architekten.
- Es fanden mehrere Informationsbesuche zur Energieforschung im Allgemeinen und speziell zu Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen von Angehörigen verschiedener Landtags- und Bundestagsfraktionen sowie kommunaler Parlamente im Energy Lab 2.0 statt. Zu diesen und weiteren Themen wurde darüber hinaus auch ein Austausch mit Politikern in virtuellen Begegnungen gepflegt.
- Im Kontext der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle leiten bzw. beteiligen sich NUSAFE-Forschende (FZJ, HZDR, KIT) an den nationalen Sachverständigengruppen und der Entsorgungskommission (ESK) des BMU und des BMWK („Arbeitskreis HAW-Produkte“, „Arbeitskreis Szenarienentwicklung“ und „Arbeitskreis Reaktorsicherheit“) sowie an internationalen Expertenkommission der belgischen Abfallentsorgungsorganisation ONDRAF-NIRAS.

Wissen für Betroffene

Transfer von Wissen in die Gesellschaft erfolgt aus allen Programmen und Zentren zu zahlreichen Energie-Themen. Beispiele sind:

- Forschungsthemen und -ergebnisse auf dem Gebiet strombasierter synthetischer Kraftstoffe konnten in mehreren Film- und Radiobeiträgen und Interviews in Printmedien sowie über Social Media der breiten Öffentlichkeit verständlich nahegebracht werden.
- Forschungsinhalte aus beiden Topics des Programms NUSAFE wurden von Forschenden des KIT in verschiedenen Wissenschaftsdokumentationen der öffentlich-rechtlichen Fernseh- und Rundfunksender (z.B. „W wie Wissen“, „Xenius“, „Terra X“ etc.) einer breiten Öffentlichkeit nahegebracht.

Im Rahmen des Programms ESD finden eine Vielzahl von Aktivitäten statt, deren Ziel die Einbindung der Gesellschaft in die Forschung ist. Das heißt, neben dem Transfer von Wissen in die Gesellschaft streben wir an, die gewonnenen Erkenntnisse aus der Kommunikation mit der Gesellschaft in die eigene Forschung zu integrieren, so dass kein alleiniger unidirektionaler Wissenstransfer stattfindet. Folgende drei Beispiele aus dem KIT können genannt werden:

- Quartier Zukunft. Dieses als Reallabor in einem Stadtteil von Karlsruhe konzipierte Projekt möchte die Erfordernisse und die Lösungsmöglichkeiten einer Transformation auf lokaler Ebene mit den Bewohnern des Stadtteils entwickeln.

- ZuSkE: Die Zukunft der Sektorkopplung auf kommunaler Ebene – gemeinsam gestalten, bewerten und handeln. Das Projekt zielt darauf ab, in einem engen Austausch mit drei ausgewählten Kommunen in Deutschland die lokale Sektorkopplung zu gestalten.
- ATAIC – Solarenergie für die Ernährungssouveränität von Familien am Flussufer. Im Rahmen des Projektes soll armen Kommunen in Brasilien die Möglichkeit gegeben werden, selbstverwaltet Energiegemeinschaften zu gründen, um die sozialen und wirtschaftlichen Entwicklungen der Gemeinden zu fördern und gleichzeitig den Ansprüchen an Klimaschutz und Umwelt gerecht zu werden.

A.2.1.1.4.4 *Drittmittleinwerbung*

Einige Beispiele für Drittmittel-Projekte sind hier genannt. Eine ausführlichere Darstellung zur Drittmittleinwerbung erfolgt in den einzelnen Programmfortschrittsberichten.

- Das BMBF fördert unter der Dachstrategie „Forschungsfabrik Batterie“ mehrere Kompetenzcluster. Die MTET-Zentren DLR, FZJ, HZB, HZDR und KIT nehmen mit zahlreichen institutionsübergreifenden Kooperationsprojekten an diesen Kompetenzclustern teil, bei mehreren Clustern (FestBatt, AQUa, InZePro und BattNutzung) in der Koordination.
- Das von der EU geförderte Projekt “Storage Research Infrastructure Eco-System” (STORIES) bringt ein Konsortium von ESFRI-Infrastrukturen, Forschung und Industrie zusammen zur Entwicklung von zukünftigen Energiespeichern, vor allem im Hinblick auf eine Kombination verschiedener Technologien als hybride Speichersysteme.
- Die MTET-Zentren DLR, FZJ, HZB, HZDR und KIT sind in den drei neuen Wasserstoff-Leitprojekten des BMBF stark beteiligt: „H2Giga“ – Serienfertigung von alkalinen, PEM und Hochtemperatur-Elektrolyseuren inkl. Recycling; „H2Mare“ – Offshore-Erzeugung von grünem Wasserstoff und anderen Power-to-X-Produkten, mit Einbringung der von KIT und DLR gemeinsam entwickelten Forschungsinfrastruktur e-XPlore; „TransHyDE“ – Entwicklung, Bewertung und Demonstration von Wasserstoff-Transporttechnologien (Hochdruckbehälter, Flüssigwasserstoff, LOHC und Ammoniak).
- Nach umfangreichen Vorarbeiten wurde Ende 2021 der neue Fördervertrag für das EUROfusion-Konsortium im Rahmen von „Horizon Europe“ zwischen der Europäischen Kommission und dem Koordinator IPP geschlossen; KIT und FZJ sind umgehend beigetreten. Für die deutschen Fusionsforschungszentren bedeutet dies für die Jahre 2021 bis 2025 nach derzeitigem Stand Drittmittelleinnahmen in Höhe von insgesamt ca. 176 M€ Die drei Zentren sind an 23 der 26 Work Packages (IPP: 19, KIT: 20, FZJ: 11) des neuen EUROfusion Arbeitsprogramms beteiligt und stellen 8 der 20 Project Leader (IPP: 3, KIT: 2, FZJ: 3).
- In der zweiten Phase des Kopernikus-Projekts ENSURE (ENSURE-2) arbeiten – gefördert durch das BMBF – ESD-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT mit zahlreichen Partnern wie Siemens, TenneT, Hitachi, ABB bis 2050 an einem Gesamtkonzept für die Energieversorgung. Dieses soll in den bestehenden sozioökonomischen Rahmen eingebettet und die Ergebnisse auf Deutschland und Europa übertragbar sein.
- Im Rahmen des vom BMBF-geförderten Projekts Living Lab Energy Campus forschen Beteiligte des Programms ESD am FZJ zu P2G++ / Saisonale Speicherung in gekoppelten, regenerativen Energiesystemen mittels Power-to-Gas (P2G). Inhalte sind die Demonstration großskaliger Wasserstoffspeicherung mittels innovativer LOHC-Technologie im Verbund mit einer KWK-Anlage, dynamischer Pipeline und Rückverstromung durch AFC-Brennstoffzelle.

- ESD-Forschende des DLR entwickeln im Projekt EU NDC ASPECTS innovative und geschlechtsspezifische Minderungspfade und Optionen für Politik und Governance, um die Umsetzung der globalen Bestandsaufnahme im Rahmen des Pariser Abkommens und der national festgelegten Beiträge (NDCs) der wichtigsten Länder zu unterstützen.
- Mit EU-Förderung werden von Forschenden aus den drei NUSAFE-Zentren (FZJ, HZDR, KIT) die Arbeitspakete “CONTainer CORrosion under Disposal conditions (ConCorD)” und “Chemo-Mechanical AGIng of Cementitious materials (MAGIC)” des EURAD Programms bearbeitet.
- Grundlegende Untersuchungen zur Immobilisierung von Actiniden mittels Einbau in endlagerrelevante Festphasen werden von FZJ und HZDR im vom BMBF geförderten Projekt AcE durchgeführt.
- Im vom BMWi geförderten Projekt VESPA II untersuchen Forschende aus den drei NUSAFE-Zentren (FZJ, HZDR, KIT) das Verhalten langlebiger Spalt- und Aktivierungsprodukte im Nahfeld von Endlagern unterschiedlicher Wirtsgesteine und Möglichkeiten ihrer Rückhaltung.

A.2.1.1.4.5 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.

Im Programm ESD untersuchen die vorhandenen Infrastrukturen „Energy Lab 2.0“, „Living Lab Energy Campus“ und „NESTEC“ die technische Machbarkeit neuer Ansätze auf Systemebene. Sie koppeln Energienetze und Komponenten, die mit echter Hardware unter kontrollierten Bedingungen betrieben werden können.

Im Programm MTET sind für die Technologieentwicklung zur Energiewende eine Vielzahl an Infrastrukturen notwendig. Die Aktivitäten im Materialdesign werden durch die vorhandenen, zentrenübergreifenden Forschungs- und Entwicklungsplattformen Helmholtz Energy Materials Foundry (HEMF) und Helmholtz Energy Materials Characterization Platform (HEMCP) unterstützt.

Im Programm NUSAFE ist für die Aktivitäten zur nuklearen Entsorgung die im Aufbau befindliche Helmholtz Forschungs- und Versuchsplattform zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und zum Rückbau kerntechnischer Anlagen (HOVER) zentral.

Wendelstein 7-X, die weltweit größte Fusionsanlage vom Typ Stellarator, und der Tokamak ASDEX Upgrade sind wichtige Infrastrukturen im Programm FUSION.

Die Infrastrukturplanung des FB Energie für die kommenden Jahre ist entlang der großen Linien der Strategie des Forschungsbereichs ausgerichtet. Diese Planung wurde 2021 aktualisiert, im Rahmen des Symposiums der Helmholtz-Gemeinschaft zur **Helmholtz-Roadmap Forschungsinfrastrukturen** im Juni vorgestellt und Ende 2021 veröffentlicht.

A.2.1.1.5 Quantitative Indikatoren

	Einheit	2017	2018	2019	2020	2021	Veränderung 2021 zu 2020 absolut	Veränderung 2021 zu 2020 prozentual
WoS-, SCOPUS oder Open Research Europe indexierte Publikationen	Anzahl	2.624	2.426	2.722	2.582	2.772	190	7%
... davon Open-Access-Publikationen	Anzahl	1.322	1.453	1.546	1.773		-	-
Andere referierte Publikationen	Anzahl	368	376	324	203	303	100	49%
Drittmittelträge	TEUR	118.474	156.935	173.042	183.507	246.279	62.772	34%
Abgeschlossene betreute Promotionen	Anzahl	129	164	186	193	192	-1	-1%
Postdocs	Anzahl	340	337	354	425	482	57	13%
Nachwuchsgruppen	Anzahl	28	28	30	30	32	2	7%
Ausgewählte koordinierte, nationale und intern. Förderprogramme	Anzahl	347	337	379	384	487	103	27%
Kooperationen mit der Wissenschaft	Anzahl	636	649	680	732	553	-179	-24%
Kooperationen mit der Wirtschaft	Anzahl	509	470	515	495	556	61	12%
Prioritätsbegründende Patentanmeldungen	Anzahl	73	92	75	73	82	9	12%
Kapazität der grundfinanzierten Wissenschaftler	PJ	1.115	1.151	1.189	1.200	1.202	2	0%
Kapazität der drittmittel-finanzierten Wissenschaftler	PJ	569	580	650	742	878	137	18%
Summe Wissenschaftler	PJ	1.684	1.731	1.839	1.942	2.080	138	7%

Kommentierungen:

Publikationen:

Die Anzahl der Publikationen ist im Vergleich zum Vorjahr gestiegen, wobei nahezu alle Programme eine positive Entwicklung aufweisen. Die indexierten Publikationen liegen über dem Stand der Vorjahre. Bei den anderen referierten Publikationen, die häufig mit einer Konferenzteilnahme verknüpft sind, liegt der Wert deutlich über dem aus 2020 und hat das Niveau aus 2019 wieder fast erreicht. Dies ist durch die Corona-Pandemie und dadurch ausgefallene oder verschobene Konferenzen zu erklären.

Der Anstieg der Publikationen im Programm ESD ist u.a. durch die neu gestartete Förderperiode (PoF IV) sowie das neue Programm ESD zu erklären. Damit einher gehen auch neue Wissenschaftler:innen für das Programm sowie das neu in die Helmholtz-Gemeinschaft aufgenommene DLR-Institut für vernetzte Energiesysteme (DLR-VE).

Im Programm FUSION folgen die Publikationszahlen häufig dem Zweijahreszyklus großer Konferenzen. Während der Pandemie 2020, 2021 wurden Konferenzen teilweise abgesagt oder nach 2022 verschoben, weshalb die Publikationen zwar im Vergleich zum Vorjahr gestiegen sind, aber noch unter dem Niveau von 2019 liegen.

Auch das Programm NUSAFE konnte im Berichtsjahr 2021 einen Anstieg der Publikationen verzeichnen. Für die indexierten Publikationen konnte wieder der Stand vor der Pandemie

erreicht werden. Die anderen referierten Publikationen liegen noch unter dem Niveau von 2019. Dies ist darauf zurückzuführen, dass viele Konferenzen pandemiebedingt noch nicht wieder im gewohnten Rhythmus stattfinden. Die dadurch fehlenden Proceedings-Paper schlagen sich hauptsächlich in dieser Kennzahl nieder.

Drittmittelerträge:

Die Drittmittelerträge sind im Vergleich zum Vorjahr um 34% auf 246 Mio. Euro gestiegen, wobei alle Programme eine positive Entwicklung aufweisen, insbesondere die Programme ESD und MTET.

Der Anstieg der Drittmittelerträge im Programm ESD um 72% auf rund 31 Mio. Euro gründet sich u.a. in den neu eingeworbenen Projekten und Kooperationen durch die neu gestartete Förderperiode (PoF IV) sowie das neue Programm ESD.

Die Drittmittelerträge im Programm MTET sind um 40% auf 165,5 Mio. Euro gestiegen. Sie unterliegen einem steigenden Wachstum, was darauf hindeutet, dass die Wissenschaftler:innen bei der Drittmittelinwerbung auch im Berichtsjahr 2021 wieder sehr erfolgreich waren. Insbesondere tragen Fördermittel des Bundes und der Länder (unter anderem zum Thema Wasserstoff, meisten mit industrieller Beteiligung) dazu bei.

Abgeschlossene Promotionen:

Die Anzahl der abgeschlossenen Promotionen ist mit 192 im Vergleich zum Vorjahr stabil. Die Entwicklung bei den einzelnen Programmen war dabei unterschiedlich.

Im Programm MTET ist die Anzahl abgeschlossener Promotionen um 11% auf 128 steigern.

Die Entwicklung in den Programmen ESD und NUSAFE war stabil. Das Programm NUSAFE konnte in den letzten Jahren trotz des Ausstiegs aus der Stromproduktion aus Kernenergie in Deutschland weiterhin Promovierende rekrutieren, die ihre Promotion erfolgreich zum Abschluss brachten.

Im Programm FUSION konnten etliche Promotionen pandemiebedingt nicht, wie geplant, im Berichtsjahr abgeschlossen werden, weshalb die Anzahl abgeschlossener Promotionen um 30% auf 26 gesunken ist.

Kooperationen

Mit den gestiegenen Drittmittelerträgen geht ein Anstieg der Kooperationen mit der Wirtschaft im Rahmen von Drittmittelprojekten einher.

Der Rückgang der Kooperationen mit der Wissenschaft ist durch Änderungen an der Struktur (z.B. auf EU-Ebene bisher mehrere Verbundprojekte, jetzt ein Joint Programme) sowie dadurch, dass pandemiebedingt Kooperationsverträge, in denen Personalaustausch geplant war, nicht abgeschlossen wurden, bedingt.

Grundfinanzierte Wissenschaftler:innen:

Die Anzahl der grundfinanzierten Wissenschaftler:innen ist mit 1.202 Personen im Vergleich zum Vorjahr stabil. Das Programm ESD konnte einen Anstieg der grundfinanzierten Wissenschaftler:innen um 54% auf 144 verzeichnen, welcher u.a. in der neu gestarteten Förderperiode (PoF IV) sowie dem neuen Programm ESD begründet ist. Ergänzend dazu wurde das DLR-Institut für vernetzte Energiesysteme (DLR-VE) neu in die Helmholtz-Gemeinschaft aufgenommen. Die Anzahl der grundfinanzierten Wissenschaftler:innen bei den anderen drei Programmen sind im Vergleich zum Vorjahr nur leicht um wenige Prozentpunkte gesunken.

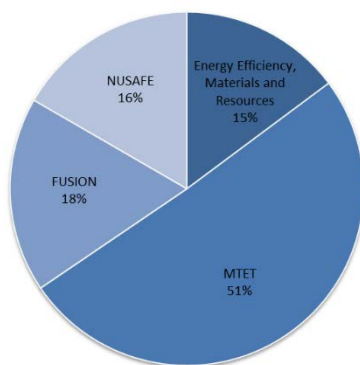
Drittmittel-finanzierte Wissenschaftler:innen:

Die Anzahl drittmittel-finanzierter Wissenschaftler:innen konnte im Vergleich zum Vorjahr um 18% auf 878 Personen gesteigert werden. Dies geht insbesondere auf die positive Entwicklung bei den Programmen ESD und MTET zurück. In beiden Programmen stieg – gekoppelt an die Drittmittelerträge – auch die Kapazität der drittmittelfinanzierten Wissenschaftler:innen. Die Entwicklung bei den Programmen FUSION und NUSAFE war stabil.

A.2.1.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich Energie

Zum Start der PoF IV erfuhr der Forschungsbereich Energie 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“ (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 FB Energie eine führende Rolle ein und stellt mit Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka zugleich den Vizepräsidenten des FB Energie in der Helmholtz-Gemeinschaft.

Programmanteile des KIT im FB Energie



Anteile des KIT am FB Energie

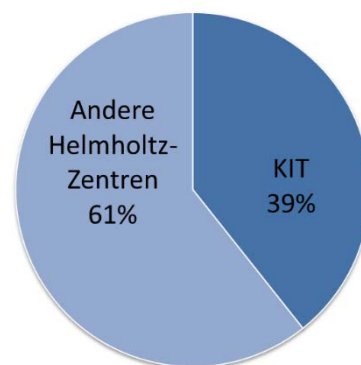


Abbildung 2: Programmanteile des KIT im Forschungsbereich Energie

(Da das IPP nur noch assoziierter Partner mit der Helmholtz-Gemeinschaft ist, hat das KIT in der PoF IV einen größeren Anteil am FB Energie.)

Energie System 2050 (ES2050) ist die zentrale Plattform des Forschungsbereichs Energie der Helmholtz-Gemeinschaft. Sie ist mit einem Kick-off am 2. Juli 2021 in die PoF IV gestartet. ES2050 unterstützt die Vernetzung von Forscherinnen und Forschern zu programmübergreifenden Energiefragen. Darüber hinaus dient ES2050 dem Talentmanagement, der Öffentlichkeitsarbeit und dem Wissenstransfer. Die vorausgehende gleichnamige programm- und forschungsbereichsübergreifende Initiative des Forschungsbereichs Energie (2015-2020) unter Federführung des KIT vernetzte die acht beteiligten Helmholtz-Zentren und führte Forschungsinfrastrukturen und Forschungsaktivitäten von exzellenter Qualität und besonderer strategischer Relevanz für die Energiewende zusammen. Viele systembezogene Erkenntnisse und erarbeitete technologische Lösungen stehen der Wissenschaft, der Politik sowie der Wirtschaft zur Verfügung, wie die zahlreichen Veröffentlichungen zusammenfassen.

Ziel der **Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR)** des FB Energie ist die Erarbeitung einer Roadmap zur Umsetzung und Gestaltung der Energiewende. Das Projekt formuliert als Ausgangspunkt eine Vision mit zugehörigem Narrativ und leitet davon denkbare Pfade und Szenarien für Energiezukünfte ab, um auf dieser Basis wiederum konkrete Ziele zu formulieren, die im Endergebnis in eine Toolbox für die konkrete Anwendung und Umsetzung übersetzt werden sollen. Die Energie-Forschenden des KIT sind in die Arbeit an HETR intensiv eingebunden, zum einen über das am KIT koordinierte Programm ESD, zum anderen in die Arbeit der einzelnen HETR-Fachgruppen.

Im Zukunftsthema „**Perovskite based solar energy conversion – efficient, environmentally-benign, durable (PEROSEED)**“ geht es mit fünf beteiligten Helmholtz-Zentren (Federführung HZB, Beteiligung KIT) um die Entwicklung einer neuen, perovskite-basierten Solarzelltechnologie – von neuen Materialien bis zur Systemintegration. Das Zukunftsthema PEROSEED wurde für drei Jahre (bis 2021) gefördert.

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. Über das „High Power Grid Lab“ (HPGL) ist eine Erweiterung des Energy Lab 2.0 im Rahmen der Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen in Planung. Auch für die Wasserstoff-Leitprojekte des BMBF (H₂Mare, TransHyDE-AppLHy und H₂Giga), an denen das KIT maßgeblich beteiligt ist, soll das Energy Lab um neue Komponenten erweitert 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 im FB Energie 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 (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, insb. 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 geplanten Beendigung der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung in Deutschland bis Ende 2022 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 tiefengeologischer 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

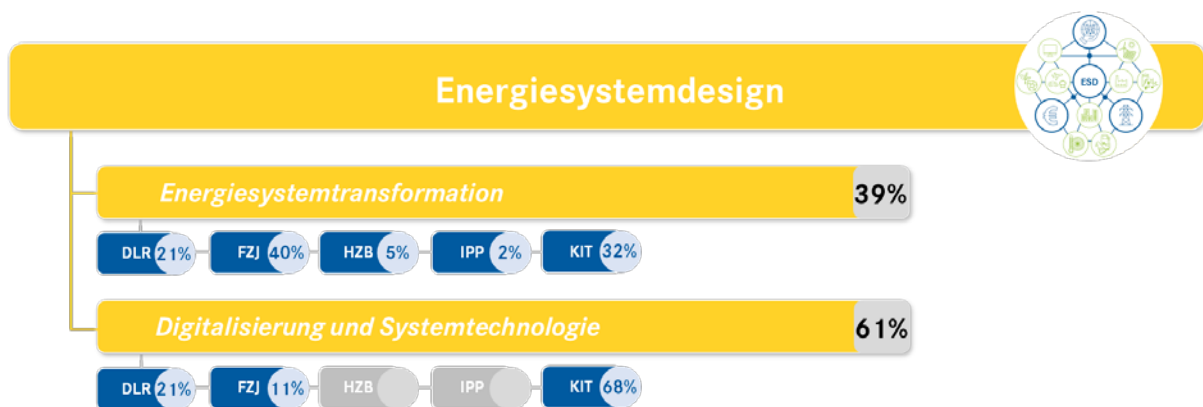
Eine der großen weltweiten Herausforderungen unserer Zeit ist die Bereitstellung einer umweltfreundlichen, sicheren und kosteneffizienten Energieversorgung. In Deutschland wird der Umbau zu einem Energiesystem vorangetrieben, das zugleich dem Klimawandel entgegenwirkt, systemtechnologisch zuverlässig ist und eine ökonomisch sinnvolle sowie gesellschaftlich akzeptierte Energieversorgung gewährleistet.

Im Forschungsbereich (FB) Energie stellen sich die vier Programme gemeinsam dieser Herausforderung als wissenschaftlicher Architekt transformativer Lösungen. Dabei fokussiert sich das Programm „Materialien und Technologien für die Energie“ (MTET) auf die technologische Umsetzung, entwickelt das Programm „Fusion“ (FUSION) eine neue Option für eine sichere, CO₂-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) im FB Energie 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



Das Programm Energiesystemdesign 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. Beispielsweise wird die gesellschaftliche Akzeptanz als ein entscheidendes Kriterium in Reallaboren untersucht.

In der Programmstruktur ergab sich folgende Änderung: Die „Helmholtz Energy Transition Roadmap“ (HETR) war ursprünglich als Subtopic in die Struktur des ESD-Topic 1 integriert. Als wichtiges und übergeordnetes Strategiewerkzeug (siehe Senatsempfehlungen) wurde die HETR mit Beginn der Förderperiode in die Koordinationsstelle des Vizepräsidenten für den FB Energie eingegliedert.

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.

ESD-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler des KIT sind in beiden Topics sowie beiden Cross Topics in großen Anteilen aktiv. Das KIT stellt den Hauptansprechpartner des Programms, einen Topicsprecher sowie zwei Subtopicsprecher.

Das KIT ist in beiden Topics aktiv.

Neue strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR), siehe auch Programmstruktur

Die Programmstruktur des Programms ESD wurde wie im Antrag beschrieben mit dem Vorhaben zur Erstellung einer „Helmholtz Energy Transition Roadmap“ (HETR) im ESD Topic 1, Subtopic 1.3, konzipiert. Dieses sollte als Brücke zwischen den Topics des Programms ESD fungieren, Aspekte der ESD-Cross Topics integrieren sowie eine wechselseitige Verbindung zu den Programmen MTET und FUSION darstellen. Die Senatsempfehlungen stellten die HETR als zentrales Strategiewerkzeug heraus, woraufhin eine übergeordnete Zuordnung direkt zum Vizepräsidenten des FB Energie erfolgte.

Änderung des Assoziierungsstatus des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik (IPP)

Das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) hat zum 01. Januar 2021 seinen Assoziierungsstatus mit der Helmholtz-Gemeinschaft beendet. Um weiterhin eine enge und langfristige wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen dem IPP und der Helmholtz-Gemeinschaft sicherzustellen, wurde eine entsprechende Kooperationsvereinbarung zwischen der Max-Planck-Gesellschaft (MPG) und der Helmholtz-Gemeinschaft geschlossen. Auf dieser Grundlage wirkt das IPP auch weiterhin aktiv am Programm Fusion und in geringerem Umfang am Programm ESD sowie den Aktivitäten zur HETR mit.

Neue Institute am DLR

Im DLR ist das Institut für marine Energiesysteme neu gegründet worden. Das Institut wird sich mit einem Teil der Arbeiten dem Programm ESD angliedern. Die genauen Inhalte sollen im Laufe des Jahres 2022 entwickelt werden.

Innovationspool-Projekt „Energiewende und Kreislaufwirtschaft“

Mit Beginn der Förderperiode sind außerdem drei Projekte aus dem Innovationspool für die Jahre 2021-2023 gestartet, die zur thematischen Weiterentwicklung des Forschungsbereichs beitragen. Das Projekt „Energiewende und Kreislaufwirtschaft“ (EuK) adressiert die Dekarbonisierung und Flexibilisierung energieintensiver Recycling-Prozesse. Als gemeinsames Projekt der Programme ESD und MTET werden die Inhalte der Programme optimal ergänzt, da sowohl der netzdienliche, ökonomische Betrieb industrieller Produktionen als auch eine um-

fassende Schließung von Stoff- und Energiekreisläufen thematisiert werden. Beide Programme gehen durch die Forschungsarbeiten im Rahmen des Innovationspool-Projekts zudem auf Empfehlungen aus der strategischen Begutachtung ein.

Kooperation mit dem Forschungsbereich Verkehr

Für den Austausch mit dem Forschungsbereich Verkehr sind die Topic Boards Energiesystemtransformation und Verkehrssystem personell miteinander vernetzt worden. Eine Person ist in beiden Boards vertreten und unterstützt den inhaltlichen Austausch über Programmgrenzen hinweg.

Kooperation mit dem Forschungsbereich Erde und Umwelt

Für die Zusammenarbeit mit dem Forschungsbereich Erde und Umwelt ist die Erschließung des Potentials der Geothermie sowohl für die Wärmewende als auch für die Stromwende wesentlich. Zudem wird Wasserstoff bei der Transformation des Energiesystems hin zur Klimagasneutralität ein wesentliches Element sein und die Untergrundspeicherung von Wasserstoff in Zusammenspiel mit einer flexiblen Rückverstromung bietet die Möglichkeit von saisonalen Ausgleichen an Erzeugung und Nachfrage.

NetZero Technologies rücken zunehmend in den Mittelpunkt strategischer Analysen. Mit Beteiligten aus dem FB Erde und Umwelt wurden hierzu Szenarien entwickelt und ein Ansatz für die Bewertung entworfen und getestet. Dieser methodische Ansatz bindet auch an die zentrale Aufgabe des Programms – die Erstellung und Bewertung von Szenarien – an.

Kooperation mit dem Forschungsbereich Information

Aus dem Kompetenzzentrum für Angewandte Sicherheitstechnologie ging jüngst das neue Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit (KASTEL) hervor. Die Zusammenarbeit von ESD mit KASTEL stärkt die Vernetzung des Programms mit der modernen Cyber-Sicherheitsforschung und dem Helmholtz-Forschungsbereich Information. Dabei werden beispielsweise die Themen dezentrale Systeme und Netzdienste sowie intelligente Systemsicherheit adressiert.

Kooperation im Rahmen des Helmholtz-Inkubators

Das Programm ESD unterhält zudem eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen der Helmholtz Metadata Collaboration (HMC). Dabei werden neuartige Konzepte und Technologien für einen nachhaltigen Umgang mit Forschungsdaten durch hochwertige Metadaten entwickelt und implementiert. Diese sind auch für eine erfolgreiche Umsetzung der Ziele des Programms Energiesystemdesign von entscheidender Bedeutung.

Des Weiteren arbeitet ESD eng mit der forschungsorientierten Plattform Helmholtz Artificial Intelligence Cooperation Unit (HAICU) zu den Themen künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen zusammen. Beispielsweise werden dabei hoch performante Algorithmen zur Vorhersage von Energiebereitstellung durch erneuerbare Energien erforscht.

Beide Plattformen wurden als zukunftsweisende Kooperationsprojekte vom Helmholtz-Inkubator Information & Data Science initialisiert.

A.2.1.3.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms

Highlight 1 (Topic 1): Multikriterielle Entscheidungsanalyse (MCDA) für die Nachhaltigkeitsbewertung

Die Nachhaltigkeitsbewertung von Energietechnologien ist aufgrund von möglichen Zielkonflikten komplex. Durch die Anwendung von MCDA-Methoden für die Entscheidungsfindung ist eine simultane Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und sozialer Kriterien möglich. Mit dem multikriteriellen Bewertungsansatz können außerdem die normativen Präferenzen unterschiedlicher Stakeholder im Bewertungsprozess berücksichtigt und sichtbar gemacht werden. Ziel der Arbeitsgruppe ist die Entwicklung von „Best Practices“ für die Nachhaltigkeitsbewertung in Bezug auf die Erweiterung bisher angewendeter Kriterien, die Auswahl und Anpassung geeigneter (MCDA-)Methoden und die systematische Integration von Stakeholdern. Des Weiteren werden geeignete open source MCDA-Tools im Hinblick auf deren Eignung sowie Bedarfe für deren Weiterentwicklung identifiziert. Die Arbeiten konzentrierten sich im Jahr 2021 insbesondere auf den institutsübergreifenden Austausch vorhandener Expertise und die Identifikation möglicher gemeinsamer Arbeiten (1. MCDA-Workshop auf dem Helmholtz Kick-off FB Energie im Juli 2021; 2. ESD-MCDA-Workshop im November 2021). Dabei wurde erfasst, welche Aktivitäten im Bereich MCDA in der Helmholtz-Gemeinschaft bereits durchgeführt werden, um mögliche Synergien zu identifizieren. Neben Beteiligten des ESD-Programms gehörten Mitwirkende aus dem FB Erde und Umwelt zu den Teilnehmenden. Als erste gemeinsame ESD-Arbeit wurde ein Leitfaden zur Nutzung von MCDA im Bereich der Technikfolgenabschätzung veröffentlicht. [1] In methodischer Hinsicht lagen Schwerpunkte auf der prospektiven Nachhaltigkeitsbewertung auf Technologieebene [2] und auf Systemlevel [3], der Indikatorenauswahl und -gewichtung für die MCDA [4] [5], dem Einfluss von Unsicherheiten für die MCDA [6] und dem Einsatz von Software-Tools in multikriteriellen Entscheidungsprozessen unter Einbindung von Stakeholdern [7].

- [1] Haase, M., Baumann, M., Wulf, C., Rösch, C., Zapp, P., 2021, *Multikriterielle Analysen zur Entscheidungsunterstützung in der Technikfolgenabschätzung*. In: *Technikfolgenabschätzung*. Hrsg.: Bösch, S., Grunwald, A., Krings, B., Rösch, C. S. 306–320, Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft. ISBN: 978-3-7489-0199-0.
- [2] Haase, M., Wulf, C., Baumann, M., Rösch, C., Weil, M., Zapp, P., Naegler, T., 2022, *Prospective assessment of energy technologies: a comprehensive approach for sustainability assessment*. *Energy, Sustainability and Society*, akzeptiert.
- [3] Naegler, T., Becker, L., Buchgeister, J., Hauser, W., Hottenroth, H., Junne, T., Lehr, U., Scheel, O., Schmidt-Scheele, R., Simon, S., Sutardio, C., Tietze, I., Ulrich, P., Viere, T., Weidlich, A., 2021, *Integrated multidimensional sustainability assessment of energy system transformation pathways*. *Sustainability*, 13(9), 5217.
- [4] Ball, C.S., Vögele, S., Grajewski, M., Kuckshinrichs, W., 2021, *E-mobility from a multi-actor point of view: Uncertainties and their impacts*. *Technological Forecasting and Social Change*, 170, 120925.
- [5] Wulf, C., Zapp, P., Schreiber, A., Kuckshinrichs, W., 2022, *Integrated Life Cycle Sustainability Assessment: Hydrogen production as a showcase for an emerging methodology*. In: *Towards a sustainable future - Life Cycle Management: Challenges and prospects*, Hrsg: Klos, Z.S., Kalkowska, J., Kasprzak, J., S. 97-106. Cham: Springer International Publishing, ISBN: 978-3-030-77127-0.
- [6] Wulf, C., Zapp, P., Schreiber, A., Kuckshinrichs, W., 2022, *Integrated Life Cycle Sustainability Assessment: Hydrogen production as a showcase for an emerging methodology*. In: *Towards a sustainable future - Life Cycle Management: Challenges and prospects*, Hrsg: Klos, Z.S., Kalkowska, J., Kasprzak, J., S. 97-106. Cham: Springer International Publishing, ISBN: 978-3-030-77127-0.
- [7] van Asselt, E., Twenhöfel, C., Duranova, T., Smetsers, R., Bohunova, J., Müller, T., 2021, *Facilitating the decision-making process after a nuclear accident: Case studies in the Netherlands and Slovakia*. 2021. In: *Integrated Environmental Assessment and Management*, 17, 2, S. 376-387.

Highlight 2 (Topic 1): Szenarien

Die Entwicklung von Energieszenarien, die die Transformation des Energiesystems als sozio-technisches System angemessen abbilden, sowie deren Folgenabschätzung und Bewertung unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten stellen eine zentrale Aufgabe der Arbeitsgruppe in ESD dar. Die entwickelten Szenarien sollen u.a. in den Prozess der Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR) einfließen. Mit den Szenarien werden zum einen die techno-ökonomischen Bedingungen einer Transformation des Energiesystems in Richtung Klimaneutralität und Nachhaltigkeit identifiziert, zum anderen werden aber auch die Interdependenzen des Energiesystems mit der Gesellschaft berücksichtigt. Da dies allein durch die Anwendung gängiger techno-ökonomischer Energiesystemmodelle nur unzureichend möglich ist, werden bei der Entwicklung der Energieszenarien die Energiesystemmodelle mit dem Cross-Impact-Balance (CIB-)Ansatz verbunden. Dieser erlaubt, solche Interdependenzen umfassend zu beschreiben und für die systematische Erstellung von Szenarien zu nutzen. Ein weiteres zentrales Element der Arbeiten ist eine umfassende Folgenabschätzung sowie Bewertung. Hierbei werden ausgewählte Szenarien anhand von Nachhaltigkeitsindikatoren bewertet, indem modell-basiert wie auch nicht modell-basiert erhobene Informationen vergleichbar gemacht und an Referenzwerten gemessen werden. Der Schwerpunkt der Arbeiten der zentrenübergreifenden AG Szenarien lag zum einen in der Entwicklung eines konkreten Arbeits- und Zeitplans, der die gesamte PoF-Periode, insbesondere aber auch die zeitliche und inhaltliche Abstimmung mit den HETR-Aktivitäten, berücksichtigt. Inhaltlich lag der Schwerpunkt auf der Identifikation und Abstimmung von relevanten Rahmendaten und sozio-technischer Kontexte für die Szenarien sowie der Schnittstellen zwischen den involvierten Energiesystemmodellen einerseits und zwischen dem CIB-Ansatz und den Energiesystemmodellen andererseits. Eine erste Version der CIB-Matrix wurde erstellt, die als Grundlage für die weitere Ausarbeitung der Energieszenarien dient.

- Broska, L. H., 2021, *It's all about community: On the interplay of social capital, social needs, and environmental concern in sustainable community action*, *Energy Research & Social Science*, 79, 102165.
- Ehrenberger, S., Seum, S., Pregger, T., Simon, S., Knitschky, G., Kugler, U., 2021, *Land transport development in three integrated scenarios for Germany: Technology options, energy demand and emissions*, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 90, 102669.
- Heinrichs, H. U., Mourao, Z., Venghaus, S., Konadu, D., Gillissen, B., Vögele, S., Linssen, J., Allwood, J., Kuckshinrichs, W., Robinius, M., Stolten, D., 2021, *Analysing the water and land system impacts of Germany's future energy system*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150, 111469.
- Kopfmüller, J., Weimer-Jehle, W., Naegler, T., Buchgeister, J., Bräutigam, K.-R., Stelzer, V., 2021, *Integrative scenario assessment as a tool to support decisions in energy transition*, *Energies*, 16(4), 1580.
- Oviedo-Toral, L.P., François, D.E., Poganietz, W.R., 2021, *Challenges for energy transition in poverty-ridden regions – the case of rural Mixteca, Mexico*, *Energies* 2021, 14, 2596.
- Prehofer, S., Kosow, H., Naegler, T., Pregger, T., Vögele, S., Weimer-Jehle, W., 2021, *Linking qualitative scenarios with quantitative energy models: knowledge integration in different methodological designs*, *Energy, Sustainability and Society*, 11:25.
- Vögele, S., Broska, L. H., Otte, S., Rübbelke, D., 2021, *Why the trend towards gas-guzzlers? A closer look at the complex effects of social norms on German car buyers*, *Energy Research & Social Science*, 72, 101840.
- Weiss, A., Poncette, D., Poganietz, W.R., 2021, *A scenario-based analysis of the socio-technical frameworks for energy technologies – the case of synthetic natural gas*, *Journal of Futures Studies*.
- Xu, L., Wang, Z., Yilmaz, H.U., Poganietz, W.R., Ren, H., Guo, Y., 2021, *Considering the impacts of metal depletion on the European electricity system*, *Energies* 2021, 14, 1560.

Highlight 3 (Topic 2): Geographisch verteilte, Echtzeit PHIL Co-Simulation von Stromnetzen

Zwischen den PHIL (Power Hardware in the Loop)-Laboren in Karlsruhe und Jülich wurde eine geographisch verteilte Echtzeit-Co-Simulationsumgebung zur parallelen, transient-dynamischen Simulation der Campus-Stromnetze realisiert [1]. Auf dem RTDS-System des Energy Lab 2.0 am Campus Nord des KIT ist dazu der „Leader“-Simulator installiert, der ein reduziertes Teilmodell des deutschen Übertragungsnetzes zwischen den Netzknoten Daxlanden (Karlsruhe) und Oberzier (Jülich) darstellt. Die transiente Dynamik wird dazu im EMT-Modus (Elektro-Magnetische Transienten, 50 μ s Zyklus) betrieben. Darin eingebettet sind Mittelspannungs-Netzmodelle der Standorte Campus Nord des KIT (EMT-Modus, RTDS, 50 μ s Zyklus) und Jülich (RMS-Modus, Opal-RT, 500 μ s Zyklus) als „Follower“-Netze. Zur Kopplung der drei simulierten Netze werden die synchronisierten Phasoren an den jeweiligen Koppelpunkten mit 4 kHz zwischen den Laboren übertragen. Zum Test und zur Modell-Verifikation wurden die typischen Testfälle Sprungantwort und Kurzschluss untersucht. Wie erwartet, beträgt die synchronisierte Verzögerung zwischen den Sprungantworten an den Standorten der Teilnetze etwa 1 bis 2 ms. Dies entspricht etwa der Wellenausbreitung mit Lichtgeschwindigkeit über die 300 km Distanz zwischen den Standorten und der Unschärfe der 4 kHz Datenrate. Eine zweite Co-Simulation war zuvor schon im Kontext des Kopernikus-Projekts ENSURE-2 zwischen der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und dem KIT in Betrieb genommen worden. [2] Die Anbindung des Netzlabor in Oldenburg (DLR) ist zum Berichtszeitpunkt gerade in Arbeit. Die am KIT realisierte PHIL Co-Simulations-Architektur mit VILLASnodes-Schnittstelle erlaubt eine sukzessive Erweiterung der verteilten, parallelen Echtzeit-Netzsimulation mit heterogenen Hardware-Plattformen (RTDS, Opal-RT, SpeedGeoat, usw.) zur Anbindung weiterer Institute und Labore nach dem Stecker-Steckdose-Prinzip. Daher ist die stetige Vergrößerung der Co-Simulation durch weitere Sub-Netze und elektrische Betriebsmittel möglich.

[1] Carta, D.; Weber, M.; Glücker, T.; Pesch, T.; Hagenmeyer, V.; Benigni, A.; Kühnapfel, U., *VILLASnode-based Co-simulation of Local Energy Communities*, 2022, in print: IEEE-OSMSES, Aachen, April 2022

[2] Weber, M.; Kyesswa, M.; Kühnapfel, U.; Hagenmeyer, V.; Cakmak, H.K., *Case study of designing a locally distributed real-time simulation infrastructure*, IEEE-EPEC 2021, DOI: 10.1109/EPEC52095.2021.9621665.

Highlight 4 (Topic 2): Bridging the Granularity Gap: Zentren- und topicübergreifendes Highlight „Gasnetzsimulation“

Der Gassektor kann in einem integrierten Strom- und Gassystem saisonale Speicherkapazitäten und zusätzliche Flexibilität für den Stromsektor bereitstellen. Um die Auswirkungen der Kopplung von Strom- und Gasnetzen detailliert analysieren zu können, sind geeignete Modellierungs- und Simulationsansätze erforderlich, die von den Helmholtz-Zentren DLR, FZJ und KIT entwickelt werden. In Topic 1 verfolgte das DLR mit SciGRID_gas einen Open-Data-Ansatz zur Entwicklung eines Datenmodells für die Abbildung von Gastransportnetzen in Europa. Frei verfügbare Daten aus verschiedenen Quellen wurden gesammelt, aufbereitet und zusammengeführt. [1] Statistische und heuristische Methoden wurden auf den zusammengeführten Datensatz angewandt, um fehlende Eigenschaften der Gasnetzelemente zu ermitteln. [2] Die generierten Datensätze stehen unter entsprechenden Open Data Lizenzen für weiterführende Forschungsarbeiten innerhalb und außerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft zur Verfügung. Im Topic 2 hat das FZJ zur Simulation quasistationärer Gasflüsse das Modell GasNetSim entwickelt, mit dem auch wasserstoffangereicherte Erdgasnetze simuliert werden können. [3] Anhand erster beispielhafter Berechnungen wurde die Bedeutung und Notwendigkeit der Modellierung unterschiedlicher Gaszusammensetzungen aufgezeigt. Zudem wurde das Simulationstool in einer Co-Simulation von gekoppelten Strom- und Gasnetzen eingesetzt. In einem

nächsten Schritt soll für das gesamte deutsche Strom- und Gasnetz weitergehend untersucht werden, inwieweit großskalige Elektrolyseurleistungen zur Wasserstoffproduktion durch geschickte Platzierung vor Netzengpässen das Stromnetz entlasten können. Für die entsprechenden Arbeiten werden zukünftig die Gasnetzdaten aus SciGRID_gas in GasNetSim implementiert. Das KIT ergänzt diese Forschungsarbeiten durch Modellierung von Gasnetzen im Kontext eines multimodalen Energietransportproblems. [4] Im Falle des KIT werden beispielsweise Modelle zur Energietransformation entwickelt, die den überregionalen Energietransport unter verschiedenen technischen Restriktionen (bestehende und mögliche Infrastrukturen und deren Kosten) optimieren - z.B. als Strom, Erdgas, Wasserstoff oder „grüne Kraftstoffe“. Die genannten Aktivitäten verdeutlichen die Relevanz einer zentren- und topicübergreifenden Kooperation im ESD-Programm, um komplexe Fragestellungen des zukünftigen Energiesystemdesigns beantworten zu können.

- [1] Diettrich, J.; Pluta, A.; Sandoval, J.; Dasenbrock, J.; Medjroubi, W., SciGRID_gas: The final IGGIELGNC-2 gas transmission network data set, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5017641>.
- [2] Dasenbrock, J.; Pluta, A.; Zech, M.; Medjroubi, W., Detecting Pipeline Pathways in Landsat 5 Satellite Images with Deep Learning, *Energies*, 2021, 14, 5642. <https://doi.org/10.3390/en14185642>.
- [3] Lu, Y.; Pesch, T.; Benigni, A., Simulation of Coupled Power and Gas Systems with Hydrogen-Enriched Natural Gas, *Energies*, 2021, 14, 7680. <https://doi.org/10.3390/en14227680>.
- [4] Linßen, J.; Gillessen, B.; Zobel, M.; Langnickel, H.; Ardone, A.; Graf, F., Wasserstoff-Infrastrukturen – Rückgrat des treibhausgasneutralen Energiesystems der Zukunft. FVEE-Jahrestagung 2021.

A.2.1.3.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen

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.*

Diese Empfehlung adressiert das Programm ESD übergreifend und zentral im Rahmen der Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR). ESD-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler sind in enger Zusammen- und Mitarbeit im HETR-Kernteam sowie den neu etablierten HETR-Fachgruppen aktiv (siehe Koordinatorenbericht, Kapitel 2). Zudem entwickelt die ESD-Arbeitsgruppe „Szenarien“ (siehe auch Highlight 2) die Basis für die Arbeiten der Roadmap.

- *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.*

Die Arbeiten wurden im Subtopic 1.1 in den Arbeitsgruppen Methoden, Daten und Szenarien neu strukturiert. Im Mittelpunkt standen die Konkretisierung des Bedarfs an Modellentwicklung

und des Modellworkflows, die Identifikation von Schnittstellen und die Abstimmung von Rahmen- und Technikdaten. Das Subtopic 1.2 hat die Arbeitsgruppen Nachhaltigkeitsbewertung, Governance und Entscheidungsverhalten gebildet. Der Fokus liegt auf lebenszyklusorientierter Nachhaltigkeitsbewertung unter Einbindung von MCDA-Ansätzen (siehe Highlight 1), auf der Analyse der Energiewende als zielgerichtete langfristige Transformation mittels Intervention und Adaption sowie auf Entwicklung und Anwendung von Entscheidungs- und Diffusionsmodellen unter Berücksichtigung von gesellschaftlichen Präferenzstrukturen. Die Zeitpläne sind so abgestimmt, dass eine umfassende Analyse, Folgenabschätzung und Bewertung eines Transformationspfades des Energiesystems in seinem sozio-technischen Verständnis bis Ende 2022 gewährleistet ist.

Damit wird auch der Abstimmung mit dem zentralen Strategiewerkzeug HETR Rechnung getragen. Das für Ende 2022 bereitgestellte und bewertete Szenario bildet die Grundlage und Referenz für die HETR und dient auch zur Abstimmung mit dem MTET-Programm. Nach 2022 rücken methodische Weiterentwicklungen für sozio-technische Szenarien und ganzheitliche Nachhaltigkeitsbewertung stärker in den Mittelpunkt und neue Herausforderungen der Transformation und zukünftige technische Konzepte (z.B. Fusion) können dezidiert einbezogen werden.

- *Das Gremium ermutigt das Team, sich auf regionale Modelle zu konzentrieren, da diese das Potenzial für ein Alleinstellungsmerkmal (Unique Selling Proposition, USP) haben.*

Es wurden Simulationsmodelle des Stromnetzes in unterschiedlichen Aggregationsstufen in allen Netzebenen (Höchstspannung, VHS; Hochspannung, HS; Mittelspannung, MS; Niederspannung, NS) neu generiert oder überarbeitet. Dies betrifft das Übertragungsnetzmodell Deutschland (VHS, HS), eingebettet in die ENTSO-E Verbundnetzregion „Central-Europe“, das im Kopernikus-Projekt ENSURE-2 zum Einsatz kommt. Für den Einsatz im Verbundprojekt „HydrogREenBoost“ (Partner u.a.: TransnetBW) wurde ein hoch-detailliertes Netzmodell der Regelzone „Baden-Württemberg“ (VHS, HS, MS-Oberseiten der Trafos) erarbeitet, das auch alle unterlagerten regionalen Verteilnetzbetreiber mit HS-Betriebsmitteln (NetzeBW, MVV, Syna, SWKA, usw.) enthält. Die Standorte der beteiligten Helmholtz-Partner (KIT, FZJ) wurden jeweils mit verschiedenen Detailstufen (HS, MS, NS) modelliert. Je nach Anwendung (PHIL, Echtzeitsimulation / Netzschutz-Untersuchungen / Co-Simulation und Optimierung mit Gas- und Wärmenetzen) werden diese Modelle in unterschiedlichen Detailstufen eingesetzt. Für Untersuchungen im NS-Spannungsbereich (EE-Einspeisung, E-Mobilität Ladeinfrastruktur, lokale Speicherstrukturen) wurden Netzmodelle von typischen Verteilnetzbereichen aus dem Versorgungsgebiet Karlsruhe entwickelt. Alle Modelle sind geographisch detailliert und in verschiedenen Varianten (Netzausbau heute, 2030/35, 2045) verfügbar, im Energy Lab 2.0 implementiert und für die relevanten Software-Architekturen verfügbar. Die Netzmodelle lassen sich untereinander kombinieren. Es handelt sich durchweg um kritische Infrastruktur und unterliegt in wesentlichen Teilen dem Datenschutz.

Es wurde ein Modell des Fernwärmenetzes sowie ein Modelica-Modell des im Bau befindlichen Niedertemperaturwärmenetzes inklusive Wärmepumpen des Campus Jülich erstellt. Dabei wurden die Modelle auf Basis von einer Netztopologie-Beschreibung in Form einer Datenbank mit Hilfe eines im Rahmen der PoF III-Initiative Energy System 2050 (ES2050) weiterentwickelten Werkzeugs weitestgehend automatisch generiert. [1] Des Weiteren wurde ein Digital-Zwilling des Stromnetzes des Campus Jülich in Matlab/Simulink erstellt. Für den späteren Betrieb des Niedertemperaturwärmenetzes wurde ein MIQCP basierten Regel entwickelt. Durch die Kopplung vorher genannten Modellen mit dem Regler wurde simuliert, wie der Betrieb der dezentral aufgestellten Wärmepumpen sich auf das Stromnetz auswirken wird. [2]

Seitens Topic 1 liegt der Fokus auf techno-ökonomische Modellen und Modellen für die sozio-technische Impactanalyse im regionalen Kontext. Um Transformationsstrategien auch auf regionaler Ebene zu ermitteln, werden techno-ökonomische Modelle entwickelt, welche die regionalen Nachfragen und Erzeugungspotenziale abbilden können. Hierzu wurde zentrenübergreifend eine Arbeitsgruppe gegründet, welche als erstes Beispiel die Stadt Oldenburg bottom-up modelliert, um dort standortscharfe, zeitlich hoch aufgelöste Lastprofile für Gebäude, Industrie und Mobilität zu bestimmen. Hier liegen als erstes Ergebnis bereits die Nachfragen für die Wohngebäude und den Individualverkehr in Oldenburg vor. Die Lastprofile für Gewerbe und Industrie sind noch in der Entwicklung.

Für die sozio-technische Impactanalyse werden verstärkt ökonomische Input-Output-Modelle entwickelt und für die regionale Analyse (national und Bundesländer) eingesetzt sowie umweltbezogene lebenszyklus-orientierte Ansätze wie LCA und LCSA mit Fokus Deutschland unter Einbeziehung von grenzüberschreitenden und global vernetzten Stoff- und Energieströmen bzw. Lieferketten. Beide Themen werden zentrenübergreifend in den Arbeitsgruppen Makroökonomie sowie LCA/MCDA bearbeitet.

[1] Hering, D.; Faller, M. R.; Xhonneux, A.; Müller, D., *Operational Optimization of a 4th Generation District Heating Network with Mixed Integer Quadratically Constrained Programming*, Conference Proceedings ECOS 2021.

[2] Liu, D.; Hering, D.; Carta, D.; Xhonneux, A.; Müller, D.; Benigni, A., *A Hardware-in-the-Loop Co-simulation of Multi-modal Energy System for Control Validation*, Conference Proceedings IECON 2021.

- *Das Team sollte sich auf die Kontrolle und nicht so sehr auf die einzelnen Technologien konzentrieren.*

Die Fragestellungen betreffend Regelung (Control) von Netzen werden auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen und Zeitskalen angegangen. So wurden in die Simulation regionaler Grids und von Microgrids zusätzlich Controller integriert. Zudem werden die Controller auf Leistungselektronikebene sehr detailliert untersucht, um besser geeignete Modelle für die Aggregation zu gewinnen. [1] Mittelungsstrategien, Ordnungsreduktionszugänge, der Einfluss von Totzeiten bei der Regelung von Grids sind derzeit wichtige Teilthemen. Zudem werden neue Regelungsstrategien von hybriden AC-DC-Netzen ebenso untersucht wie die stochastische Regelung von Netzbatterien.

Aufgrund der zunehmenden Durchdringung erneuerbarer Energien in der untersten Spannungsebene besteht die Notwendigkeit, neue Regelungsstrategien von Umrichtersystemen zur lokalen Stabilisierung der Netzspannung zu entwickeln. Zu diesem Zweck verfolgt das Programm Ansätze des maschinellen Lernens, um elektrische Lasten mit wiederkehrenden, charakteristischen Spannungsprofilen in der lokalen Netzumgebung zu erkennen sowie einen individuellen Blindleistungsbedarf an Netzanschlusspunkten zu ermitteln.

Mit dem Energy Lab 2.0 wurde eine einzigartige Energieforschungsinfrastruktur aufgebaut, die explizit Stromnetze und deren – auch völlig neuartigen – Regelung in Echtteilexperimenten validieren soll. Im Fokus stehen hierbei lokale, räumlich begrenzte Wechselstrom- und Gleichstromnetze, deren Netzteilnehmer (PV-Anlagen, Lasten wie Elektrofahrzeuge und Wärmepumpen) über Leistungselektronik am Netz angeschlossen sind. [2], [3]

- *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 neue Netzstrukturen für die Umsetzung der Energiewende untersucht. Ein zentraler Aspekt ist dabei die stark zunehmende Durchdringung der Energienetze mit leistungselektronischen Systemen auf und zwischen allen Spannungsebe-

nen. Dies reicht von der reinen Ankopplung von Stromerzeugern und -verbrauchern über Umrichter ans bestehende AC-Netz über die Konzeption von hybriden und vermaschten AC/DC-Netzen bis hin zu reinen Multiterminal-DC-Energienetzen.

Neben den Netzstrukturen werden auch die für die Vermaschung notwendigen leistungselektronischen Systeme hinsichtlich Designs und Regelung untersucht. Dabei stehen strom- und spannungsgeführte Umrichtersysteme für DC-Übertragungsstrecken in Nieder-, Mittel- und Hochspannungsnetzen sowie die Anbindung von PV- und Windparks in Kombination mit Batteriespeichern und Elektrolyseuren oder Ladesäulen für die Elektromobilität im Vordergrund (z.B. Solid State Transformatoren). Weiterhin wird der Netzbetrieb bei in weiten Grenzen variabler Netzfrequenz und die Auswirkungen eines solchen Betriebs auf die Netzbetriebsmittel und Verbraucherinnen und Verbrauchern sowie die Netzstabilität untersucht. Dazu ermöglicht eine leistungsstarke Power Hardware-in-the-Loop (PHIL)-Versuchsumgebung die Simulation von sowohl AC- als auch DC-Netzen sowie den gleichzeitigen Betrieb leistungselektronischer Betriebsmittel in den entsprechenden Realnetznachbildungen.

Zudem wird im Programm ESD ein möglicher Paradigmenwechsel für den Netzbetrieb erforscht: Inspiriert von der Digitalisierung des Kommunikationssektors, die zum heutigen Internet führte, wird die Digitalisierung des Energienetzes im Sinne von Energiepaketversand untersucht. Das dabei entstehende Netz ist gekennzeichnet von sich selbst organisierenden Subnetzen, die durch Energierouter miteinander verbunden sind. [4], [5]

[1] Bräckle, D.; Himmelmann, P.; Gröll, L.; Hagenmeyer, V.; Hiller, M., *Energy Pulsation Reduction in Modular Multilevel Converters Using Optimized Current Trajectories*, *IEEE Open Journal of Power Electronics*, 2, 171–186, 2021. doi:10.1109/OJPEL.2021.3065115.

[2] Wachter, J.; Gröll, L.; Hagenmeyer, V., *Adaptive Feedforward Control for DC/DC Converters in Microgrids - A Power Hardware in the Loop Study*, *9th International Conference on Smart Grid (icSmartGrid)*, 2021, 49-56, doi: 10.1109/icSmartGrid52357.2021.9551250

[3] Karrari, S.; De Carne, G.; Noe, M., *Model validation of a high-speed flywheel energy storage system using power hardware-in-the-loop testing*, *Journal of Energy Storage* 43, 2021, 103177.

[4] Wiegel, F.; De Din, E.; Monti, A.; Wehrle, K.; Hiller, M.; Zitterbart, M.; Hagenmeyer, V., *A Novel Receiver Design for Energy Packet-Based Dispatching*, *Energy Technology* 9.2, 2021.

[5] Schneider, K.; Wiegel, F.; Schulz, D.; Hagenmeyer, V.; Hiller, M.; Bless, R.; Zitterbart, M., *Designing the Interplay of Energy Plane and Communication Plane in the Energy Packet Grid*, *IEEE 46th Conference on Local Computer Networks (LCN)*, IEEE, 2021.

A.2.1.3.4 Strategische Themen

Talentmanagement

Die im August 2021 gestartete Graduiertenschule am KIT „Enabling Net Zero“ (ENZo) möchte Promovierende dazu befähigen, das Energiesystem als Ganzes im Blick zu haben und eine hohe Kompetenz für das Wechselspiel von Technologien im Rahmen der Sektorkopplung und Kreislaufwirtschaft zu entwickeln. Sie bietet Promovierenden die Möglichkeit, interdisziplinäres Wissen in „Real-World“-Projekten anzuwenden, die einen sichtbaren Beitrag zur Transformation des Energiesystems leisten können.

Am KIT leitet Herr Dr. Giovanni De Carne seit Mai 2021 eine Helmholtz Young Investigator Group, die zu den Themen Echtzeitsystemintegration, experimentelle Validierung von Energietechnologie und Leistungselektronik-Anwendungen in Stromnetzen forscht.

2021 wurde Herr Prof. Dr. Thomas Brown, zuvor Leiter der Helmholtz-Nachwuchsgruppe Energiesystemmodellierung am KIT, als Professor am Institut für Energietechnik der TU Berlin berufen.

Vernetzung

Im Rahmen eines grenzüberschreitenden Innovationsprojekts für Industrie und Energiewende arbeiten ESD-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler des KIT mit Partneruniversitäten aus Freiburg, Mülhausen und Straßburg an der Strategieentwicklung für „Post-Fessenheim“ zur Vernetzung in der Oberrhein-Region.

Herr Prof. Dr. Veit Hagenmeyer (KIT) ist als Präsident von EIFER (European Institute for Energy Research) aktiv, das als unabhängiges französisch-deutsches Forschungsinstitut von EDF und KIT gegründet wurde.

Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft

Technologietransfer

In der zweiten Phase des Kopernikus-Projekts ENSURE (BMBF, ENSURE-2) arbeiten ESD-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler des KIT mit zahlreichen Partnern wie Siemens, TenneT, Hitachi, ABB bis 2050 an einem Gesamtkonzept für die Energieversorgung. Dieses soll in den bestehenden sozioökonomischen Rahmen eingebettet und die Ergebnisse auf Deutschland und Europa übertragbar sein.

Die Etablierung von Smart Areas und Quartieren im Kontext tragfähiger Geschäftsmodelle innerhalb des aktuellen deutschen Regulierungsrahmens wird im Forschungsprojekt „Smart East“ untersucht, erprobt und praktisch demonstriert. Gemeinsam mit ihren Partnern digitalisieren ESD-Forschende (KIT) Bestandsgebäude innerhalb der Stadt Karlsruhe, um mit einem intelligenten Energiemanagementsystem die Sektoren Strom, Wärme, Kälte und Verkehr zu vernetzen.

Wissen für Entscheidende

Über das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag, betrieben vom KIT, wird das Parlament auch in Energiefragen beraten, zurzeit z.B. über Potentiale des Wasserstoffimports aus Entwicklungsländern. Als Ko-Vorsitzender des Nationalen Begleitgremiums Endlagersuche berät ein ESD-Wissenschaftler (Prof. Dr. Armin Grunwald) den Deutschen Bundestag und das BMUV.

Wissen für Betroffene

Im Rahmen des Programms ESD finden eine Vielzahl von Aktivitäten statt, deren Ziel die Einbindung der Gesellschaft in die Forschung ist. Das heißt, neben dem Transfer von Wissen in die Gesellschaft streben wir an, die gewonnenen Erkenntnisse aus der Kommunikation mit der Gesellschaft in die eigene Forschung zu integrieren, sodass kein alleiniger unidirektionaler Wissenstransfer stattfindet. Folgende drei Beispiele aus dem KIT können genannt werden:

Quartier Zukunft. Dieses als Reallabor in einem Stadtteil von Karlsruhe konzipierte Projekt möchte die Erfordernisse und die Lösungsmöglichkeiten einer Transformation auf lokaler Ebene mit den Bewohnern des Stadtteils entwickeln.

ZuSkE: Die Zukunft der Sektorkopplung auf kommunaler Ebene – gemeinsam gestalten, bewerten und handeln. Das Projekt zielt darauf ab, in einem engen Austausch mit drei ausgewählten Kommunen in Deutschland die lokale Sektorkopplung zu gestalten.

ATAIC – Solarenergie für die Ernährungssouveränität von Familien am Flusssufer. Im Rahmen des Projektes soll armen Kommunen in Brasilien die Möglichkeit gegeben werden, selbstverwaltet Energiegemeinschaften zu gründen, um die sozialen und wirtschaftlichen Entwicklungen der Gemeinden zu fördern und gleichzeitig den Ansprüchen an Klimaschutz und Umwelt gerecht zu werden.

Drittmittleinwerbung

Die Etablierung von Smart Areas und Quartieren im Kontext tragfähiger Geschäftsmodelle innerhalb des aktuellen deutschen Regulierungsrahmens wird im Forschungsprojekt „Smart East“ untersucht, erprobt und praktisch demonstriert. Gemeinsam mit ihren Partnern digitalisieren ESD-Forschende (KIT) Bestandsgebäude innerhalb der Stadt Karlsruhe, um mit einem intelligenten Energiemanagementsystem die Sektoren Strom, Wärme, Kälte und Verkehr zu vernetzen.

Im vom BMWi geförderten Projekt FlexKälte wurde ein Messstellennetzwerk für Kälteanlagen des Campus Nord des KIT errichtet und dieses in einem umfassenden Datenverarbeitungssystem eingebunden. Für ausgewählte Kältesysteme wurden Modelle mit unterschiedlichen Komplexitäten konzipiert, die zur Identifizierung und Nutzung von Flexibilitäten in dem in diesem Projekt geplanten virtuellen Kälteanlagenverbund dienen werden.

A.2.1.3.5 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2021 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2021. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2021.

A.2.1.4 Programmanteil Materials and Technologies for Energy Transition (MTET)

A.2.1.4.1 Das Programm im Überblick

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

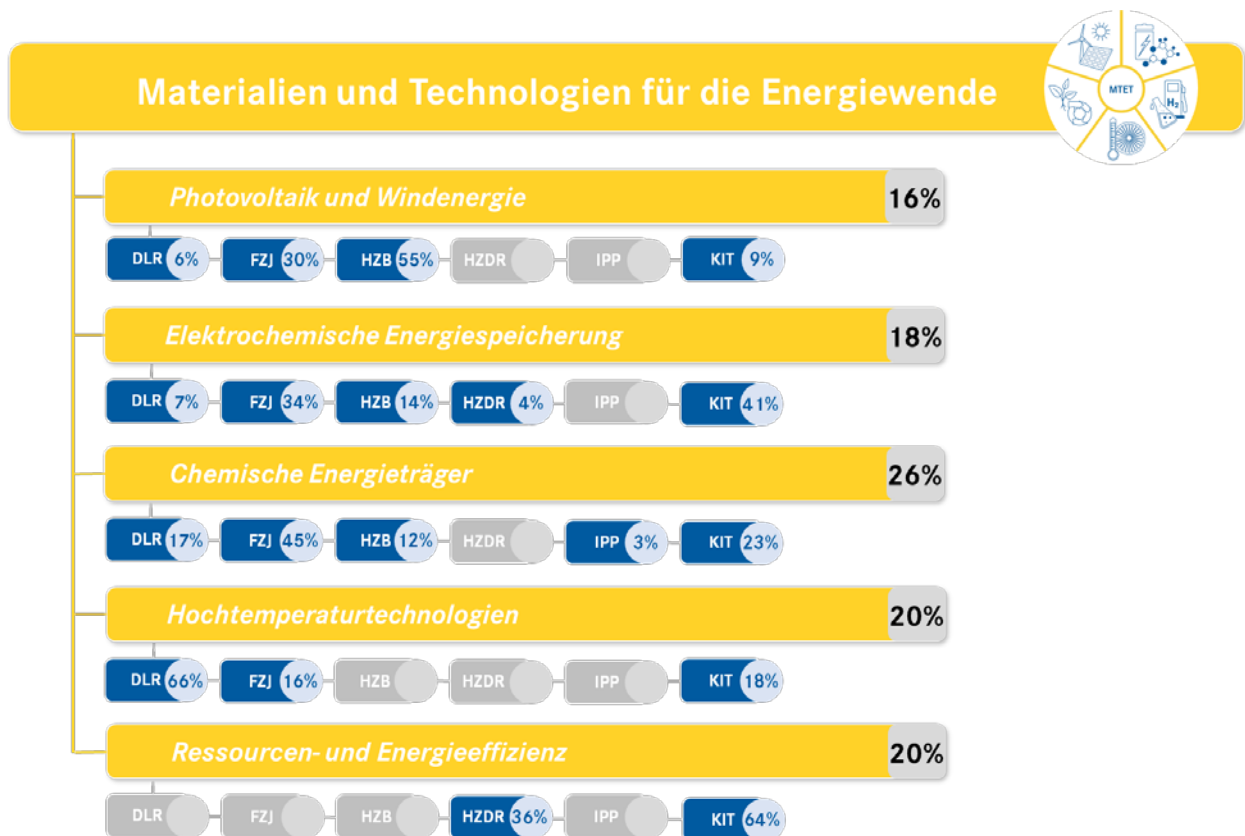
Ziel des MTET-Forschungsprogramms ist es, wesentliche wissenschaftliche Erkenntnisse und zukunftsfähige Technologien für die Energiewende in Deutschland und für die nachhaltige Umgestaltung der Energieversorgung und Nutzung weltweit bereitzustellen.

Gestützt auf unsere Kompetenzen in den Bereichen Physik, Chemie, Material- und Ingenieurwissenschaften, unseren multidisziplinären Ansatz und unsere hochentwickelte und umfangreiche Forschungsinfrastruktur wird das Programm MTET Prozesse und Technologien in verschiedenen Maßstäben und Stufen der Systemintegration über die gesamte TRL-Skala hinweg erforschen. Steigerung der Effizienz und Langlebigkeit bei gleichzeitiger Reduktion der Kosten sind bei der Gewinnung, Bereitstellung und effizienten Nutzung erneuerbarer Energie erforderlich.

Das Programm „Materialien und Technologien für die Energiewende“ 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. Wir entwickeln marktfähige Technologien für die Speicherung und Wandlung von Energie unter Berücksichtigung der Schließung von Stoffkreisläufen und der Schonung von Ressourcen.

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 Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Programmstruktur



Das Programm Materialien und Technologien für die Energiewende gliedert sich in

Topic 1: Photovoltaik und Windenergie
(Sprecher: Prof. Dr. Rutger Schlatman)

Photovoltaik und Windenergie sind weltweit die technologischen Säulen für die zukünftige Versorgung mit regenerativ erzeugter elektrischer Energie. Die Forschungsarbeiten umfassen grundlegende Materialfragen, die Entwicklung leistungsstarker Komponenten und Systeme sowie kostengünstige und nachhaltige Produktionstechnologien, Langzeitstabilität und die Wechselwirkung beider Erzeugungstechnologien mit dem gesamten Energiesystem und der Umwelt.

Topic 2: Elektrochemische Energiespeicherung
(Sprecher: Prof. Dr. Helmut Ehrenberg)

Wir widmen uns der **elektrochemischen Energiespeicherung**, mit der sich kompakte und hocheffiziente Speicher für dezentrale Versorgungssysteme und eine nachhaltige Elektromo-

bilität bereitstellen lassen. Wir erforschen neue Batteriematerialien und -technologien, entwickeln innovative Prozesse zur Zellherstellung und leistungsfähige Batteriesysteme für stationäre und mobile Anwendungen.

Topic 3: Chemische Energieträger
(Sprecher: Prof. Dr. Olivier Guillon)

Im Thema chemische Energieträger befassen wir uns mit effizienten chemischen und elektrochemischen Umwandlungstechnologien zur Überbrückung der Lücke zwischen Energieangebot und -bedarf im Stromsektor sowie Anwendungen im Mobilitäts-, Industrie- und Gebäudesektor. Neue Verfahren wie Power-to-X-Technologien sollen erneuerbaren Strom umweltschonend in chemische Energieträger umwandeln. Das können etwa grüner Wasserstoff, Methanol, Ammoniak oder synthetische Kraftstoffe sein. Diese lassen sich gut speichern, transportieren und sind vielseitig im Energiesystem einsetzbar.

Topic 4: Hochtemperaturtechnologien
(Sprecher: Prof. Dr. Robert Pitz-Paal)

Um Strom und Prozesswärme künftig klimaschonend bereitstellen, speichern und nutzen zu können, forschen wir 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: Prof. Dr. Dieter Stapf)

Der European Green Deal verbindet die Energiewende mit der Schaffung einer nachhaltigen **Kreislaufwirtschaft**, um den Verbrauch natürlicher Ressourcen zu begrenzen und Klimaneutralität zu erreichen. Wir beschäftigen uns daher mit der gemeinsamen Steigerung von **Ressourcen- und Energieeffizienz**. Unser Ziel ist, die großen Grundstoff- und Produktkreisläufe für Kohlenstoff, Metalle und Mineralien zu schließen. Hierfür entwickeln wir neue Technologien und Konzepte für energieintensive Prozesse, für die Nutzung von Primär- und Sekundärrohstoffen und für den hocheffizienten Transport elektrischer Energie.

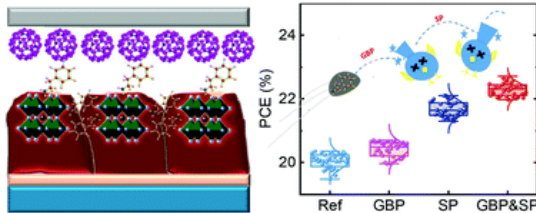
Neue strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Keine Meldung für KIT

A.2.1.4.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms

Topic 1 „Photovoltaik und Windenergie“

Two birds with one stone: dual grain-boundary and interface passivation enables >22% efficient inverted methylammonium-free perovskite solar cells



Aufgrund des raschen Anstiegs der Energieumwandlungseffizienz von Perowskit-Solarzellen (PSC) werden diese als ein aufstrebendes Forschungsgebiet in der Photovoltaik angesehen. Während invertierte p-i-n PSCs ein großes Potenzial für flexible und perowskitbasierte Tandem-

Photovoltaik gezeigt haben, müssen im Vergleich zu ihren n-i-p-Gegenstücken noch wichtige Herausforderungen bewältigt werden. Nicht-strahlende Rekombinationsverluste, die durch das Vorhandensein von Defekten an den Korngrenzen (GBs) und die Rekombination an der Grenzfläche zwischen Perowskit und elektronentransportierender Schicht verursacht werden, begrenzen die Leerlaufspannung (V_{OC}) und den Füllfaktor (FF) von PSCs in dieser Architektur. Um dieses Problem anzugehen, zeigen wir, dass eine doppelte Passivierungsstrategie, bei der Phenethylammoniumchlorid sowohl als Zusatzstoff als auch zur Oberflächenbehandlung verwendet wird, gleichzeitig Defekte an den GBs und der Perowskit/C60-Grenzfläche passiviert. Dies führt zu einer signifikanten Verbesserung sowohl der V_{OC} als auch der FF. In Anbetracht der Dringlichkeit, p-i-n-PSCs für flexible und perowskitbasierte Tandem-Photovoltaik voranzutreiben, unterstreichen unsere Ergebnisse die Bedeutung des Defektmanagements sowohl an den GBs als auch an der Oberfläche der Perowskit-Absorberschicht, um sowohl hoch-effiziente als auch stabile invertierte p-i-n-PSCs zu erreichen.

Gharibzadeh, S., Fassel, P., Hossain, I. M., Rohrbeck, P., Frericks, M., Schmidt, M., Duong, T., Khan, M. R., Abzieher, T., Nejad, B. A., Schackmar, F., Almora, O., Feeney, T., Singh, R., Fuchs, D., Lemmer, U., Hofmann, J. P., Weber, S. A. L., and Paetzold, U. W., Energy Environ. Sci. 14, 5875-5893 (2021)

Topic 2 „Elektrochemische Energiespeicherung“

Nicht flüchtiger, nicht entflammbarer Elektrolyt für Li-Metall-Batterien

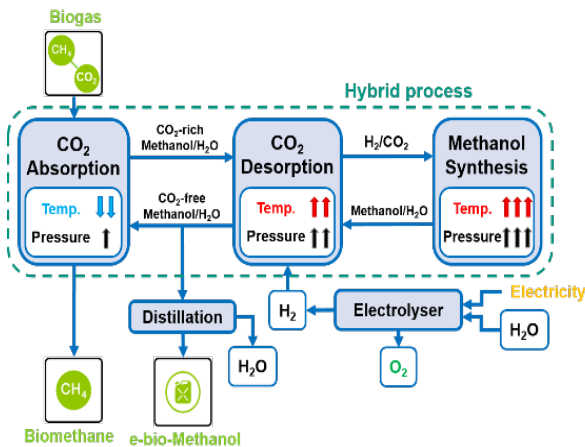
Hochenergiebatterien, insbesondere Lithiumbatterien, sind der Schlüssel zu einer kohlenstoff-neutralen Mobilität. Die aktuellen Lithium-Ionen-Batterien haben bereits einen schnell wachsenden Markt für Elektrofahrzeuge ermöglicht. Es ist jedoch absehbar, dass eine vollständig elektrifizierte Mobilität nur durch die Entwicklung von Batterien erreicht werden kann, die Lithiummetall als negative Elektrode verwenden und gleichzeitig eine hohe Zyklenfestigkeit und Sicherheit gewährleisten. Lithium-Metall-Batterien mit hoher Energiedichte stehen jedoch vor der Herausforderung, einen Elektrolyten zu benötigen, der sowohl die Stabilisierung der negativen Lithium-Metall-Elektrode als auch der positiven Hochspannungselektroden (> 4 V gegen Li^+/Li) ermöglicht. Im Berichtszeitraum konnte gezeigt werden, dass die Verwendung eines schwerflüchtigen und nicht entflammbaren Elektrolyten basierend auf einer ionischen Flüssigkeit (IFE), die zwei Anionen, Bis(fluorsulfonyl)imid (FSI) und Bis(trifluormethansulfonyl)imid (TFSI), dies erreicht. Diese Kombination erlaubt es, ein sehr energiereiches, kobaltarmes positives Elektrodenmaterial $\text{LiNi}_{0.88}\text{Co}_{0.09}\text{Mn}_{0.03}\text{O}_2$ (NCM88), in Li-Metall-Batterien zu verwenden. Mit diesem speziellen Elektrolyten weist die Kathode eine bemerkenswerte spezifische Kapazität von 214 mAh g^{-1} und eine hervorragende Kapazitätserhaltung von 88 % über 1.000 Ladezyklen auf. Noch wichtiger ist, dass dieser Elektrolyt eine durchschnittliche Coulomb Effizienz von 99,94 % ermöglicht. Die ausgezeichnete Kompatibilität der Doppelanionen-IFE so-

wohl mit Lithium-Metall (von nur 50 μm Dicke) als auch mit dem Hochenergie Kathodenmaterial ermöglicht die Realisierung von Li-Metall-Zellen mit einer spezifischen Energie von mehr als 560 Wh kg^{-1} auf der Grundlage der kombinierten Masse der aktiven Materialien.

F. Wu, S. Fang, M. Kuenzel, A. Mullaliu, J.-K. Kim, X. Gao, T. Diemant, G.-T. Kim, S. Passerini, Joule 5, 1–18 (2021)

Topic 3 „Chemische Energieträger“

Neuartiger integrierter Power-to-Methanol-Prozess



Am Institut für Mikroverfahrenstechnik des KIT wurde ein neues hybrides Verfahren entwickelt, das die CO_2 -Absorption aus höher konzentrierten Punktquellen wie Biogas oder Klärgas synergistisch mit der Methanolsynthese kombiniert. Dabei erfolgt die Absorption des CO_2 direkt in abgekühlter Methanol/Wasser-Produktmischung aus dem Synthesereaktor. Das absorbierte CO_2 wird mit unter Druck stehendem Elektrolysewasserstoff bei erhöhter Temperatur ausgetrieben, um das Synthesegas für die Methanolsynthese bereitzustellen. Das Verfahren ist besonders einfach aufge-

baut und ermöglicht einen gegenüber der etablierten Aminwäsche um 30% reduzierten Energiebedarf pro Tonne CO_2 , der in einer höheren Gesamtenergieeffizienz resultiert.

Durch den einfachen Aufbau und die Verwendung der Produktlösung selbst als Absorptionsmittel sind Investitions- und Betriebskosten reduziert und die Nachhaltigkeit gegenüber alternativen Verfahren erhöht.

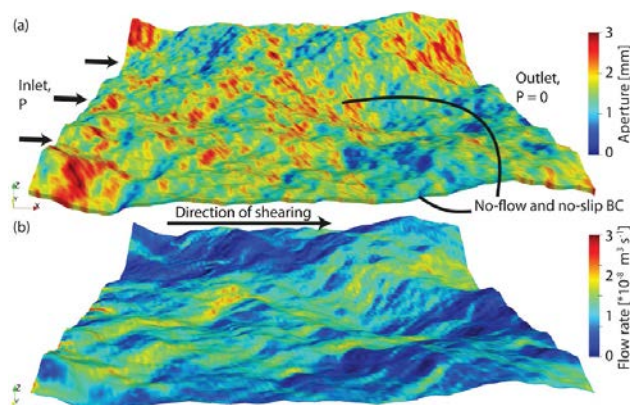
Auf Basis experimenteller Untersuchungen im Labor und Prozesssimulationen wurde eine Patentanmeldung für das Verfahren eingereicht und eine Pilotanlage entwickelt, die derzeit aufgebaut wird (Patentname „Abscheidung von CO_2 aus Punktquellen und dessen Umwandlung in Methanol (DE 10 2020 120879.0, 2020)). Vermarktet werden soll die vielversprechende neue Technologie durch eine weitere Ausgründung aus dem KIT mit Namen ICODOS (Intelligent Carbon Dioxide Solutions), die sich aktuell im Gründungsprozess befindet.

Topic 4 „Thermische Hochtemperaturtechnologien“

Geoenergie

Für das Verständnis und die Prognose geothermischer Systeme spielt die Simulation der Strömung durch Gesteinsklüfte eine zentrale Rolle. I.d.R. werden komplexe und variable Hohlraumgeometrien durch den Versatz von Bruchflächen geschaffen. Die Strömung von Fluiden und der Transport von Wärme durch dieses Gestein wird in hohem Maße durch die Geometrie

der Klufthohlräume und der Fließrate (= Strömungsgeschwindigkeit) beeinflusst. In numerischen Berechnungen werden häufig vereinfachende Ansätze gewählt, die mögliche komplexe Auswirkungen vernachlässigen können. In dieser Studie wurde eine 3D-Strömung unter Beachtung von - unter stochastischen Annahmen erstellten - Geometrien und insbesondere eines Navier-



Stokes-Ansatzes berechnet und mit einfacheren 2D-Kluftmodellen verglichen. Dadurch ließen sich neue Erkenntnisse für das Strömungsverhalten von Fluiden in rauen Klüften gewinnen. Die Analyse der stochastisch generierten 3D-Navier-Stokes-Modelle bestätigte einerseits die Gültigkeit des 2D „LCL“-Ansatzes (local cubic law) bei Reynolds Zahlen unter 100, erklärt aber auch das Entstehen des oft beobachteten „Channelling“. Da der Kluftversatz über mechanische Spannungsänderung hervorgerufen wird, zeigt die Arbeit exemplarisch eine neue hydro-mechanische Beziehung, welche geothermisch-relevante Strömungsphänomene erklären kann. Dieser Ansatz ist wegweisend für die zukünftige Entwicklung der Modellierung geothermischer Reservoirs.

3D-Abbildung der Kluftöffnung (oben) und der Strömungsgeschwindigkeit in Klüften mit rauer Oberfläche (unten)

R. Egert; F. Nitschke; M. Gholami Korzani, T. Kohl, Geophys. Res. Lett. 48 (9), (2021)

Topic 5 „Ressourcen- und Energieeffizienz“

Hohe Wertschöpfung bei der Nutzung aschereicher, nachhaltiger Biomasse

Für die direkte kommerzielle Verwendung von Pyrolyseöl aus aschereichen Biomassen wie Stroh ist es entscheidend, Verwertungskonzepte für die Nebenprodukte, insbesondere des wässrigen Kondensats zur Verfügung zu haben. Mit Partnerinnen und Partnern von der Universität Hohenheim und der TU München wurden durch das KIT Aufbereitungsverfahren entwickelt, die es erlauben die Bestandteile des wässrigen Kondensats durch Fermentationsprozesse nutzbar zu machen. Dazu eignen sich besonders Wildtypen toleranter Pilze, aber auch durch Adaption oder genetisch modifizierte Organismen, die auf die Besonderheiten angepasst werden (Uni Hohenheim, Prof. Dr. Rudolf Hausmann, TUM Prof. Dr. Bastian Blombach). Damit kann die Wertschöpfung des Gesamtprozesses der Pyrolyse zur Nutzung preiswerter, aber aschereicher Biomassen verbessert werden und gelangt in Reichweite einer kommerziellen Anwendung.

N. Dahmen, R. Hausmann, GCB Bioenergy 11(1), (2018)

A. Niebel, A. Funke, A., C. Pfitzer, N. Dahmen, N. Weih, D. Richter, B. Zimmerlin, B., Energy and Fuels 35 (14), 11333-11345 (2021)

A.2.1.4.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen

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.*

Das Photovoltaik-Team ist mit der weltweiten Community im stetigen Austausch und sehr gut vernetzt. Dazu sind zwei Beispiele besonders hervorzuheben. 1. Der erste internationale Workshop „tandemPV“ (mit Helmholtz Chairperson) bot fast 600 Teilnehmenden aus 44 Ländern vier Tage lang eine Plattform für den Austausch von inspirierenden und innovativen Ansätzen zu einem der spannendsten Themen in der heutigen PV-Forschung und -Entwicklung: Tandem-Solarzellen. 2. Im Rahmen einer von HZB Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler initiierten Studie hat ein internationales Expertenteam unter Beteiligung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern von FZJ und KIT Daten zu Metallhalogenid-Perowskit-Solarzellen

aus 15.000 Fachveröffentlichungen zusammengetragen und in einer eigens entwickelten Datenbank mit Visualisierungsoptionen und Analysetools öffentlich zugänglich gemacht.

¹T. Jesper Jacobsson, et al., An open-access database and analysis tool for perovskite solar cells based on the FAIR data principles, Nature Energy (2021). Doi: 10.1038/s41560-021-00941-3

- *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 für Nachhaltigkeit und Recycling" und "Ökobilanzierung" sind als vernetzende Aktivitäten entlang der gesamten Wertschöpfungskette angesiedelt und eng in das BMBF Kompetenzcluster „Recycling & Grüne Batterie“ (greenBatt) integriert. Die Schwerpunkte der Programmarbeit liegen dabei auf Recyclingrouten für oxid-keramische Festkörperbatterien und auf mechanochemischen Verfahren.

(2) Drei der fünf beteiligten Zentren arbeiten nur an EINER Technologie (HZB & DLR an Li-S-Batterien, HZDR an Flüssigmetallbatterien). Ein Schwerpunkt der vielversprechendsten Konzepte „beyond Lithium“, „Metall-Schwefel“ und „Metall-Luft“ wird auf der Grundlage einer Bewertung der perspektivischen Key Performance Indikatoren und einer Lebenszyklusanalyse in der Mitte der Förderperiode umgesetzt.

- *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 operando-Instrumentierung von Nanomaterialien und Elektrochemie zum Design neuartiger Katalysatoren sollte als Alleinstellungsmerkmal (USP) etabliert und in vollem Umfang genutzt und substantiell gestärkt werden, einschließlich durch die Etablierung von Partnerschaften mit der Industrie.*

Die chemischen Energieträger decken bezüglich unserer gemeinsamen Aktivitäten sowohl im Bereich der Elektrokatalyse als auch der Thermokatalyse mit 130 PoF-finanzierten Vollzeit-äquivalenten alle Aspekte der Katalysatorforschung ab, von der Modellierung bis zur Herstellung und Prüfung von Katalysatorkomponenten. Bezüglich der Infrastruktur ist CATLAB als neue Forschungsplattform für Dünnschichtkatalyse in Zusammenarbeit mit zwei Max-Planck-Instituten (Fritz-Haber-Institut und Chemische Energiekonversion) und Partnern wie BASF und dem Exzellenzcluster "UniSysCat" hervorzuheben. Ziel ist es, die Expertise zu in-situ- und operando-Methoden zu bündeln und eine Brücke zwischen Grundlagenforschung und industrieller Anwendung zu schlagen. Weiterhin ist eine Großforschungsinfrastruktur 4D-CAT geplant, um unsere Bemühungen in dieser Richtung weiter zu verstärken. Wir arbeiten auch aktiv mit der Industrie zusammen, die auf solche katalytischen Systeme angewiesen ist, wie Siemens, Covestro, Thyssen Krupp, Bosch und Automobilherstellern.

- *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.*

Mit Blick auf die Verknüpfung von Energie und Ressourcen konzentrieren wir uns auf Material- bzw. Stoffkreisläufe, die sowohl für die Kreislaufwirtschaft als auch für die Energiewende von großer Bedeutung sind. Wir wählen Schlüsseltechnologien aus, die hinsichtlich der Einsatzstoffe flexibel und skalierbar sind und qualitativ hochwertige Produkte liefern.

Nachdem wir ihre Leistungsfähigkeit in Pilotversuchen nachgewiesen haben, bewerten wir kritisch ihren potenziellen Beitrag zur Kreislaufwirtschaft und zum flexiblen Energiesystem. Für die detaillierte Auswahl von technologischen Aktivitäten in energieintensiven Prozessen wird im Vorfeld immer eine entsprechende Systemanalyse durchgeführt, um die Auswirkungen der geplanten Forschungsaktivitäten zu bewerten.

A.2.1.4.4 Strategische Themen

Talentmanagement

Die im August 2021 gestartete Graduiertenschule am KIT „Enabling Net Zero“ (ENZo) möchte Promovierende dazu befähigen, das Energiesystem als Ganzes im Blick zu haben und eine hohe Kompetenz für das Wechselspiel von Technologien im Rahmen der Sektorkopplung und Kreislaufwirtschaft zu entwickeln. Sie bietet Promovierenden die Möglichkeit, interdisziplinäres Wissen in „Real-World“-Projekten anzuwenden, die einen sichtbaren Beitrag zur Transformation des Energiesystems leisten können. Im November 2021 startete die BMBF-Nachwuchsgruppe „Zwischenschichtfunktionalisierte Materialien für neuartige elektrochemische Interkalationsbatterien (InfinBat)“ von Herrn Dr. Simon Fleischman am Helmholtz-Institut ulm (HIU).

Vernetzung

Direct Air Capture, DAC-Store: Im Rahmen der Helmholtz-Klimainitiative waren im Netto-Null Cluster Forschungen zu einer zirkularen Kohlenstoffnutzung und auch zu technischen Verfahren zur direkten Entnahme von Kohlendioxid aus der Atmosphäre (Direct Air Capture, DAC) begonnen worden, an denen mehrere Zentren und Forschungsbereiche beteiligt waren. Angesichts der erheblichen Bedeutung, die DAC-Technologien in Zukunft für die Erreichung der Netto-Null Emissionsziele beigemessen wird, wurde die Initiative DACStore im Rahmen der Helmholtz Sustainability Challenges Kampagne gestartet, um die Forschung innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft sowie die Ausbildung von Promovierenden auf diesem Gebiet zu verstärken und gleichzeitig eine nationale Plattform für die Vernetzung mit der Industrie zu schaffen.

Das Subtopic 4.4: Geoenergie (KIT) arbeitet in der CARF (Cooperation across research fields) Geoenergie schwerpunktmäßig mit GFZ und UFZ zur Entwicklung der Großinfrastruktur GeoLaB und der Wärmespeicherung in tiefen Aquiferen zusammen. So wurde u.a. eine interdisziplinäre Charakterisierung von Kluftnetzwerken im kristallinen Grundgebirge durchgeführt (Frey et al., 2022).

Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft

Technologietransfer

Die Ausgründung INERATEC, die am KIT entwickelte mikrostrukturierte Reaktoren und davon abgeleitete Power-to-X-Verfahren kommerzialisiert und mit der eine enge Zusammenarbeit in zahlreichen Projekten besteht, wurde im Dezember 2021 mit dem Next Economy Award 2022 des deutschen Nachhaltigkeitspreises ausgezeichnet.

Die Ausgründung eines weiteren Start-Ups mit Namen ICODOS (Intelligent Carbon Dioxide Solutions) zur Kommerzialisierung eines am KIT entwickelten neuartigen hybriden Power-to-Methanol-Prozesses befindet sich derzeit in Vorbereitung.

Arcus Greencycling Technologies und KIT sind einer der Lothar Späth Award Preisträger 2021 mit der Technologieinnovation der Pyrolyse von Mischkunststoffabfällen. Eine Pilotanlage

TRL 7 für bisher nicht rezyklierbare Mischkunststoffabfälle ist derzeit in Inbetriebnahme. Arcus ist der Lizenznehmer der am KIT entwickelten Schneckenpyrolysetechnologie für Kunststoffabfälle.

Wissen für Entscheidende

Es fanden mehrere Informationsbesuche zur Energieforschung im Allgemeinen und speziell zu Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen von Angehörigen verschiedener Landtags- und Bundestagsfraktionen sowie kommunaler Parlamente im Energy Lab 2.0 statt. Zu diesen Themen wurde darüber hinaus auch ein Austausch mit Politikerinnen und Politikern in virtuellen Begegnungen gepflegt.

Im Rahmen des reFuels-Projekts wurden koordiniert durch das KIT (Förderung Land Baden-Württemberg) Kraftstoff-Muster in der bioliq-Anlage aus Biomasse erzeugt, konditioniert, und zu einem normgerechten Kraftstoff verarbeitet. Dieser Kraftstoff steht den Partnern für den Testbetrieb zur Verfügung. Darüber hinaus stehen durch die Institute IKFT und IFKM detaillierte Profile zu physikalisch-chemischen Eigenschaften und Anwendungseigenschaften bereit. Hierbei erfolgt die Beratung von Politik und Wirtschaft im Rahmen des Strategiedialogs Automobilwirtschaft des Landes Baden-Württemberg und des Projekts reFuels.

Wissen für Betroffene

Forschungsthemen und -ergebnisse auf dem Gebiet strombasierter synthetischer Kraftstoffe konnten in mehreren Film- und Radiobeiträgen und Interviews in Printmedien sowie über Social Media der breiten Öffentlichkeit verständlich nahegebracht werden.

Drittmittleinwerbung

Die DFG fördert seit dem 1. Januar 2021 den neuen Sonderforschungsbereich „TrackAct – Verfolgung der aktiven Zentren in heterogenen Katalysatoren für die Emissionskontrolle“ zum Verständnis katalytischer Prozesse am KIT (www.trackact.kit.edu).

Das BMBF fördert unter der Dachstrategie „Forschungsfabrik Batterie“ mehrere Kompetenzcluster. Alle am Topic beteiligten Zentren nehmen mit zahlreichen institutionsübergreifenden Kooperationsprojekten an diesen Kompetenzcluster BattNutzung, FestBatt, Aqua und InZePro teil, an letzteren dreien mit KIT in der Koordination.

KIT: Das Topic 2 startet eine wichtige Industriekooperation mit der Fa. Arkema (Frankreich) bei der Entwicklung maßgeschneiderter Bindersysteme für die Nass- und Trockenbeschichtung.

Die EU fördert das Projekt „StoRIES“ zur Entwicklung von zukünftigen Energiespeichern aller Art, vor allem im Hinblick auf eine Kombination verschiedener Technologien als hybride Speichersysteme (Topics 2, 3 & 4 - KIT/HIU für die Gesamtkoordination, FZJ).

Die drei neuen Leitprojekte des BMBF H2Giga – Serienfertigung von alkaline, PEM und Hochtemperatur-Elektrolyseuren; H2Mare – Offshore-Erzeugung von grünem Wasserstoff und anderen Power-to-X-Produkten; TransHyDE – Entwicklung einer Wasserstoff-Transport-Infrastruktur sind unter starker Beteiligung von Helmholtz-Zentren gestartet. Das KIT ist an allen drei Leitprojekten beteiligt. In H2Mare koordiniert das KIT das Verbundprojekt „PtX-Wind: Offshore Power-to-X Processes“ und beteiligt sich auch am Verbundprojekt „TransferWind“. In TransHyDE KIT koordiniert das KIT das Leitprojekt „AppLHy!“ für Lösungen zu Transport und Anwendung von flüssigem Wasserstoff.

Das Schwerpunktprogramm 2080 „Katalysatoren und Reaktoren unter dynamischen Betriebsbedingungen für die Energiespeicherung und –wandlung“ unter Leitung von Prof. Dr. Jan-Dierk Grunwaldt (KIT) wurde Ende 2021 verlängert. Im SPP2080 wird, angewandt auf aktuelle Fragen der Energiewende, ein grundlegendes Verständnis mikroskopischer Prozesse an festen

Katalysatoren unter dynamischen Bedingungen und deren Auswirkungen auf Aktivität, Selektivität und Stabilität erarbeitet.

Das BMWi*-geförderte Projekt VESTA untersucht die Hochtemperaturspeicherung im tiefen Untergrund. Mit Arbeiten zur generischen HTS-Entwicklung und Konzept- und Machbarkeitsstudien an Pilotstandorten werden wissenschaftlich fundierte technisch-wirtschaftliche Grundlagen für künftige Betriebskonzepte entwickelt. Ein zentraler Pilotstandort in VESTA ist DeepStor.

Das BMWi* Verbundvorhaben LIMELISA (Schlüsselkomponenten für Flüssigmetall- und Flüssigsalz-Wärmespeicher der nächsten Generation) zwischen KIT, DLR und Industriepartner KSB SE & Co. KGaA zur Erprobung von Komponenten (Pumpe, Ventile) bei 700°C für den Einsatz in Flüssigmetall-basierten und bei 600°C in Salz basierten thermischen Speichersystemen wurde genehmigt.

Das KIT errichtet in dem vom Land Baden-Württemberg geförderten Projekt „R-Zement“ eine Pilotanlage, um erstmals einen geschlossenen Kreislauf für das Bindemittel Zement durch Recycling von Altzement enthaltenden Baustoffabfällen auf TRL-5-Niveau darzustellen. Mit dieser geförderten Investition (1 Mio. Euro) wird eine Forschungs- und Transferplattform geschaffen, um mittels der Technologieentwicklung am KIT ein Recycling der ressourcen- und energieintensiven Calciumsilikat-Bindemittel in den Anwendungsmaßstab zu skalieren.

*BMWi: jetzt BMWK (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz)

A.2.1.4.5 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2021 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2021. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2021.

A.2.1.5 Programmanteil Fusion (FUSION)

A.2.1.5.1 Das Programm im Überblick

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

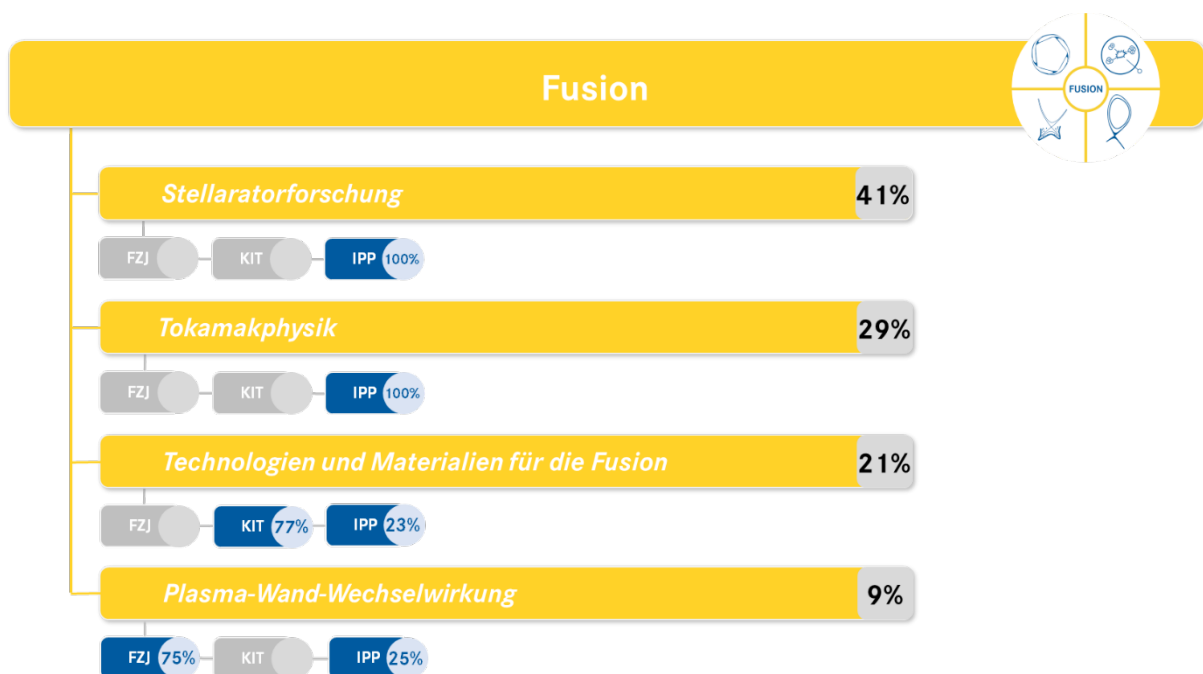
Das langfristige Ziel der internationalen Fusionsforschung ist die Erschließung einer neuen primären Energiequelle durch die Fusion leichter Wasserstoffisotope in magnetisch eingeschlossenen Plasmen. Hierbei spielt das Helmholtz-Programm „Fusion“ eine zentrale Rolle. Durch seine bedeutenden Beiträge 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



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 aktiv im Topic 3

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, insb. 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, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu erlauben, ohne dabei langlebige Aktivierungsprodukte zu erzeugen.

Querschnittsthema „The route to a Fusion Power Plant“

Im Querschnittsthema „The route to a Fusion Power Plant“ werden die Untersuchungen zu den Anforderungen in Physik und Technologie, welche aus den konzeptuellen Studien zu zukünftigen Fusionskraftwerken erwachsen, koordiniert. Im Berichtszeitraum wurde ein gemeinsamer Workshop der „Deutschen DEMO Working Group“ virtuell abgehalten. Neben dem Austausch über aktuelle Forschungsthemen in den Zentren wurden drei übergreifende Themen behandelt:

- Koordination der in den Zentren durchgeführten Arbeiten zur Weiterentwicklung von Wolfram basierten Komponenten der ersten Wand und des Divertors
- Überblick über den Stand der Arbeiten zum Helium gekühlten Divertor als Alternative zum derzeit von EUROfusion favorisierten wassergekühlten Divertor
- Zusammenfassung der Ergebnisse der ersten Experimentierkampagnen an W7-X im Hinblick auf die Klärung offener Fragen zum Stellarator Fusionskraftwerk

Diese Themen sind von besonderer strategischer Wichtigkeit für das gesamte deutsche Fusionsprogramm und die Diskussionen dienten folglich nicht nur dem wissenschaftlichen Austausch, sondern auch der strategischen Bedeutung im europäischen und weltweiten Kontext.

Neue strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

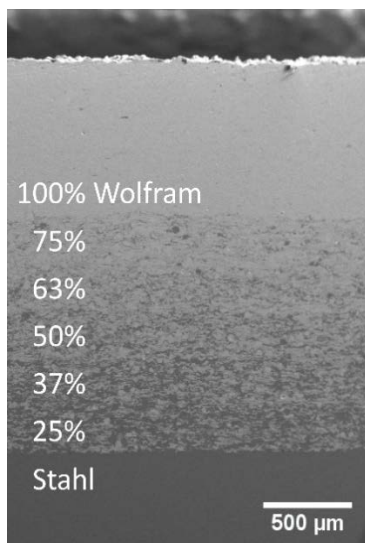
Das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) hat zum 1. Januar 2021 seinen Assoziierungsstatus mit der HGF beendet. Dies bedeutet, dass die institutionelle Förderung des IPP ab 2021 nicht mehr dem Energieforschungsprogramm der HGF zugerechnet wird. Außerdem wird die Begutachtung der wissenschaftlichen Arbeiten des IPP in Zukunft - wie in der MPG üblich - über einen Fachbeirat erfolgen und nicht über die wissenschaftliche Begutachtung der Helmholtz-Zentren im Rahmen der PoF. Um weiterhin eine enge und langfristige wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen dem IPP und der HGF auf dem Gebiet der Fusionsforschung sicherzustellen, wurde eine entsprechende Kooperationsvereinbarung zwischen der MPG und der HGF geschlossen. Auf dieser Grundlage beteiligt sich das IPP auch weiterhin aktiv am Programm Fusion und in geringerem Umfang auch am Programm ESD sowie den Aktivitäten zur HETR. Diese Beteiligung beinhaltet auch die Mitarbeit in den Gremien der HGF. So stellt

das IPP gegenwärtig auch den Hauptansprechpartner des Programms Fusion, welcher das Programm derzeit gemeinsam mit einem Vertreter des KIT in den Gremien der Managementebene vertritt.

A.2.1.5.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms

Highlight 5 (Topic 3): Gradierte Wolfram-Schutzschicht für die Erste Wand von Fusionskraftwerken

Für die nachhaltige Energiegewinnung aus Kernfusion wird das Wasserstoffplasma in einem Reaktor heißere Temperaturen als in der Sonne erreichen. Die erste Wand des Reaktors muss dieser Hitze standhalten und die dahinterliegende Tritium-Brutkammer schützen, in der das Kraftwerk seinen eigenen Brennstoff erzeugt. Selbst auf Abstand erreicht die Wand dabei hohe Oberflächentemperaturen, sodass der Stahl der Wand wie im Schmiedefeuer weichgeglüht würde. Um das zu vermeiden, benötigt die Wand eine Schutzschicht. Hierfür eignet sich Wolfram, das die höchste Schmelztemperatur aller Metalle besitzt und welches resistent gegenüber der Erosion durch hochenergetische Teilchen ist.



Die technologische Herausforderung besteht darin, großflächig eine haftende Wolframschicht zu erzeugen. Bei direkter Verbindung von Wolfram auf Stahl würde wegen unterschiedlicher thermischer Ausdehnung der beiden Materialien das Wolfram entweder bei der Herstellung oder im Betrieb abplatzen. Hierfür wurde als Lösung eine funktionsgradierte Haftschrift erarbeitet: In mehreren gemischten Stahl-Wolfram-Schichten wird der Wolframgehalt schrittweise erhöht, bis eine reine Wolfram-Deckschicht aufgetragen wird (Abbildung). Solche Schichten haben fusionsrelevante Belastungsszenarien in Tests schadlos überstanden. Ihre Herstellung erfolgt über Vakuum-Plasma-Spritzen. Dieses Verfahren erlaubt die Herstellung aller Teilschichten in nur einem Arbeitsgang und kann leicht hochskaliert werden. Dies ist wegen der großen Oberfläche der ersten Wand zwingend nötig. Die Firma COATEC, Schlüchtern, wurde nun im

Rahmen eines über EUROfusion finanzierten Auftrags ertüchtigt, diese Beschichtungstechnologie anzuwenden. Dabei wurde ein neuer Größenrekord an beschichteter Fläche aufgestellt ($\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \text{ m}^2$).

[1] Th. **Grammes**, Th. **Emmerich**, J. **Aktaa** W/EUROFER functionally graded coatings for plasma facing components: Technology transfer to industry and upscaling, Fusion Eng. and Design 173 (2021) 112940; <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2021.112940>

[2] B.-E. **Ghidersa**, A. **Abou Sena**, M. **Rieth**, Th. **Emmerich**, M. **Lux**, J. **Aktaa** Experimental Investigation of EU-DEMO Breeding Blanket First Wall Mock-Ups in Support of the Manufacturing and Material Development Programmes, Energies Vol. 14, Issue 22 (2021), <https://doi.org/10.3390/en14227580>

A.2.1.5.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen

Senatsempfehlungen:

- *Durch eine enge Zusammenarbeit mit ITER sollten wissenschaftliche und technische Schlüsselfragen angegangen werden, um den Erfolg des ITER-Projekts sicherzustellen.*

Mit Prof. Dr. Robert Stieglitz (Leiter des Instituts für Neutronenphysik und Reaktortechnik am KIT; Reaktorsicherheit) und Dr. Ion Cristescu (Tritiumlabor Karlsruhe, Fusionsbrennstoffkreislauf) sind zwei führende Experten des KIT Mitglied im ITER Operations Network, einem Beratungsgremium für die Vorbereitung des Betriebs von ITER.

Nach intensiven technischen Gesprächen hat KIT Ende 2021 ein mit ITER abgestimmtes, detailliertes Angebot zur technischen Vorbereitung der Realisierung der ITER-Tritium-Diagnostik abgegeben.

Darüber hinaus erfolgt eine enge Kooperation mit F4E im Bereich der Gyrotron- und Diamantfensterentwicklung und -herstellung für die ITER-Mikrowellenplasmaheizung. Ein Mitarbeiter aus dem Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik des KIT ist zur Unterstützung des Lizenzierungsprozesses der europäischen ITER Test Blanket Module zu F4E nach Cadarache delegiert.

- *Die strategischen Auswirkungen des Stellarator-Konzepts für DEMO und darüber hinaus sollten behandelt werden.*

Das IPP arbeitet zusammen mit dem KIT und anderen europäischen Partnern an einem virtuellen System-Modell für ein Stellarator-Fusionskraftwerk. Mit solch einem „digitalen Zwilling“ ist es möglich, die Auswirkung neuer Technologien, physikalischer Einsichten, oder Unsicherheiten auf das Stellarator Konzept zu untersuchen. Dies erlaubt es, z.B. neuste plasma-physikalische Erkenntnisse von W7-X mit den technischen Besonderheiten eines Stellarator-Kraftwerks zu kombinieren. Die Entwicklung und Ausführung solcher Studien wird in den kommenden Jahren dabei helfen, die strategische Tragweite des Stellarator Konzepts einzuordnen, insbesondere im Hinblick auf ein Fusions-Demonstrationskraftwerk (DEMO) und die Integration in ein zukünftiges Energiesystem.

Forschungspolitische Ziele:

Das KIT hatte in Zusammenarbeit mit der Firma Diamond Materials GmbH, Freiburg, das Verfahren zur Herstellung optischer Diamantscheiben optimiert und auf dieser Basis sowohl eine Messmethode zur Qualitätssicherung etabliert als auch, im Rahmen eines F4E-Grants, ein erstes Design für die ITER-Mikrowellenfenster der Elektron-Zyklotron-Resonanz-Heizung (E-CRH) an F4E geliefert. 2018 wurde mit F4E ein Rahmenvertrag (F4E-OFC-842) abgeschlossen, der mehrere mögliche Beiträge des KIT abdeckt. Diese beinhalten Design-Unterstützung sowie die Qualifizierung zu fertiger Diamantscheiben und -fenster. Im Rahmen des ersten Vertragsabrufs durch F4E wurden die Messapparaturen durch ein Aufrüsten der Messelektronik auf den neuesten Stand gebracht. Das Final Design Review der Diamantscheiben wurde erfolgreich abgeschlossen. Für die Herstellung der Diamantscheiben wurde von F4E die Firma Diamond Materials beauftragt, der Industriepartner des KIT bei der Verfahrensentwicklung. Der Service-Vertrag zur Messung bzw. Qualifizierung dieser 62 Diamantscheiben am KIT wurde im Dezember 2021 erteilt. Im Frühjahr 2022 sollen die ersten Diamantscheiben zur Qualifizierung an das KIT geliefert werden.

Für das Fenster-Design, das neben den Diamantscheiben auch deren Halterung, Kühlung und Einbau in den Mikrowellen-Strahlengang beinhaltet, hat sich F4E im Hinblick auf Fertigungsaspekte dafür entschieden, einen industriellen Auftragnehmer einzuschalten. Der Final Design Review dazu steht noch aus; allerdings ist das KIT hieran nicht mehr beteiligt, sondern konzentriert sich auf die Qualifizierungsmessungen der Diamantscheiben.

A.2.1.5.4 Strategische Themen

Talentmanagement

(FUSION; IPP, KIT) Gefördert durch EUROfusion nahm im Berichtsjahr ein Nachwuchsstipendiat seine Tätigkeit am KIT auf: Mit diesen „Engineering Grants (EEGs)“ sollen exzellente promovierte junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen An Schub für eine Karriere in der Fusionsforschung erhalten.

Am 22./23. Juli 2021 wurde das 11te Fusion PhD Students Seminar, das der Vertiefung des Fusionswissens und dem Austausch zwischen den im Programm Fusion arbeitenden Promovierenden (diese arbeiten in insgesamt sechs Instituten des KIT, davon mit dem IFL auch ein Institut aus dem Universitätsbereich) dient, durchgeführt.

Die Karlsruhe International School on Fusion Technologies wurde 2021 auf Grund von Covid nicht durchgeführt und ist nun wieder vom 5. bis zum 9. September 2022 am KIT geplant.

Vernetzung

Die Helmholtz-Zentren IPP, FZJ und KIT sind integraler Bestandteil des von der Europäischen Kommission finanzierten 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 in 2021 in 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 trägt das KIT wie auch die anderen deutschen Zentren zur Fertigstellung und Inbetriebnahme von ITER, dem weltweit größten Energieforschungsprojekt, bei, sowohl direkt über ITER-Verträge als auch über die europäische Inlandsagentur Fusion for Energy (F4E), einschließlich Kooperationen mit der Industrie.

Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft

Technologietransfer

(FUSION): Eine Fusionsforschungsanlage zu bauen und weiterzuentwickeln stellt eine technologische und wissenschaftliche Herausforderung dar, die an den Grenzen des gegenwärtig technisch Machbaren arbeitet. Dafür müssen oft Lösungen abseits der Stange gemeinsam mit Partnern aus der Industrie erarbeitet werden. Dadurch werden diese Industriepartner zu technologischen Spitzenleistungen getrieben. Die Industriebroschüre IPP & Industrie stellt 22 Beispiele dar, welche verdeutlichen, wie sowohl große als auch kleine und mittlere Unternehmen von der Zusammenarbeit mit der Fusionsforschung profitiert haben, häufig dadurch, dass sie in der Folge durch neu erworbene Kompetenzen ihr Portfolio erweitern und somit ihre Wettbewerbsfähigkeit steigern konnten. Eine Erweiterung der Broschüre um Beispiele von KIT und FZJ ist in Arbeit.

Mit dem BMBF-Projekt „Fusion Industrial Liaison Office“ führt das KIT die bisher im Rahmen des deutschen ITER Industrie Forums (dIIF) angesiedelten Arbeiten zur Information und Betreuung deutscher Firmen mit Interesse an bzw. Potential für Arbeiten für ITER bzw. Fusion for Energy (F4E) und EUROfusion fort.

Drittmittleinwerbung

Nach umfangreichen Vorarbeiten wurde Ende 2021 der neue Fördervertrag für das EUROfusion-Konsortium im Rahmen von „Horizon Europe“ zwischen der Europäischen Kommission und dem Koordinator IPP geschlossen; KIT und FZJ sind umgehend beigetreten. Für die deutschen Fusionsforschungszentren bedeutet dies für die Jahre 2021 bis 2025 nach derzeitigem Stand Drittmittleinnahmen in Höhe von insgesamt ca. 176 Mio. Euro (153 Mio. Euro nach Abzug der Unteraufträge für Industriebeiträge und Neutronenbestrahlungen); das sind ca. 43% (bzw. ca. 40%) der bereits den einzelnen Partnern zugewiesenen EUROfusion-Mittel. Im Jahresmittel erhöhen sich die EUROfusion-Einnahmen für KIT (nach Abzug der „durchlaufenden Posten“, d.h. Unteraufträge für Industriebeiträge und Neutronenbestrahlungen) von 6,8 Mio. Euro im 8. Forschungsrahmenprogramm 2014-2020 auf 8,35 Mio. Euro; dies ist zum größten Teil auf die Förderung der beiden „New Investments“ DIPAK (Direct Internal Recycling Development Platform Karlsruhe) und HELOKA (Helium Loop Karlsruhe) – Upgrade Storage (HELOKA-US) zurückzuführen.

Die drei Zentren sind an 23 der 26 Work Packages (IPP: 19, KIT: 20, FZJ: 11) des neuen EUROfusion Arbeitsprogramms beteiligt und stellen acht der 20 Project Leader (IPP: 3, KIT: 2, FZJ: 3).

Innerhalb des Rahmenvertrags des KIT mit F4E zur Qualitätssicherung der Diamantfenster für die ITER-Mikrowellen-Plasmaheizung erfolgte der dritte Abruf in Höhe von bis zu 680 TEuro zur Begleitung der Serienproduktion durch Diamond Materials.

A.2.1.5.5 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2021 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2021. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2021.

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 Stromerzeugung aus Kernenergie wird in Deutschland im Jahr

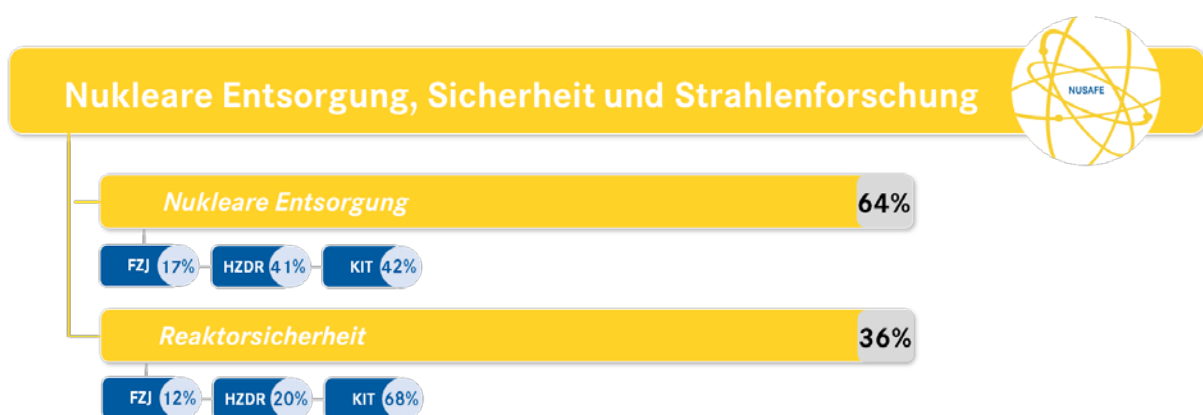
2022 planmäßig beendet. Der Rückbau der kerntechnischen Anlagen sowie die sichere Entsorgung der radioaktiven Abfälle einschließlich der tiefeingeologischen Endlagerung werden in Deutschland bis mindestens zum Ende des Jahrhunderts andauern. Gleichzeitig hat die Stromerzeugung aus Kernenergie weltweit 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 wurde der Dialog mit den relevanten Organisationen (BGE, BGZ, BASE) fortgesetzt und Beiträge in die gesellschaftliche Diskussion mit der Öffentlichkeit z.B. im Rahmen der aktuellen Fachkonferenz Teilgebiete eingebracht.

Die Sicherheitsstandards beim Betrieb deutscher Kernkraftwerke befinden sich seit Jahrzehnten auf einem sehr hohen Niveau, nicht zuletzt durch die Beiträge der Helmholtz-Gemeinschaft. Neben der Bewertung der Sicherheit deutscher Anlagen wurde auch in der Vergangenheit die Sicherheit ausländischer Anlagen untersucht. Nicht erst nach 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 und auch im internationalen Kontext. Des Weiteren 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 NUSAFE Programm adressiert die Vorstellungen der Bundesregierung zur Kompetenz- und Nachwuchsentwicklung für die nukleare Sicherheit mit spezifischen Aufgaben für die Helmholtz-Gemeinschaft.

Programmstruktur



Das Programm Nukleare Entsorgung, Sicherheit und Strahlenforschung gliedert sich in
Topic 1: Nukleare Entsorgung

(Sprecher: Prof. Dr. Horst Geckeis)

Dieses Programmthema umfasst grundlegende und angewandte Forschung zu allen geo-/bi-
ochemischen und insbesondere radiochemischen Fragestellungen, die mit der sicheren End-
lagerung radioaktiver Abfälle in geologischen Formationen sowie mit der Standortauswahl ver-
bunden sind. Ziel ist die Erarbeitung eines fundamentalen Verständnisses der in einem End-
lagersystem ablaufenden Prozesse und der Ableitung entsprechender quantitativer Daten un-
ter Anwendung einzigartiger Infrastrukturen in den beteiligten Helmholtz-Zentren. Hierzu ge-
hören auch grundlegende Untersuchungen z.B. zur Natur der chemischen Bindungen von end-
lagerrelevanten 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 Ab-
fallstoffströmen 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)

Das Programmthema befasst sich mit sicherheitsrelevanten Phänomenen und Prozessen bei
Auslegungs- und auslegungsüberschreitenden Störfällen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der
Entwicklung und Validierung von neutronenkinetischen und thermohydraulischen (hier zuneh-
mend CFD) Modellen sowie der Schaffung einer wissenschaftlichen Datenbasis für das Ver-
halten von Werkstoffen unter reaktortypischen Bedingungen. Ein weiteres Thema ist die Ver-
besserung des externen Notfallschutzes mit Bezug zu radiologischen Folgen von kerntechni-
schen Unfällen. Mit seinen großskaligen thermohydraulischen Versuchsanlagen besitzt das
Programmthema eine einzigartige Infrastruktur und Expertise, die international stark nachge-
fragt wird.

Das KIT ist in beiden Topics aktiv.

Neue strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Zu den veränderten politischen Rahmenbedingungen vor allem im Zusammenhang mit dem
Wechsel von Zuständigkeiten für nukleare Sicherheitsforschung vom BMWK zum BMUV wird
im Abschnitt 2.1.6.3 (Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen)
näher eingegangen.

Am KIT wurde die Arbeitsgruppe SAR (Severe Accident Research) mit 7 FTEs unter Beibe-
haltung der Institutszuordnung zum ITES (Institut für Thermische Energietechnik und Sicher-
heit) vom Programm NUSAFE ins Programm FUSION transferiert. Die Arbeitsgruppe mit Ex-
pertise in Salzschnmelzen wird im Programm FUSION Untersuchungen zu Hochtemperatur-
Salzschnmelze-Loops für eine Weiterentwicklung des HELOKA Speicher-Projekts ausführen.
Die Neuausrichtung wurde dem Themenbeirat Energie des KIT in der Beiratssitzung am 13.
Juli 2021 vorgestellt und von diesem in seinen schriftlichen Empfehlungen befürwortet. Hierbei
wurde auf verbesserte Interdisziplinarität, verstärkte Zusammenarbeit der beiden Programme
und einem starken Signal bzgl. der Unterstützung von Aktivitäten der Fusionsforschung ver-

wiesen. Der Transfervorschlag wurde beim Fachgespräch Energie des KIT und der Programmkommission NUSAFE vorgestellt und vom Präsidium des KIT in der Sitzung vom 6. Dezember 2021 beschlossen.

A.2.1.6.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms

Die PoF IV Periode des Programms NUSAFE ist im Jahr 2021 planmäßig gestartet. Im Berichtsjahr 2021 wurden trotz der Covid-19 Pandemie weiterhin bemerkenswerte wissenschaftliche Ergebnisse erzielt. Das ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Helmholtz-Zentren in NUSAFE intensiv kooperieren, unter anderem bei der gemeinsamen Beantragung und Bearbeitung von nationalen und internationalen Projekten.

Highlight 1 Topic 1: iCross-Projekt

Im Rahmen von iCross wurde die Helmholtz-Gemeinschaft Mitglied des Mont-Terri Konsortiums, durch welches die NUSAFE-Partner sich seither an zahlreichen Experimenten (z.B. IC-A, DR-C, MA, CI-D) beteiligen und ein Diffusionsexperiment zum Einfluss der Heterogenität auf den Radionuklidtransport (DR-D) federführend organisieren. Um ein vertieftes Prozessverständnis zu erzielen, werden die integralen großskaligen Untertagelaborexperimente durch grundlegende Laboruntersuchungen ergänzt (Glückman *et al.*, 2021). Numerische Simulationen zum reaktiven Stofftransport auf verschiedenen Skalen (Chaparro *et al.*, 2021; Poonoosamy *et al.*, 2021) ergänzen die experimentellen Arbeiten, z.B. zur Variabilität der RN-Sorptionseffizienz von Kristalloberflächen (Yuan *et al.*, 2021) oder zum Einfluss von Mineralogie und Oberflächenrauheit auf die Anbindung dreiwertiger Actiniden und Lanthaniden an Kristallin-Gestein aus Bukov (CZ) und Eibenstock (D) (Demnitz *et al.*, 2021).

Chaparro, M.C.; Finck, N.; Metz, V.; Geckeis, H.: *Minerals* 11 (2021) 1272.

Demnitz, M.; Molodtsov, K.; Schymura, S.; Schierz, A.; Müller, K.; Jankovsky, F.; Havlova, V.; Stumpf, T.; Schmidt, M.: *Journal of Hazardous Materials* 423 (2021) 127006.

Glückman, D.; Hain, K.; Joseph, C.; Metz, V.; Quinto, F.; Steier, P. and Geckeis, H.: *Safety of Nuclear Waste Disposal* 1 (2021) 153-154.

Poonoosamy, J.; Mahrous, M.; Curti, E.; Bosbach, D.; Deissmann, G.; Churakov, S.V.; Geisler, T.; Prasianakis, N.: *Scientific Reports*, 11 (2021) 23678.

Yuan, T.; Schymura, S.; Bollermann, T.; Molodtsov, K.; Chekhonin, P.; Schmidt, M.; Stumpf, T.; Fischer, C.: *Environmental Science & Technology* 55 (2021) 15797–15809.

Highlight 2 Topic 1: Tc L-edge XAS von Technetium

In einer Zusammenarbeit zwischen ROBL-II an der ESRF und der INE-BL an KARA wurde die Reduktion von Tc durch eine Reihe von Fe(II)-Mineralen (Fe(II)-LDH, Siderit, Pyrit) untersucht. Besonders hervorzuheben ist dabei die Entwicklung von HERFD-XANES an der Tc L3-Kante, die wegen der direkten Beprobung der 4d-Valenzorbitale eine erheblich verbesserte Auflösung verschiedener Tc-Oxidationsstufen ermöglicht, aber gleichzeitig wegen der niedrigen Energie von 2.7 keV besonders hohe Anforderungen bei der Messung dieses Radionuklides stellt.

Bauters, S.; Scheinost, A. C.; Schmeide, K.; Weiss, S.; Dardenne, K.; Rothe, J., Mayordomo, N.; Steudtner, R.; Stumpf, T.; Abram, U.; Butorin, S. M.; Kvashnina, K. O.: *Chemical Communications* 56 (2020) 9608-9611.

Highlight 1 Topic 2: **Bewertung der radiologischen Konsequenzen von schweren Unfällen in Kernkraftwerken**

Eine zuverlässige Bewertung der radiologischen Folgen eines schweren Unfalls in einem Kernkraftwerk spielt eine Schlüsselrolle bei der Unterstützung des Notfallmanagements bei anormalen Ereignissen. Diese Tätigkeit ist nicht nur in den Ländern, in denen Kernkraftwerke in Betrieb sind oder geplant werden, sondern auch in den kernkraftfreien Ländern obligatorisch. Zu diesem Zweck wurde von NUSAFE Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine einzigartige Plattform von Referenzcodes entwickelt, die in der Lage sind, den Quellterm und die Ausbreitung der Spaltprodukte in der Umwelt während eines schweren Unfalls zu bewerten. Quellterm-Analysen werden mit Hilfe des Accident Source Term Evaluation Code (ASTEC) durchgeführt, der seit 1996 vom IRSN entwickelt und ab 2020 im NUSAFE Programm mitentwickelt wird. ASTEC ist der europäische Referenzcode für solche Analysen und ermöglicht eine detaillierte Bewertung des Quellterms während des vollständigen Szenarios eines schweren Unfalls in Bezug auf die Arten, Mengen und chemischen Spezies der Radionuklide. Von den NUSAFE Partnern wurden ASTEC-Modelle für verschiedene Kernkraftwerke, d.h. deutsche DWR, WWER-1000 und SWR, entwickelt. Die ASTEC-Ergebnisse werden von dem im NUSAFE Programm entwickelten und in mehreren Ländern weltweit eingesetzten Java Real-time On-line Decision Support System (JRODOS) verwendet, um Echtzeit-Diagnose- und Prognoseanalysen der radiologischen Situation durchzuführen und die erforderlichen Gegenmaßnahmen zu bewerten, wobei die meteorologischen Referenzdaten verwendet werden. Um die Zuverlässigkeit der ASTEC/JRODOS-Auswertungen weiter zu verbessern, wird im NUSAFE Programm eine Trainingsdatenbank der von ASTEC für verschiedene Unfallsequenzen berechneten Quellterme mit dem hauseigenen Fast Source Term Code (FSTC) ausgewertet. Die Datenbank enthält eine große Menge an Simulationsergebnissen, die mit Hilfe der in FSTC eingebetteten Monte-Carlo-Methoden gewonnen wurden, um die Unsicherheiten, die sich auf die physikalischen Modelle der Integralcodes auswirken, zu propagieren. Gegenwärtig wird die Trainingsdatenbank mit Hilfe des FSTC-Tools analysiert, um die Quantifizierung der Unsicherheiten und die Vorhersage des Quellterms durchzuführen, wobei die Bayes'schen Netzwerkalgorithmen verwendet werden. Für die Zukunft ist geplant, die Quellterm-Datenbank für das Training spezieller Algorithmen der künstlichen Intelligenz zu verwenden, um die Leistung des ASTEC-Codes und der Quellenvorhersagen weiter zu verbessern.

Gabrielli, F.; Sánchez-Espinoza, V.H.; Stakhanova, A.; Hoefer, A.; Pauli, E.-M.: *Proceedings EUROSAFE Conference, Paris, November 22-23 (2021).*

Raskob, W.; Haller, C.; Hasemann, I.; Schichtel, T.; Trybushnyi, D.: *Proceedings, 5th NERIS Workshop (2020).*

Mercan, A.K.; Gabrielli, F.; Sanchez-Espinoza, V.H.: *Proceedings (eingereicht), The 10th European Review Meeting on Severe Accident Research (ERMSAR), Karlsruhe, Germany, May 16-19, (2022).*

A.2.1.6.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen

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.

Die Bundesregierung hat sich in einer Veröffentlichung aus dem Jahr 2020 klar dazu bekannt, die Kompetenz- und Nachwuchsentwicklung für die nukleare Sicherheit nachhaltig zu fördern. Was die Forschung zur Sicherheit der nuklearen Entsorgung betrifft (Topic 1), finden derzeit Gespräche mit den Endlagerorganisationen (BGE, BASE) und den Ministerien statt. Dabei geht es darum, wie NUSAFE über die bereits erfolgreich durchgeführten Aktivitäten hinaus das derzeit laufende Standortauswahlverfahren strategisch unterstützen sowie zu einer weitergehenden Förderung junger Talente und Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler beitragen kann.

Der Aufbau der Forschungsinfrastruktur HOVER wurde im Jahr 2021 stark vorangetrieben. Die Planungen für Bauvorhaben wurden begonnen, und die Beschaffungen von Instrumenten konnten trotz der anhaltenden pandemischen Lage im Berichtszeitraum realisiert werden und befinden sich somit im Terminplan. Mit dem Aufbau der innovativen Infrastrukturen wird sichergestellt, dass die strategisch wichtigen Themenfelder wie Optimierung des Rückbaus kerntechnischer Anlagen, verlängerte Zwischenlagerung von bestrahlten Kernbrennstoffen sowie die Forschung zur Sicherheit eines Endlagers für radioaktive Abfallstoffe weiterhin mit hoher wissenschaftlicher Qualität und auf internationalem Niveau weiterbearbeitet sowie junge Talente und Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler rekrutiert werden können.

- *In Abstimmung mit den zuständigen Ministerien soll das Helmholtz-Team ein Konzept entwickeln und umsetzen, das 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, BMU, BMWi) 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). Mit Etablierung der neuen Bundesregierung, deren Koalitionsvertrag, sowie dem Wechsel wichtiger Zuständigkeiten vom (jetzt) BMWK zum (jetzt) BMUV ergaben sich einige offene Fragen, insbesondere zur weiteren Gültigkeit der BMWi-Förderrichtlinien aus 2021, dem gesamten Antrags- und Bewilligungsprozess für Förderungen durch die Ministerien bis hin zum Wirken der geplanten gemeinsamen Gutachtergremien. Die gerade heftig diskutierte mögliche Einstufung der Kernenergie als klimafreundlich durch die EU-Kommission kann auch Einfluss auf die EU-Forschungspolitik im Rahmen von EURATOM haben. Die existierende sehr gute Vernetzung der NUSAFE-Partner in der europäischen Community kann zukünftig genutzt werden, vermehrt entsprechende EURATOM-Forschungsprojekte einzuwerben. In diesem Kontext wurden den NUSAFE Partnern wichtige Mandate erteilt und somit wissenschaftlich eine tragende internationale Rolle übertragen:

- Programme Manager for the action European Partnership for research in radiation protection and detection of ionising radiation (PIANOFORTE; HORIZON-EURATOM-2021-NRT-01-09)
- Workpackage Leader für CORI im Rahmen von EURAD und Vertreter in dem EURAD Bureau als einer der drei Vertreter von Forschungsorganisationen
- Koordinierung, fachliche Betreuung und Weiterentwicklung des deutschen IAEO-Safe-guards-Unterstützungsprogramms

Klare Vision für die Allokation von Personalressourcen

Retrospektiv ist für das erste Jahr der PoF IV für alle NUSAFE-Partner die Übereinstimmung von Plan und Umsetzung der Personalallokation festzustellen. Wesentliche Unterstützung gewährte die erfolgreiche Projekteinwerbung, z.B. VESPA II (BMW), Ace (BMBF), EURAD CONCORD und MAGIC (EU) sowie QUENCH-ATF (OECD/NEA). Beides soll verstetigt werden. Die am Programm beteiligten Zentren streben die gezielte Rekrutierung und Bindung herausragender Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler sowie etablierter, internationaler Spitzenforscherinnen und -forscher an, z.B. durch verschiedene europäische Programme (z.B. den ERC Consolidator Grant „The Actinide Bond – Actinide Bond Properties in Gas, Liquid and Solid State“ von Tonya Vitova (KIT)), Helmholtz-Programme (Helmholtz-Nachwuchsgruppen) sowie durch individuelle Instrumente der Zentren.

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 folgende Institutionen zu nennen:

- PSI Villigen, Schweiz (gemeinsame Arbeiten in versch. Arbeitspaketen von EURAD, gemeinsames experimentelles Programm im EU-Projekt PREDIS, gemeinsame Arbeiten in THEREDA, Planungen für Verbundprojekt im Rahmen von BMBF),
- SCK-CEN, Mol, Belgien (gemeinsame Arbeiten in mehreren EU-Projekten wie z.B. EURAD, DISCO, FRACTESUS, PATRICIA, ORIENT-NM, gemeinsame Arbeiten und technische Abstimmung in mehreren Drittmittelprojekten für die belgische Abfallentsorgungsorganisation Ondraf-Niras, Zusammenarbeit in der EURADScience Gruppe, Auftrag zu SIMMER-Rechnungen für MYRRHA, IAC Minerva),
- CEA, Frankreich (gemeinsame Arbeiten in mehreren EU-Projekten wie z.B. EURAD-CORI, PUMMA, ESFR-SIMPLE, Messzeitprojekte an der KIT Light Source (INE-Beamline, ACT-Messlabor), Kooperationsvereinbarung SIMMER-Code),
- Nuclear Research Institute (ÚJV), Řež, Tschechien (gemeinsame Arbeiten im Rahmen von EURAD-CORI u. Planung einer gemeinsam organisierten Konferenz in diesem Kontext),
- VTT, Finnland (gemeinsame Arbeiten in mehreren EU-Projekten wie z.B. PREDIS, ORIENT-NM, SHARE)
- University of Cambridge, GB, (gemeinsame Arbeiten im EU-Projekt DISCO mit gemeinsamen Veröffentlichungen),
- Subatech, Nantes, Frankreich (gemeinsamer PhD, gemeinsame Arbeiten in EURAD-CORI)
- University of Helsinki, Finnland (Messzeitprojekte an der KIT Light Source (INE-Beamline))
- Manchester University / Dalton Nuclear Institute (gemeinsamer Workshop im Januar 2022 zur Vorbereitung eines Cooperation Agreements, Austausch von Personal und Nutzung der Laborinfrastruktur der Partner im Bereich Radionuklidchemie und Spektroskopie)

- Institut Jožef Stefan, Ljubljana, Slowenien (gemeinsame Arbeiten in EURAD-CORI, International Programme Committee für NENE).

Aus Übersee sind u.a. folgende Institutionen hervorzuheben:

- verschiedene nationale Einrichtungen des DOE (Department of Energy) der USA, wie z.B.
 - Savannah River National Laboratory (EndUser in EURAD-CORI, das von KIT koordiniert wird)
 - Los Alamos, LANL (gemeinsame Arbeiten NEA-TDB, NEA-Salt Club, ABC-Workshops, Forschungsaufenthalt von einer Doktorandin des KIT)
 - Pacific Northwest National Laboratory, PNNL (zwei PNNL Mitarbeiter sind in User Group EURAD-CORI aktiv, gemeinsame Entwicklung einer in situ Messzelle an der KIT Light Source)
- United States Nuclear Regulatory Commission NRC (CAMP Agreement – hier ist KIT Koordinator der deutschen Partner, CSARP-Vertrag).

A.2.1.6.4 Strategische Themen

Talentmanagement

Zahlreiche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Programms NUSAFE (FZJ, HZDR, KIT) engagieren sich bei der Qualifizierung junger Mitarbeitenden, etwa durch die Organisation und Ausrichtung von internationalen Workshops mit dem Ziel der Nachwuchsförderung, die Betreuung von Promovierenden und 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 anderen Hochschulen (teilweise auch im benachbarten Ausland, z.B. Université de Strasbourg, Frankreich), an Fachhochschulen, an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg und im Rahmen der Framatome Professional School. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT waren beteiligt an der Konzeption, Vorbereitung und Durchführung der International Frédéric Joliot / Otto Hahn Summer School on Nuclear Reactors "Physics, Fuels and Systems" mit dem Schwerpunkt „High-fidelity Modelling and Simulation of Nuclear Reactors: Turning a Promise into Reality“ (25. Aug. - 3. Sep. 2021, online).

Im Jahr 2021 gab es 100 Promovierende im Programm NUSAFE am FZJ, HZDR und KIT, davon rund die Hälfte am KIT. Der weitaus größte Teil davon wurde aus verschiedenen Drittmittel-Quellen finanziert, z.B. durch den ERC Consolidator Grant „The Actinide Bond – Actinide Bond Properties in Gas, Liquid and Solid State“ von Tonya Vitova, der im Jahr 2021 erfolgreich mit einem Promovierenden und einem Postdoc gestartet ist.

Workshops und Symposien speziell zur Qualifizierung junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler:

- einwöchiger Online-Kurs zum SIMMER Code des KIT in Kooperation mit EdF (Frankreich) und SCK.CEN (Belgien), Nov. 2021.
- 26. Internationaler QUENCH Workshop am KIT mit Themenschwerpunkt: „Neue, unfalltoleranten Hüllrohrmaterialien (Accident tolerant fuel, ATF)“ 06. - 09. Dezember. 2021, online.
- „XAS/XES School 2021 on Advanced Synchrotron Methods“ am HZDR in Kooperation mit der Lomonosov Moscow State University (LMSU) 02.–04. Juni 2021, online.

Preise:

Birthe Froebus (KIT): WiN Germany Preis 2020/2021 für ihre Masterarbeit „Untersuchungen zur Schild-schwanzdichtung beim Rückholungskonzept „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“ in der Schachtanlage Asse II“

Beim ersten Annual Event des European Joint Programme on Radioactive Waste Management (EURAD) wurden die Promotionsthemen von Bianca Schacherl und Ester Guidone (beide KIT) als herausragende Arbeiten hervorgehoben.

Chancengleichheit:

An allen drei Helmholtz-Zentren (FZJ, HZDR, KIT) hat das Thema Chancengleichheit einen hohen Stellenwert und ist in der Dachstrategie 2025 und dem „Audit berufundfamilie“ festgeschrieben. In den vergangenen Jahren wurden an den Zentren verschiedene Maßnahmen etabliert 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. NUSAFE-Wissenschaftlerinnen sind zudem im Netzwerk von Women in Nuclear Germany bzw. Women in Nuclear Global mit weiteren Wissenschaftlerinnen aus dem Bereich Kerntechnik verbunden.

Am KIT werden im Bereich 3, in dem das Programm NUSAFE angesiedelt ist, unter der Leitung von Professorinnen und Professoren drei neue Chancengleichheits-Projekte gefördert. Die Gender Equity 1 Initiative „Strategische Karriereplanung für Frauen“ ist am 13. Dezember 2021 erfolgreich gestartet. Bei der Online-Kickoff-Veranstaltung trafen sich 110 interessierte Studentinnen und (Post-)Doktorandinnen aus dem Bereich 3 zur Diskussion über Berufseinstieg, Karriereplanung und der Relevanz von Netzwerken. Input gab es von vier Role Models aus Industrie und Wissenschaft, die im Rahmen einer Podiumsdiskussion ihre Erfahrungen geteilt haben.

Vernetzung

(FZJ, HZDR, KIT) Aufgrund der umfangreichen Expertise sind Forschende aller drei Helmholtz-Zentren (FZJ, HZDR, KIT) des Programms NUSAFE Mitglied des Kompetenzverbundes Kerntechnik (KVKT), des Kompetenzverbundes Strahlenforschung (KVSF) und der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung (DAEF).

(FZJ, HZDR, KIT) Im Berichtsjahr wirkten Forschende des Programms NUSAFE aus allen drei Zentren erneut, teilweise auch in leitender Funktion, in verschiedenen IAEA-Gremien mit, z.B. Vorsitz Standing Advisory Board on Safeguards Implementation (SAGSI), in der Expert Group der IAEA-ONCORE (Open-source Nuclear Codes for Reactor Analysis) Initiative und an diversen IAEA Coordinated Research Projects (CRPs), z.B. am CRP on Start-up Measurements in Chinese Experimental Fast Reactor (CEFR), ebenso am IAEA-Projekt Accident Tolerant Fuel - Test and Simulation (ATF-TS).

Die Beteiligung der Helmholtz-Zentren (FZJ, HZDR, KIT) im NUSAFE-Programm 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 weitere Projekte führen zu einem hohen Anteil ausländischer Promovierender, die zum Teil durch DAAD-Stipendien oder Stipendien ihres Heimatlandes finanziert werden.

Auch sind NUSAFE-Mitarbeitende (FZJ, HZDR, KIT) in den Lenkungsorganen weiterer europäischer Forschungs- und Technologie Plattformen vertreten, etwa im Management Board des EERA Joint Programme on Nuclear Materials (JPNM), im Management Board of European Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery (NERIS), im Executive Council of Multidisciplinary European Low Dose Initiative (MELODI), im

Governing Board und Executive Committee of Sustainable Nuclear Energy Technology Platform (SNETP) sowie im Steering Committee der European Safeguards Research and Development Association (ESARDA).

Im Rahmen des vom KIT koordinierten Kompetenz-Clusters für nuklearen Rückbau fanden weitere Aktivitäten zu Education&Training statt (Exkursion von Studierende der ETH Zürich - Fachgebiet Rückbau - zum KIT-TMB).

Zusammenarbeit mit OECD/NEA:

NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler sowie Forschende des KIT, des FZJ und des HZDR sind in die Aktivitäten der OECD/NEA zum Teil in Führungsfunktionen, z.B. im QUENCH-ATF Projekt eingebunden und 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 Expertinnenengruppen. Weitere langfristige Aktivitäten erfolgen innerhalb des Thermochemical Database Projects (TDB), des NEA-Salt, -Crystalline und -Clay Clubs.

Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft

Technologietransfer

(KIT und HZDR): In NUSAFE am KIT entwickelte Technologien wurden erfolgreich in gemeinsam durchgeführten Versuchen mit Industriepartnern (DEMCON, IRE, ASML) zur Flüssigmetallkühlung bei der beschleunigergetriebenen Produktion von nuklearen Tracern Mo99 eingesetzt sowie hinsichtlich der Entwicklung einer Methode und eines Geräts zur Messung von ionisierender Strahlung mittels Szintillationszählung (ULTRASENS) vom HZDR zum Patent eingereicht.

Wissen für Entscheidende

(FZJ, HZDR, KIT) Im Kontext der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle leiten bzw. beteiligen sich NUSAFE-Forschende (FZJ, HZDR, KIT) an den nationalen Sachverständigengruppen und der Entsorgungskommission (ESK) des BMU und des BMWK („Arbeitskreis HAW-Produkte“, „Arbeitskreis Szenarienentwicklung“ und „Arbeitskreis Reaktorsicherheit“) sowie an internationalen Expertenkommission der belgischen Abfallentsorgungsorganisation ONDRAF-NIRAS.

Darüber hinaus sind NUSAFE-Forschende (FZJ, HZDR, KIT) in verschiedenen Beiräten von Forschungseinrichtungen (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin Brandenburgische Akademie der Wissenschaften; SCK•CEN (Mol, Belgien); Evaluation Panel for Slovenian Research Agency ARRS (Ljubljana, Slowenien)) vertreten.

Wissen für Betroffene

Forschungsinhalte aus beiden Topics des Programms NUSAFE wurden von Forschenden des KIT in verschiedenen Wissenschaftsdokumentationen der öffentlich-rechtlichen Fernseh- und Rundfunksender (z.B. „W wie Wissen“, „Xenius“, „Terra X“ etc.) einer breiten Öffentlichkeit nahegebracht.

Mitarbeitende aller drei am Programm NUSAFE beteiligten Helmholtz-Zentren FZJ, KIT und HZDR haben im Rahmen ihres Engagements in der DAEF aktiv zu den Fachkonferenzen „Teilgebiete“ beigetragen.

Außerdem leiteten NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler (FZJ, HZDR, KIT) im Verbundvorhaben „Transdisziplinäre Forschung zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle in

Deutschland, TRANSENS" das transdisziplinäre Modul „Technische und verfahrenstechnische Komponenten von Entsorgungspfaden und deren Nebenfolgen“.

Mitarbeitende des Programms NUSAFE (KIT) haben zudem im Rahmen der Energiewendetage Baden-Württemberg in Stuttgart (Zentrale Veranstaltung am 18. September 2021) und am Energiewendetag in Karlsruhe teilgenommen und dort Themen der Endlagersicherheitsforschung vorgestellt.

Drittmittelinwerbung

2021 startete der erfolgreich von Dr. Tonya Vitova (KIT) eingeworbene ERC Consolidator Grant: "The Actinide Bond – Actinide Bond Properties in Gas, Liquid and Solid State" (Laufzeit 2021-2025). Dieser beinhaltet neben Forschungsmitteln auch die Finanzierung von weiteren drei Postdoc und zwei PhD Stellen

Im Berichtsjahr konnten wieder verschiedene neue nationale und internationale Drittmittelverträge abgeschlossen werden. Außerdem wurden zahlreiche weitere Projektanträge vorbereitet und eingereicht, darunter z.B. neun Proposals mit Beteiligung von NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern (nur KIT) im Rahmen des neuen Calls HORIZON-EURATOM-2021. Nach positiver Evaluierung ist mit Projektstart im Jahr 2022 zu rechnen.

Förderung aus Mitteln der Bundesministerien für Wirtschaft und Energie (BMWi) & Bildung und Forschung (BMBF):

- NaMaSK (BMBF) - Nass-Siebung und Magnetseparation von Korngemischen zur Minimierung von Sekundärabfällen im Rückbau kerntechnischer Anlagen
- SEPAM (BMWi) - Untersuchungen zur SEParation von AMericiem aus hochradioaktiven Abfalllösungen
- IMKORB - Implementierung eines Monitoringsystems zur Evaluierung der Korrosionsvorgänge an Behältermaterialien in Bentonit-basierten Endlagerkonzepten (BMWi)
- PETRUS - Partitioning and Efficient Transmutation, Studie mit Fokus auf innovativen Strategien in Russland (BMWi)

Förderung aus EU-Mitteln:

- ERC Consolidator Grant: „The Actinide Bond – Actinide Bond Properties in Gas, Liquid and Solid State“
- Unterauftrag im Rahmen des EU-Projekts „Strengthening of State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine (SNRIU) capabilities relevant for regulation of nuclear activities and in licensing and severe accident management of Nuclear Installation“
- Arbeitspakete „CONTainer CORrosion under Disposal conditions (ConCorD)“ und „Chemo-Mechanical AGIng of Cementitious materials (MAGIC)“ des EURAD Programms

Förderung aus Mitteln der Industrie, TSO und Sonstigen:

- ELMO - Entwicklung eines skalierbaren Leichtbau-Manipulators zum ergonomischen, maschinellen Oberflächenabtrag von Wandflächen insbesondere kerntechnischer Einrichtungen unter Berücksichtigung von Automatisierungsoptionen (AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen)
- SIMMER Rechnungen für MYRRHA (SCK.CEN, Belgien)
- SIMMER Rechnungen für SFR (EdF, Frankreich)
- Support in CF simulations of temperature and stress in tube with pellets (DEMCON, NL)

- Auftrag im Rahmen der Kooperationsvereinbarung „Arrangement in the field of nuclear research on in-vessel accident progression behaviour relevant to Fukushima Daiichi nuclear power station“ (JAEA, Japan)
- Auftrag zu Molten Core Coolant Interaction (Framatome, Frankreich)
- QUENCH-ATF Projekt (OECD-NEA, Frankreich)
- Auftrag über Untersuchungen zu Schweren Störfällen (CNPRI, China)

A.2.1.6.5 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2021 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2021. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2021.

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 Demonstration von Speichertechnologien 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. Außerdem untersuchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Integration von elektrochemischen, chemischen und thermischen Speichertechnologien – unidirektional und bidirektional – sowie die Kopplung von Strom und anderen Energienetzen unter Einbeziehung relevanter Aspekte wie Big Data, Netzsicherheit und Privatheit der Daten. Das flexible Zusammenspiel von elektrischen, thermischen und chemischen Energieträgern wird realitätsnah simuliert und erprobt.

Diese wissenschaftlichen Arbeiten sind seit 2021 in den neuen Programmen „Energiesystemdesign“ (ESD) und „Materialien und Technologien für die Energiewende“ (MTET) im Forschungsbereich Energie verortet. Darüber hinaus dient das „Energy Lab 2.0“ als Demonstrator für die übergeordnete Helmholtz-Initiative „Energy System 2050“.

Die meisten Komponenten in den einzelnen Teilvorhaben konnten inzwischen installiert und in großen Teilen auch schon in Betrieb genommen werden.

Um Steuerungs- und Überwachungsaufgaben im Kontext moderner energietechnischer Anlagen und neuer Regelalgorithmen möglichst realitätsnah simulieren zu können, wurde im Rahmen des Energy Lab 2.0 das Smart Energy System Simulation and Control Center (SEnS-SiCC) realisiert, welches im Jahr 2021 aufgebaut wurde. SEnSSiCC sind vier Teilvorhaben zugeordnet: „Smart Energy System Control Laboratory“, „Energy grids simulation and analysis

laboratory“, „Control, Monitoring and Visualisation Center“ und „Power hardware in-the-loop test facility“, alle Teilvorhaben sind in Betrieb genommen.

Die Produktpalette der Power-to-Liquid-Verfahren wird durch ein zum Patent angemeldetes Methanolsynthese-Verfahren mit energetisch gekoppelter CO₂-Capture aus biogenen Punktquellen (Projekt SEKO, BMBF) durch eine im Bau befindliche Anlage erweitert. Zudem wurde im Rahmen der Technologieplattform H2Mare des BMBF im Projekt PtX-Wind mit der Planung und Bau weiterer Anlagen unter Nutzung der Forschungsplattform eXplore für die Syntheserouten zur Herstellung von Methan, Methanol, Ammoniak und Fischer-Tropsch-Kraftstoffen errichtet mit dem Ziel, diese auf einer Offshore-Plattform eines Windparks zu betreiben.

Die Dreiphasen-Methanisierung des Power-to-Gas Anlagenverbunds wurde auch in 2021 in mehreren Versuchskampagnen erfolgreich betrieben. Bereits bei der ersten Versuchskampagne mit bioliq®-Synthesegas konnte dieses erfolgreich zu einspeisefähigem Methan umgewandelt werden. Weiterhin wurden Ergebnisse aus Grundlagenuntersuchungen am EBI erfolgreich in den 100 kW Maßstab im Energy Lab 2.0 überführt. Parallel zu den Arbeiten an der Dreiphasen-Methanisierung wurde zusammen mit den Kollegen von der DVGW-Forschungsstelle mit dem Umbau der Waben-Methanisierungsanlage begonnen, die im Rahmen des BMBF-Leitprojektes „H2Mare“ auf die neuste Wabengeneration umgerüstet wird. Ergänzend wurden hierfür notwendige Infrastrukturarbeiten in die Wege geleitet und begonnen.

Im Teilvorhaben „Gasturbine“ wurde die Integration in die bioliq-Synthesegasversorgung in 2021 fertiggestellt. Ein gemeinsamer Forschungsbetrieb ist für Oktober 2022 geplant.

Das reversible Hochtemperatur-Brennstoffzellen/Elektrolysesystem, das im Brennstoffzellenmodus aus gespeichertem erneuerbarem Wasserstoff oder Methan Strom erzeugen kann und umgekehrt im Elektrolysebetrieb mit erneuerbarem Strom aus Wasserdampf Wasserstoff, der dann z.B. in der Power-to-Gas-Anlage mit Kohlendioxid zu erneuerbarem synthetischen Methan umgesetzt werden kann, wurde in den Anlagenverbund integriert.

A.2.1.7.2 Infrastrukturen HEMCP und HEMF

Helmholtz Energy Materials Characterization Platform (HEMCP)

Im Rahmen der Helmholtz Energy Materials Characterization Platform (HEMCP) wurde am KASOLA (KARlsruhe SODium LABoratory) eine Infrastrukturplattform aufgebaut, mit dem Fokus der direkten Wandlung thermischer Energie in elektrische Energie sowie der thermischen Energiespeicherung basierend auf Natrium sowie den damit assoziierten Sicherheitsfragestellungen.

Alle in HEMCP vorgesehenen Anlagen (ATEFA, SOLTEC- 1/-2, DITEFA und KASOLA) wurden erstellt und befinden sich bereits in der Produktionsphase, alle Projektmittel wurden verausgabt und das Projekt abgeschlossen.

Zur Anpassung an den aktuellen Bedarf wird SOLTEC-3 außerhalb des Projekts weiterentwickelt, sowohl als Ersatz für die durch Sturmschäden unbrauchbar gewordene SOMMER-Anlage als auch als Hochtemperaturanlage für die SOLAR-Entwicklung (Receiver, HX) sowie AMTEC.

Helmholtz Energy Materials Foundry (HEMF)

HEMF ist als Zentren übergreifende Helmholtz Infrastruktur und dezidierte, internationale Nutzerplattform für die Batterieforschung konzipiert. Ziel ist der Arbeiten in der Plattform ist die

Synthese neuer und verbesserter Materialien zur Energieumwandlung und -speicherung. Das KIT ist mit Arbeiten des Instituts für Angewandte Materialien (IAM) und des Instituts für Mikrostrukturtechnik (IMT) beteiligt.

Die Investitionen für die Teilprojekte „Conformal Coating Laboratory“, „Nanocrystal Synthesis Laboratory“, „Printed Energy Conversion Device Laboratory“ und „Advanced Energy Materials Spectroscopy“ wurden Ende 2020 abgeschlossen und werden seit 2021 wissenschaftlich mit mehreren Veröffentlichungen mit HEMF-Bezug genutzt. Im Rahmen von Sonderfinanzierungen wurden noch ergänzende Beschaffungen von Anlagengerätschaften im Umfeld der Entwicklung von Perowskit-Tandem-Solarzellen getätigt, von denen die beiden Diffraktometer noch in 2021 geliefert wurden.

Das Bauvorhaben (Teilprojekt KIT S4: „Infrastruktur“) für die KIT Syntheselinie und das Charakterisierungslabor befand sich 2021 in der Umsetzungsphase und wird voraussichtlich im Mai 2022 abgeschlossen sein. Der Großteil der Komponenten für beide Anlagen wurde 2021 spezifiziert und bei den Lieferanten beauftragt, so dass eine zeitnahe Auslieferung im zweiten Quartal 2022 an das KIT erfolgen kann und mit dem Aufbau und der Inbetriebsetzung zeitnah nach Fertigstellung des Bauvorhabens begonnen werden kann.

A.2.1.7.3 Querschnittsverbund Bioeconomy

Ansätze zur nachhaltigen Nutzung von Biomasse und Kenntnisse über biologische Systeme stellen einen wichtigen Baustein zur (Weiter-)Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft dar. Diese werden in einem integrierten Bioökonomie-Ansatz gemeinsam vom Forschungsbereich Energie mit dem Forschungsbereich Erde und Umwelt (RF E&E) vorangetrieben. Die Aktivitäten konzentrieren sich auf die 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. Sozio-techno-ökonomische Bewertungen von Verfahren, Rohstoffen und Produkten geben Orientierung für die naturwissenschaftlich-technische Entwicklung. Aufbauend auf einem zentren- und programmübergreifenden Workshop wurden gemeinsame Projektideen entwickelt. Diese wurden für eine Beteiligung der Partner an der Helmholtz Sustainability Challenge und für weitere Projekte ausgebaut. Im Fall der Helmholtz Sustainability Challenge sind zwei Konsortien entstanden, deren Anträge im Dezember 2021 eingereicht wurden. Weitere gemeinsame Projektanträge sind in Vorbereitung. In diesem Rahmen wird die erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen UFZ und dem KIT zur Syngas-Fermentation mit Reinkulturen und Konsortien programm- und FB-übergreifend fortgesetzt.

Die Aktivitäten des Querschnittsverbunds Bioökonomie ergänzen die Forschung im Topic Ressourcen- und Energieeffizienz des Helmholtz-Programms MTET. Das KIT hat dort zusammen mit dem Kooperationspartner Universität Hohenheim und der Transfergesellschaft BIOPRO eine exemplarische Lignozellulose-Bioraffinerie im Technikum aufgebaut und betrieben. Das Gesamtkonzept wurde ökologisch und ökonomisch bewertet und die weitere Verwertung mit einer konkreten Marktanalyse sowie Standort- und Stakeholdersuche vorangetrieben.

Für die direkte kommerzielle Verwendung von Pyrolyseöl aus aschereichen Biomassen wie Stroh ist es entscheidend, Verwertungskonzepte für die Nebenprodukte, insbesondere des wässrigen Kondensats zur Verfügung zu haben. Mit Partnern von der Universität Hohenheim und der TU München wurden durch das IKFT am KIT Aufbereitungsverfahren entwickelt, die es erlauben, die Bestandteile des wässrigen Kondensats durch Fermentationsprozesse nutzbar zu machen. Dazu eignen sich besonders Wildtypen toleranter Pilze, aber auch durch

Adaption oder genetisch modifizierte Organismen, die auf die Besonderheiten angepasst werden (Uni Hohenheim, Prof. Hausmann; TUM, Prof. Blombach). Damit kann die Wertschöpfung des Gesamtprozesses der Pyrolyse zur Nutzung preiswerter, aber aschereicher Biomassen verbessert werden und gelangt in Reichweite einer kommerziellen Anwendung.

A.2.1.7.4 Innovationspool

Der Innovationspool des FB Energie in PoF IV gliedert sich in eine strukturelle und eine inhaltlich-thematische Förderlinie. In der strukturellen Förderlinie werden Energy System 2050 (ES 2050) sowie die Erstellung der Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR) für die gesamte PoF IV gefördert werden. Die inhaltlich-thematische Förderlinie wird durch die Förderung dynamischer Entwicklungsfelder die thematische Weiterentwicklung des FB unterstützen. Für 2021-2023 werden in der inhaltlich-thematischen Linie drei Projekte gefördert: 1. Energiewende und Kreislaufwirtschaft, 2. Solarer Wasserstoff, 3. Modulare Reaktoren.

Strukturelle Förderlinie

Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR) und Energy System 2050 (ES2050)

Die Erstellung einer **Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR)** als Instrument für die strategische Forschungsplanung im FB Energie hat begonnen. HETR soll als technologieoffene Roadmap die Energiewende adressieren, mögliche Zukünfte aufzeigen und als Informations- sowie zentrales Strategieinstrument zur dynamischen Weiterentwicklung und Ausrichtung der Forschung des FB Energie beitragen. HETR wird durch einen HETR-Officer, der in der Koordinationsstelle des FB Energie am KIT angestellt und somit direkt beim Koordinator des FB Energie angesiedelt ist, wissenschaftlich und organisatorisch bearbeitet und begleitet. Der HETR-Officer initiiert und koordiniert die HETR-Arbeiten im FB Energie. Er stimmt sich dazu mit den verantwortlichen Forschenden in den Programmen ESD, MTET und FUSION ab. HETR fördert die Vernetzung zwischen den Programmen ESD, MTET und FUSION durch programmübergreifende Vernetzungstreffen sowie durch die gemeinsame Arbeit zur Erstellung der HETR. Ein Kurzworkshop wurde im Rahmen der Kickoff-Veranstaltung PoF IV im FB Energie im Juli organisiert. Der Online-Workshop „Leveraging Synergies Between Systems Analysis and Technology Research & Development“ im Oktober 2021 mit ca. 90 Teilnehmenden aus den Programmen ESD, MTET und FUSION diente als Startpunkt für die Arbeit in interdisziplinären Fachgruppen zur Erstellung der HETR sowie zur Etablierung von Feedbackschleifen zwischen den Programmen. Ein Konzept und eine Grundstruktur der HETR wurden entworfen und bilden die Basis für die weitere Bearbeitung in 2022.

Energie System 2050 (ES2050) hat seine Arbeit als zentrale Plattform des Forschungsbereichs Energie zur programm- und FB-übergreifenden Vernetzung sowie dem Talentmanagement, der Öffentlichkeitsarbeit und dem Wissenstransfer (Outreach) aufgenommen.

Organisiert durch ES2050 hat die Kickoff-Veranstaltung der PoF IV im FB Energie im Juli 2021 online mit mehr als 400 Teilnehmenden stattgefunden. Die Online-Veranstaltung hat das Wir-Gefühl im FB Energie gestärkt und zur Intensivierung der Vernetzung beigetragen.

Der FB Energie hat – koordiniert durch ES2050 – im Vorfeld der Bundestagswahl zwei Positionspapiere „Helmholtz-Technologieplattform für grünen Wasserstoff“ und „Materialforschungs-Plattform für die Energiewende“ erstellt.

Aus dem Innovationspool wurden der HETR Officer sowie die durch ES2050 und HETR organisierten Veranstaltungen und Workshops finanziert, die die programmübergreifende Vernetzung im FB Energie fördern. Der Eigenanteil wurde durch zwei grundfinanzierte Vollzeitäquivalente (VZÄ) erbracht.

Inhaltlich-thematische Förderlinie

1. Energiewende und Kreislaufwirtschaft

Das Innovationspool-Projekt **„Energiewende und Kreislaufwirtschaft: Dekarbonisierung und Flexibilisierung energieintensiver Recycling-Prozesse“** adressiert die Entwicklung von Methoden und Modellen für den Entwurf und Betrieb energieintensiver Recyclingprozesse und ihrer zugehörigen Netz- und (materiellen) Wertschöpfungskettenintegration. Das Ziel ist dabei eine möglichst umfassende Schließung von Stoff- und Energiekreisläufen und ein netzdienlicher, ökonomischer Betrieb industrieller Produktion auf Basis erneuerbaren Stroms.

Im Berichtsjahr wurden im Arbeitspaket „Ressourceneffizienz, Dekarbonisierung und Lastmanagement“ am KIT-ITC mit den Partnerinstituten FZJ-IEK-10 und FZJ-IEK-STE Modelle zur Optimierung von Dekarbonisierungs- und Flexibilisierungsoptionen von energieintensiven Industrieprozessen am Beispiel der Zementherstellung entwickelt, die auch dezentrale zirkuläre Materialsysteme insbesondere durch thermochemisches Recycling von Altbeton berücksichtigen. Das KIT-IAI analysiert zusammen mit dem DLR-DI das energetische und dynamische Verhalten von Trocknern für den Prozess in Verbindung mit Hochtemperatur-Wärmepumpen. In einer Zusammenarbeit von KIT-ITC und FZJ-IEK-10 wurde ein neuartiger Prozess zur Zementherstellung analysiert, der sich durch ein hohes Recyclingpotenzial und die Nutzung mineralischer Sekundärrohstoffe auszeichnet. Darauf aufbauend wird ein mathematisches Modell für eine Prozessoptimierung (sog. Superstrukturoptimierung) entwickelt, das eine Minimierung der Prozess-Treibhausgasemissionen und gleichzeitige Bereitstellung von Lastverschiebungspotenzial (Demand Side Management) erlaubt. Ergänzend wurden von dem Partnerinstitut HZDR-HIF einzelne Prozessschritte identifiziert, die sich bezüglich des Energieverbrauchs und des Umweltimpacts als kritisch erweisen. Es wird ein Referenzmodell für die Kupferproduktion erarbeitet, dass für die Analyse anderer Metalle herangezogen werden kann. Am FZJ-IEK-3 wurden Prozesse für die Kupfer- und Aluminiumherstellung parametrisiert und in das Energiesystemmodell NESTOR implementiert. Erste Testergebnisse verdeutlichen die große Relevanz von Recycling im Kontext von Treibhausgasminderungsstrategien.

Im Arbeitspaket „Netzintegration“ wurden am KIT-IAI neue Modelle für leistungselektronische Konverter entwickelt, um das transiente Verhalten in verschiedenen Betriebsmodi darzustellen. Mit den Kooperationspartnern am DLR-VE wurde ein angepasstes AC-rechenfähiges Modell des Stromnetzes entwickelt, um die Netzintegration der Recycling-Prozesse hinsichtlich ihrer Flexibilitätspotentiale und ihrer Auswirkung am Netzanschlusspunkt beurteilen zu können. Mit der Simulation von Szenarien werden Effekte der Stromeinspeisung bei unterschiedlichen Entwicklungspfaden und der Maßnahmen zur Anpassung der Netzbetriebsführung bewertet.

Der Eigenanteil der dargestellten Arbeiten wurde am KIT-ITC und KIT-IAI durch in Summe 2,27 grundfinanzierte vollzeitäquivalente Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erbracht.

2. Solarer Wasserstoff

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. Die im Projekt verfolgten Technologien ermöglichen die Erzeugung von solarem Wasserstoff mit möglichst hoher Reinheit und bei einem Druck deutlich über Normaldruck. Dadurch kann der Aufwand für die weitere Verdichtung und Reinigung reduziert und die Gesamteffizienz gesteigert werden. Wasserstoff mit diesen Eigenschaften kann in hochwertigen Anwendungen eingesetzt werden (z.B. für den Betrieb von Brennstoffzelle oder für die Herstellung von Chemikalien und elektronischen Kraftstoffen). Am KIT (IAM-ET, IAM-WK) werden in enger Zusammenarbeit mit FZJ und DLR bifunktionale Festoxid-Brennstoff- und Elektrolysezellen entwickelt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Druckabhängigkeit der elektrochemischen Prozesse in der Zelle mit einem Fokus auf der Materialentwicklung und -charakterisierung, insbesondere für protonenleitende Zellen. Die Forschungsergebnisse ermöglichen es, Hochtemperatur-Elektrolyseure effizienter für den Druckbetrieb auszulegen und ihre Lebensdauer zu erhöhen. Konzentrierte solare Wärme wird am KIT zur Wasserstofferzeugung verwendet. Dazu wird am ITES eine Technik auf Basis von Flüssigmetallen erforscht. Im Versuchsreaktor wird Methan, z.B. Biogas, pyrolytisch zu Wasserstoff und leicht abtrennbarem Kohlenstoff zersetzt. Im Projekt wird der Einfluss des Druckbetriebs auf die Effizienz und die Produktreinheit untersucht. Eine bestehende Kooperation mit dem HZDR zur Modellierung dieses Mehrphasensystems wird hier mit eigenen Beiträgen zur Sicherheitsbewertung kombiniert. Alle im Innovationspool-Projekt untersuchten Produktionspfade erzeugen Solarwasserstoff mit unterschiedlichen Qualitäten in Bezug auf Druck und Reinheit. Das IKFT analysiert die Reinheitskriterien, die für die verschiedenen potenziellen Anwendungen von Wasserstoff erforderlich sind – von der Energieumwandlung in einer Brennstoffzelle bis hin zur industriellen Nutzung, z.B. für die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen oder LOHCs. Die experimentellen Aktivitäten werden durch Computersimulationen auf der System-, Prozess- und Materialebene am unterstützt.

Der Eigenanteil der dargestellten Arbeiten wurde durch projektunterstützende grundfinanzierte Vollzeitäquivalente (VZÄ), erbracht.

3. Modulare Reaktoren

Im Rahmen des Innovationspool-Projekts **„Sicherheitsbewertung generischer kleiner modularer Reaktoren (SMR)“** sollen fortschrittliche Berechnungswerkzeuge bereitgestellt werden, die in der Lage sind, Sicherheitsanalysen von SMR in Europa durchzuführen.

Auf Basis einer Literaturstudie wurden die relevantesten Konzepte für SMR (SMART, NuScale, CAREM, etc.) analysiert und die im Rahmen von Sicherheitsüberprüfungen postulierte Störfälle für deren Modellierung identifiziert. Am KIT werden die Inhouse-Computercodes für die Anwendung auf wassergekühlte SMR weiterentwickelt. Eine verbesserte Beschreibung der reaktorphysikalischen Prozesse im kleinen und heterogenen SMR-Kernen wird durch die Weiterentwicklung des Transportcodes PARAFISH und des Porous-Media-Thermohydraulikcode TWOPORFLOW angestrebt. PARAFISH ist ein auf Finiten-Elementen basierender Transportlöser (Spherical harmonics) parallelisiert mit der Domain-Decomposition-Methode. Zurzeit wird PARAFISH bezüglich der Input-Erstellung, Datenmanagement und mathematische Bibliotheken für die Löser modernisiert, um die Benutzerfreundlichkeit zu erhöhen sowie die Hardware-Abhängigkeit der numerischen Bibliotheken zu minimieren. Danach wird eine zeitabhängige Lösung der Transportgleichung implementiert, um Transienten von SMR-Kernen zusammen mit TWOPORFLOW genauer als bisherigen Diffusionsmethoden beschreiben zu können.

Erste Ergebnisse des Kernverhaltens vom NuScale mit TWOPORFLOW wurden auf Brennelementbasis kürzlich erzielt, welche sehr gut mit Referenzlösungen übereinstimmen. Eine detailliertere Kernanalyse mit TWOPORFLOW auf Pin-Ebene ist das Endziel der Forschungsarbeiten. Dazu wird eine umfassende Optimierung der mathematischen Löser sowie der Parallelisierung notwendig sein, um hochauflösende Simulationen im HOREKA HPC des KIT vorzunehmen. Ziel ist es, high-fidelity Simulationen von SMR-Kernen mit dem gekoppelten System PARAFISH/TWOPORFLOW/ICoCo in einer parallelen Rechnerarchitektur zu realisieren, welche die genauere Bestimmung von Sicherheitsparametern ermöglichen.

Der KIT-INR-Eigenanteil der dargestellten Arbeiten wurde durch eine grundfinanzierte Vollzeit-äquivalente (VZÄ), d.h. die Mitwirkung von zwei Wissenschaftlern mit jeweils 0,5 VZÄ erbracht.

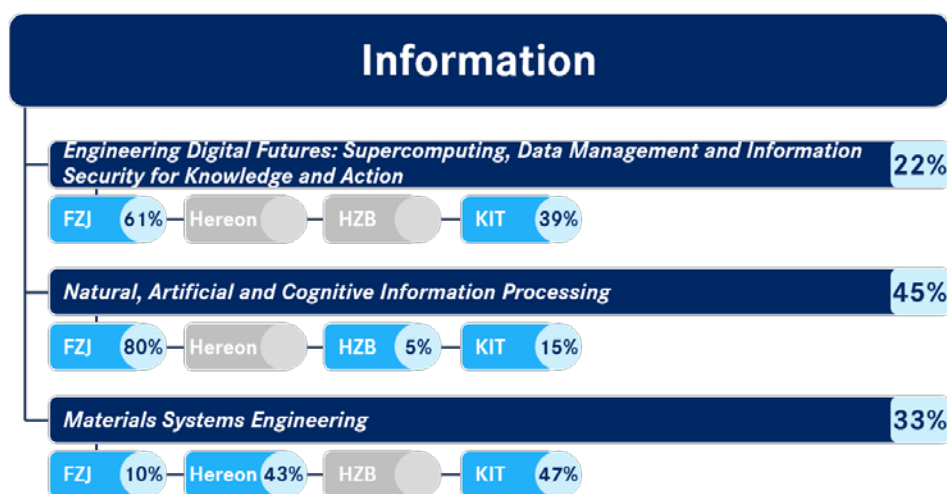
A.2.2 Überblick zum Forschungsbereich Information

A.2.2.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Senat

Koordinator: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Marquardt (FZJ)

Beteiligte Helmholtz-Zentren: FZJ, HZB, HZG, KIT

A.2.2.1.1 Der Forschungsbereich im Überblick



Der ehemalige Forschungsbereich „Schlüsseltechnologien“ hat sich in einem umfangreichen Strategieprozess mit dem Start der vierten Phase der Programmorientierten Förderung (PoF-IV), zum Forschungsbereich Information gewandelt. Der Forschungsbereich beschäftigt sich in drei Programmen und insgesamt 14 Topics mit dem Verständnis der wissenschaftlichen Prinzipien der Informationsdarstellung, -übertragung, -speicherung und -verarbeitung zur Schaffung disruptiver digitaler, quanten und neuromorpher Technologien und Infrastrukturen. Dabei wurden die Neurowissenschaften und die Materialwissenschaften gleichermaßen als Ermöglicher wie auch als Anwender integriert.

Zur weiteren Stärkung der Querschnittsaktivitäten im Forschungsbereich Information und darüber hinaus, wurden bereits vor dem Start der PoF IV vier Joint Labs gegründet: Exascale Earth System Modelling (ExaESM), Integrated Model and Data Driven Material Characterization (MDMC), Supercomputing and Modeling for the Human Brain (SMHB) und Virtual Materials Design (VMD). Im Berichtsjahr wurde in einem partizipativen Prozess des Management Board mit den Joint Lab Verantwortlichen ein Monitoringsystem entwickelt.

Aufgrund der COVID-19 Pandemie wurden die Gremiensitzungen und Veranstaltungen des Forschungsbereichs auch im Jahr 2021 als Online-Formate abgehalten. Der Forschungsbereich organisierte im April 2021 eine Auftaktveranstaltung zum Beginn der PoF-IV im VK Format, an der in insgesamt neun Stunden mehr als 800 Kolleg:innen aus dem Forschungsbereich teilgenommen haben. Auch die Sitzung des neu geschaffenen Strategischen Beirats

(SAB) fand im Berichtsjahr zum ersten Mal statt. Zudem gab es zwei Sitzungen des erweiterten Management Boards und der Forschungsbereichs Plattform sowie drei Programm Board Sitzungen mit Teilnahme des Management Boards. Zahlreiche Workshops FB-weiter Arbeitsgruppen wurden anlässlich verschiedener Empfehlungen aus der Strategischen Begutachtung veranstaltet.

A.2.2.1.2 Stand der Umsetzung der programmübergreifenden Senats-empfehlungen

Über die Umsetzung der Empfehlungen zu den einzelnen Programmen wird in den entsprechenden Fortschrittsberichten informiert.

Senatsempfehlungen:

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

Wissenschaftler:innen des FZJ, KIT, HZB und Hereon aus allen drei Programmen des Forschungsbereiches haben ein gemeinsames Konzept erstellt, um Helmholtz-übergreifend Research Software Engineering-Aktivitäten zu etablieren. Die gezielte Förderung von strategisch wichtigen Research Software Codes durch Community Software Infrastructure-Gruppen sind zentrale Bestandteile. Eine Förderung dieses Konzepts für eine Pilotphase konnte bisher nicht erreicht werden. Um wenigstens im Forschungsbereich Information einen ersten Schritt gehen zu können, wird nun eine vorbereitende Studie zu dieser Helmholtz Plattform for Research Software Engineering (HiRSE_PS) im Rahmen des Innovationspools des Forschungsbereichs Information finanziert. Auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Studie sollen weitere Anstrengungen unternommen werden, für dieses wichtige Thema substanzielle Mittel aufbringen zu können, die eine Verstetigung und Erweiterung der Aktivitäten im Forschungsbereich Information und darüber hinaus ermöglichen. Diese Mittel können nicht allein aus der Grundfinanzierung der Zentren aufgebracht werden.

Alle Aktivitäten, die sich unter dem Dach des Forschungsbereichs Information entwickeln, sollen mit einem konkreteren und durchdachten Leitbild unterstützt werden.

Der Forschungsbereich arbeitet derzeit in einem internen Strategieprozess kontinuierlich an der Weiterentwicklung seines Leitbilds.

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 etablieren sich Joint Labs (JL) als Brücken über Programme hinweg, teilweise auch in angrenzende Forschungsbereiche. Das JL Exascale Earth System Modelling beispielsweise schafft die Grundlage zur Vernetzung mit dem Bereich Erde und Umwelt und vom JL Materials Integrated Model and Data Driven Materials Characterization besteht Verknüpfungspotential mit dem Bereich Materie über gemeinsame Use Cases. Die Calls der Inkubator-Plattformen nutzen die Forschenden um Zentren übergreifende 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, auch wenn ihre Durchführung durch coronabedingte Einschränkungen teilweise behindert wurde.

Verstärkte Kooperationen sollen insbesondere mit der Außenwelt aufgebaut werden, wobei der Schwerpunkt auf der Zusammenarbeit mit der Industrie liegen sollte.

Der Forschungsbereich hat eine intensive Diskussion zu den Themen Transfer und Innovation im erweiterten Management Board, in der Forschungsbereichsplattform und anderen Gremien angestoßen. 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. In allen beteiligten Zentren sind herausragende Ausgründungen erfolgt, die mit unterschiedlichen Instrumenten unterstützt werden.

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 Forschungsbereich wurde mit Mitteln des Innovationspools ein maßgeschneiderter Roadmapping-Prozess gestartet. Im Jahr 2021 nahm die Arbeitsgruppe ihre Arbeit auf. Es wurden Konzepte erarbeitet und bereits erste Ideen für eine Pilot Roadmap zum Thema „Quantum Computing and Photonics“ entwickelt.

Die Stärke des Forschungsbereichs in seinen Kernkompetenzen soll beibehalten und weiterhin in neue Infrastruktur investiert werden.

Das FZJ war erfolgreich bei der Ausschreibung des EuroHPC JU, den ersten europäischen Exascale-Rechner in Jülich zu betreiben und ihn auf die europäische ESFRI-Roadmap zu bringen. Im Jahr 2021 wurde dazu ein Vorantrag im Rahmen der Helmholtz FIS-Roadmap-Initiative eingereicht und positiv beschieden.

Zur Fortführung und Aktualisierung der Infrastruktur JUNIQ, die Anwender:innen aus Wissenschaft und Industrie Quantencomputersimulatoren, Quantenannealer und Quantencomputer mit verschiedenen technologischen Reifegraden in einer einheitlichen Plattform zur Verfügung stellt, wurde das Vorhaben JUNIQ Upgrade als Strategische Ausbauinvestition im Helmholtz-Verfahren eingereicht, konnte aber aufgrund finanzieller Engpässe noch nicht gefördert werden. Eine Wiedereinreichung in der nächsten Wettbewerbsrunde ist vorgesehen.

Im Rahmen des ER-C 2.0, der nationalen Infrastruktur für die höchstauflösende Charakterisierung von Strukturen auf atomarer und molekularer Ebene mithilfe der Elektronenmikroskopie, wurde mit der Beschaffung zweier neuen Analysegeräte sowie der Bereitstellung der wissenschaftlichen und baulichen Infrastruktur für die Geräte und deren Implementierung gestartet. In 2021 wurden weitere Mikroskope der nächsten Generation sowie korrelative Experimente bestellt. Zudem wurden im Jahr 2021 die Mittel zur Umsetzung des zweiten Teilprojektes Bau aus Mitteln des Strukturstärkungsgesetzes Kohleregionen zur Verfügung gestellt.

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.

Im Jahr 2021 startete das FZJ ein bereichsübergreifendes Pilotprojekt zur Entwicklung und Umsetzung einer Diversity & Inclusion-Strategie. In der ersten Projektphase wurde eine umfassende Bewertung der D&I-Fähigkeiten des Zentrums durchgeführt. Basis für den D&I Bericht sind eine Analyse der vorhandenen Antidiskriminierungsressourcen, eine Mitarbeitendenbefragung, qualitative Interviews sowie ein internes D&I Audit.

Der Entwurf einer D&I Strategie konzentriert sich auf fünf Hauptprioritäten: Bekämpfung von Diskriminierung, Förderung einer inklusiven Kultur, Beseitigung der wichtigsten institutionellen Barrieren, Förderung eines inklusiven Führungsstils und Sichtbarmachung des Engagements für D&I. Maßnahmen, die sich auf die Talentakquise und das Onboarding konzentrieren, sind Teil des Entwurfs. Dazu gehören die Entwicklung von D&I-Leitlinien und Schulungen zu impliziter Voreingenommenheit für Mitglieder von Einstellungsausschüssen, die Integration von D&I-Elementen in den Auswahlprozess (Know-how, Erfahrungen und Fähigkeiten) und eine Neugestaltung des FZJ-Karriereportals. Ein endgültiger Entwurf der Strategie wird im Jahr 2022 vorgelegt werden. Im Anschluss daran entscheidet der FB Information zum weiteren Vorgehen bei der D&I Strategie für den Forschungsbereich.

FB-spezifische forschungspolitische Ziele:

Digitalisierungsstrategie

Der Forschungsbereich Information orientiert seine Aktivitäten an den zehn Zielen der Helmholtz-Digitalisierungsstrategie und nimmt engen Bezug zum MV-Beschluss vom 15.9.2021. Letzterer spezifiziert drei Themengebiete, in denen die Forschungsbereiche Schwerpunkte bei der Digitalen Transformation setzen mögen: die Zukunft des wissenschaftlichen Rechnens, das Software-Engineering in der Wissenschaft sowie die Nutzung von Digitalen Zwillingen. Der Forschungsbereich Information ergänzt in seinem Strategiepapier zwei weitere wesentliche Aspekte: erstens das Forschungsdatenmanagement als wichtigen Baustein für Open Science sowie für Datenräume nach den FAIR Data Prinzipien und zweitens die Joint Labs als neue digitale Brücken zwischen den Programmen des Forschungsbereichs sowie hin zu anderen Forschungsbereichen. Insgesamt schaffen diese Aktivitäten in ihrer Gesamtheit eine Grundlage und ein Gerüst für wissenschaftlich-technologische Fortschritte und für zukunftsorientierte Methoden in der Wissenschaft. Wie durch den MV-Beschluss nahegelegt, sollen die Aktivitäten des Forschungsbereichs Information aus den Einrichtungen heraus Synergien nutzen und damit Impulse für die Digitale Transformation der Helmholtz-Gemeinschaft ermöglichen.

A.2.2.1.3 Entwicklung im Rahmen der programmübergreifenden Aktivitäten

A.2.2.1.3.1 Quantentechnologien

Zur Förderung des Austauschs und der Zusammenarbeit zum Thema Quantentechnologien hat sich beauftragt durch den Präsidenten und koordiniert vom Forschungsbereich Information

die Helmholtz Quantum Plattform gegründet. Vertreter von 9 Zentren (HZDR, HZB, HIM, DESY, FZJ, KIT, GSI, UFZ, DLR) repräsentieren insgesamt 4 Forschungsbereiche und deren Forschungsinteressen. Ausgehend von der Plattform wurde das Update der Helmholtz Quantenstrategie „Researching the Second Quantum Revolution“ koordiniert und im Sommer veröffentlicht. Vorangegangen war ein intensiver wissenschaftlicher Workshop mit externen Gästen zu den 6 im Papier genannten Fokusfeldern Computing, Kommunikation, Sensorik, Materialien und Grundlagen, Simulation und numerische Methoden, sowie Infrastrukturen. Durch die Plattform wird ein effizienter Austausch zu Forschungspolitischen Themen auf nationaler und europäischer Ebene gewährleistet, sowie die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern unterschiedlicher Forschungsbereiche und Fachrichtungen von den Grundlagen bis zu den Anwendungen gefördert. Darüber hinaus ist die Plattform gut mit den anderen Forschungsorganisationen sowie den Hochschulen der Quantenallianz vernetzt und Mitglied im Quantencomputing-Netzwerk „EIN Quantum NRW“.

A.2.2.1.3.2 Innovationspoolprojekte

A.2.2.1.3.2.1 Joint Lab Exascale Earth System Modelling (ExaESM)

- Koordinierende Sprecher: Martin Schultz (FZJ), Achim Streit (KIT), Thomas Jung (FB Erde&Umwelt, AWI), Patrick Jöckel (FB Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr, DLR)
- Beteiligte Programme: im FB Information P1, im FB Erde&Umwelt und im FB Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr gibt es jeweils nur ein Programm.

Das JL Exascale ESM koordiniert die Entwicklung neuartiger technologischer Lösungen, um Erdsystemmodelle und deren Daten-Workflows exascale-fähig zu machen. Die Vision des JL Exascale ESM ist, dass eine gemeinsame Strategie über die Forschungsbereiche hinweg und auch über die Helmholtz-Gemeinschaft hinaus den „Anwendungsbereich“ ESM für das Supercomputing stärkt und die Anerkennung der Bedeutung technischer Aspekte in der Erdsystemwissenschaft verbessert. Es baut dabei auf das IVF Projekt Pilot Lab ExaESM auf. Aufgrund der unterschiedlichen Programmlaufzeiten und vielfältiger Abstimmungsprozesse innerhalb und zwischen den Forschungsbereichen ist das JL ExaESM noch in der Vorbereitungsphase. Ein Kickoff-Meeting ist für den 18.3.2022 geplant.

A.2.2.1.3.2.2 Joint Lab Integrated Model and Data Driven Material Characterization (MDMC)

- Koordinierender Sprecher: Rafal E. Dunin-Borkowski
- Beteiligte Programme: 1, 2, 3

Das Joint Lab MDMC verbindet die korrelative Charakterisierung von Materialien mit einer Daten- und Informationsplattform. Die Aktivitäten im Jahr 2021 wurden von vier Projektteams geleitet: 1. „Datenmanagement“ zu Metadatenschema und elektronischen Labornotizbüchern; 2. „Korrelative Charakterisierung“ zur multimodalen Analyse und Multiskalenmodellierung von abbaubaren metallischen Implantaten; 3. „Neue Instrumentierung“ zur gemeinsamen Entwicklung ultraschneller ereignisgesteuerter Detektoren für Untersuchungen magnetischer Schaltprozesse und strahlungsempfindlicher Materialien; 4. „Fortgeschrittene Bildanalyse“ zu Ar-

beitsabläufen für die multimodale Charakterisierung registrierter Datensätze unter Verwendung standardisierter Probenhalter. Die experimentellen Ergebnisse werden in Zusammenarbeit mit dem Joint Lab VMD ausgewertet.

A.2.2.1.3.2.3 Joint Lab Supercomputing and Modeling for the Human Brain (SMHB)

- Koordinierende Sprecherin: Katrin Amunts
- Co-Sprecher: Markus Diesmann, Thomas Lippert
- Beteiligte Programme: 1 und 2, Forschungsbereich Gesundheit

Das JL SMHB ist ein synergetischer Forschungsverbund an der Schnittstelle zwischen HPC, maschinellem Lernen, Simulation und Neurowissenschaften. 2021 konnte durch eine Innovationspool-Förderung die Zusammenarbeit zwischen P1 und P2 weiter gestärkt und darüber hinaus auf den Forschungsbereich Gesundheit ausgeweitet werden. Im Fokus steht dabei die Nachwuchsförderung durch interdisziplinäre und zum Teil Forschungsbereichs- bzw. Zentren-übergreifende Promotionsprojekte. Als besonderes Highlight wurde in Science dargelegt, warum Fortschritte in den Neurowissenschaften eng mit den Entwicklungen im Hochleistungsrechnen verbunden sind und zu Supercomputern mit Exascale-Rechenleistung hinführen.

Amunts, K. and Lippert, T. „Brain research challenges supercomputing.“ Science, vol. 374, no. 6571, 2021. DOI: [10.1126/science.abl8519](https://doi.org/10.1126/science.abl8519).

A.2.2.1.3.2.4 Joint Lab Virtual Materials Design (VMD)

- Koordinierender Sprecher: Wolfgang Wenzel
- Beteiligte Programme: 1, 2, 3

Neben der erfolgreichen Arbeit in zahlreichen wissenschaftlichen Projekten, wurden wichtige Arbeiten zum Aufbau der kollaborativen Arbeitsumgebung für Workflows in Erfüllung des quantitativen Ziels 3 durchgeführt. Am KIT/FZJ wurden jeweils Server für die Workflow-Umgebungen SimStack/JupyterLab etabliert. Das FZJ hat in der Workflow-Umgebung AiiDA Hochdurchsatz-Simulationen klassischer Spinsysteme mit automatisiert bestimmten Parametern aus der Quantenmechanik verknüpft. Das Hereon hat wesentliche Erweiterungen zur weit verbreiteten Open-Source-Simulations-Bibliothek deal.ii beigetragen, die nun weltweit in der Materialforschung genutzt werden können. Darüber hinaus wurde ein internationaler Workshop zum Thema des JL durchgeführt, der 2022 fortgeführt werden soll. Wichtige Ergebnisse werden in einem Special Issue „Virtual Materials Design“ sichtbar gemacht.

A.2.2.1.3.2.5 Roadmapping & Öffentlichkeitsarbeit

- Koordinierender Sprecher: Thomas Klassen
- Beteiligte Programme: 1, 2, 3

Dieses Pilotprojekt befasst sich mit der Gestaltung eines maßgeschneiderten Roadmapping-Prozesses. Zudem sollen zielgruppengerechte Strategien zur Erhöhung der Sichtbarkeit des Forschungsbereichs entwickelt werden. Die Aktivitäten im Jahr 2021 umfassen die methodische Konzeption des Roadmapping-Prozesses auf Basis von Best-Practice-Ansätzen sowie die Initiierung eines Piloten zum Technologiefeld „Quantum Technology and Photonics“. Im

Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit wurde zum Start der PoF IV eine virtuelle Kick-Off Veranstaltung mit rund 800 Teilnehmern durchgeführt. Zudem wurde ein Blog mit den Namen „Informationskompass“ (<https://blogs.helmholtz.de/research-field-information/>) konzipiert, der Highlights der Arbeiten der am FB Information beteiligten Arbeitsgruppen und Institute präsentiert.

A.2.2.1.3.2.6 Solid State Quantum Computing

- Koordinierender Sprecher: Hendrik Bluhm
- Beteiligte Programme: 1, 2

Das Projekt hat sowohl inhaltlich als auch strukturell eine Brücke zwischen der Ende 2020 ausgelaufenen Förderung aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds und der insbesondere ab 2022 stark angestiegenen BMBF-Projektförderung geschlagen. Die angestrebte Integration neuer Akteure wurde in mehreren Arbeitspaketen erfolgreich umgesetzt. So ist ein Großteil der Projektbeteiligten am vom FZJ koordinieren BMBF-Demonstratorprojekt QSolid beteiligt. Zu den inhaltlichen Erfolgen zählen eine Patentanmeldung für ein Bauelement zur thermisch optimierten Integration von Qubits und Kryoelektronik, neue kryoelektronische Schaltungen, Quantenkontrollansätze für die skalierbare Kopplung von Qubits sowie die Weiterentwicklung von Quanten-Optimierungsalgorithmen.

A.2.2.1.4 Strategische Themen

A.2.2.1.4.1 Talentmanagement

Die Wissenschaftler:innen des Forschungsbereichs engagieren sich regelmäßig und in erheblichem Umfang in der Lehre der Hochschulpartner und tragen so zur Qualifizierung des wissenschaftlichen Nachwuchses bei. Darüber hinaus prägen gezielte Maßnahmen zur Rekrutierung und Entwicklung junger Talente die Nachwuchsarbeit.

In P1 führt das FZJ über das JSC in Kooperation mit der Fachhochschule Aachen den ausbildungsintegrierenden Bachelor-Studiengang Angewandte Mathematik und Informatik und den gleichnamigen, darauf aufbauenden Master-Studiengang durch. Außerdem beteiligte sich das JSC am PRACE-Programm ‘Summer of HPC’, das für **Studierende** im Sommer Praktikumsplätze an europäischen HPC-Zentren zur Verfügung stellt.

Im Rahmen des Joint Lab SMHB wurden mehrere interdisziplinäre Projekte für **Promovierende** über Instituts- und Programmengrenzen hinweg initiiert. Auf dieser Basis wird die Nachwuchsförderung an der Schnittstelle von Neurowissenschaften und Computing gestärkt und darüber hinaus eine Brücke zum Forschungsbereich Gesundheit etabliert.

In P2 werden am FZJ die Graduiertenschulen Helmholtz School for Data Science in Life, Earth and Energy (HDS-LEE), Research School Future Information Technologies, Graduate School for Simulation and Data Science (SSD) „Renormalized equations of motion for neuronal networks“, RTG 2416 „MultiSenses-MultiScales“, und DFG IRTG 2150 erfolgreich betrieben. Darüber hinaus kooperieren die Graduiertenschulen Helmholtz-Kolleg BioSoft und BioInterfaces International Graduate School seit Beginn der neuen Förderperiode bei den Kursangeboten für die Promovierenden, insbesondere bei den online-Formaten. Durch den größeren Kreis an

potenziellen Teilnehmenden wie auch Dozent:innen wird ein breiteres Themenspektrum abgedeckt

Die Biointerfaces International Graduate School (BIF-IGS) am KIT im Laufe des Jahres 2021 zu einer topic- und programmübergreifenden Struktur ausgebaut und betreut knapp 60 Promovierende. Der Frauenanteil beträgt aktuell 42 % und der Ausländeranteil 49 %. Das JSC ist Partner im EU-Promotionsprogramm „Simulation in Multiscale Physical and Biological Systems“ (STIMULATE) und fördert in diesem Rahmen Promovierende durch Ausbildung im Supercomputing, maßgeschneiderte F&E-Projekte und Forschungsaufenthalte bei Partnerinstitutionen.

Am KIT wird durch das interne Förderprogramm Young Investigator Group Preparation Program (YIG Prep Pro) aussichtsreicher **wissenschaftlicher Nachwuchs** nach einem Auswahlverfahren zwei bis drei Jahre mit eigener Stelle und Ausstattung unterstützt, um eigene Forschungsprojekte zu realisieren und eine eigene Nachwuchsgruppe einzuwerben. Aktuell werden im Programm MSE sechs Forschende gefördert, davon vier Frauen.

Weiterhin wurde in P2 wurde am KIT eine neue gemeinsame Professur (Fiebig-Professur) eingerichtet, die darauf abzielt, ein kohärentes Forschungsprogramm zum Quanten Computing zwischen der Universität Straßburg und dem KIT zu entwickeln. Darauf wurde Frau Prof. Anja Metelmann berufen. Die Deutsche Bunsengesellschaft für physikalische Chemie hat Priv.-Doz. Dr. Lars Heinke, KIT, den Nernst-Haber-Bodenstein-Preis verliehen, der als wichtigster Preis für den physikalisch-chemischen Nachwuchs in Deutschland gilt.

A.2.2.1.4.2 Vernetzung

Wissenschaftler:innen des FB Information waren auch im Jahr 2021 in einer Vielzahl von Projekten zur Förderung der **internationalen Vernetzung** aktiv. Im Rahmen des vom BMBF geförderten Kooperationsnetzwerks Menzypol-NET von Hereon gemeinsam mit Partnern in Kolumbien Projekte zur Bestimmung des Abbauverhaltens von Kunststoffen in der besonders diversen Biosphäre der Tropen initiiert.

In **P1** wurden im Rahmen vom Joint Laboratory for Extreme-Scale Computing JLESC 2021 zwei Workshops online durchgeführt, u.a. unter Verwendung der Plattform gather.town. Insgesamt haben 39 Forschende des FZJ an diesen Events teilgenommen, um über aktuelle Themen im Bereich Supercomputing und Machine Learning zu diskutieren und neue Partner für gemeinsame Projekte kennenzulernen. Zwei dieser Projekte mit Partnern aus RIKEN RCCES (Japan) und Barcelona Supercomputing Center (Spanien) wurden 2021 von Mitarbeitenden des Programms geleitet.

Ebenfalls wurde die **europäische Vernetzung** weiter intensiviert: Wissenschaftler:innen am FZJ haben die Gründung eines European Quantum Industry Consortiums (QUIC) für die Vernetzung der Europäischen Industrie maßgeblich mit vorangetrieben (euroquic.org), wofür unter anderem Tommaso Calarco mit dem „Business Excellence Prize in Quantum Technologies“ ausgezeichnet wurde.

Zur Erstellung des Digitalen zellulären Zwillings sind u. a. umfassende Proteomdaten notwendig. Dazu wurde eine Kooperation von Hereon mit dem „Department of Industrial Systems Engineering and Design“, Universität Jaume, zum Thema „Generation and evaluation of large-scale proteomics data simulating first steps of biomaterial-blood interaction“ begonnen.

Das KIT wurde als eines von acht Zentren in die Förderung des **„Nationalen Hochleistungsrechnens“** (NHR) aufgenommen. Die zehnjährige Förderung sichert die Beschaffung der

nächsten beiden Tier-2-Rechner. Es bestehen vielfältige Synergien zu den Programmaktivitäten: So nehmen die SDLs mit zusätzlichen Ressourcen Aufgaben in der Nutzungsunterstützung wahr, die bis zu gemeinsamen R&D-Projekten reichen. Gleiches gilt für das im Rahmen der PoF-IV neu geschaffene ATML „Performance Engineering“, dessen Aufgaben um nachhaltige Softwareentwicklung erweitert wurden (ATML „Software Sustainability & Performance Engineering“).

Das Management von Forschungsdaten ist ein zentraler Baustein im FB Information. In vier laufenden **NFDI**-Konsortien sind MSE-Forschende eingebunden und teilweise in führender Position aktiv, dazu in weiteren drei beantragten Konsortien. In MSE wird intensiv auf dem Gebiet der Elektronischen Laborbücher zusammengearbeitet und dabei Schnittstellen zu anderen Forschungsbereichen definiert. Um der Vielzahl an Forschungsfeldern Rechnung zu tragen, entscheidet jedes Zentrum bzw. Institut, welches ELN am besten geeignet ist. Ergänzend gibt es Initiativen, um Schnittstellen für diese ELN zu schaffen, so dass ein Proben- und damit Datenaustausch problemlos möglich sein wird. Das bei Hereon entwickelte ELN herbie bildet auch einen wichtigen Baustein für das INF-Projekt des geplanten SFB AIMat. Darüber hinaus wurde unter Führung der Charité Berlin durch die maßgebliche Beteiligung mehrerer Jülicher Institute das Konsortium „NFDI Neuro“ weiter ausgebaut und ein Vollertrag zur Förderung des Konsortiums im Rahmen des Aufbaus einer nationalen Forschungsdateninfrastruktur bei der DFG eingereicht.

Auch **HGF-interne Vernetzung** wurde im Berichtszeitraum weiter gefördert. Zusammen mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) wurde ein neues Forschungsprogramm zum Thema „Zerebrale Sauerstoffregulation“ gestartet. Mittels PET- und MRT-Studien sollen neuronale Regulationsprozesse in Anpassung an einen veränderten Sauerstoffpartialdruck erforscht werden.

In P1 arbeitet Topic 3, Subtopic 2 eng mit dem Programm „Energy System Design“ (ESD) zusammen. In Kooperation mit dem Energy Lab 2.0, einer Helmholtz-Forschungsinfrastruktur für zukünftige Energiesysteme, untersucht Topic 3 die Sicherheit kritischer IT/ICT-Komponenten. In 2021 wurde mit dem Aufbau eines von Topic 3 betriebenen Energy Security Labs begonnen, in dem Protokolle und Komponenten eines beispielhaften Smart Grids analysiert werden.

A.2.2.1.4.3 *Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft*

Die Kooperation von Wissenschaftler:innen aus P1 mit Technologiepartnern wurde auch in 2021 weiter vorangetrieben. Das seit dem Jahr 2012 existierende ‘NVIDIA Application Lab’ unterstützte einen effektiven Start des JUWELS Boosters durch kollaborative Optimierung von Anwendungen. Viele Zusammenarbeiten mit Hardware- und Software-Herstellern mit Fokus auf Technologien für zukünftige Rechnerinfrastrukturen wurden auf den Weg gebracht oder erweitert. Neben der weitergehenden Zusammenarbeit mit Arm in Bezug auf die Arm-CPU-Architektur, wurden Gespräche mit neuen GPU-Herstellern (Intel, AMD) und Herstellern von Machine-Learning-Beschleunigern (Graphcore, SambaNova) aufgenommen. Zum Teil mündete diese Zusammenarbeit in Beschaffung von Hardware. Immer wird die jeweilige Plattform anwendungsnah evaluiert, um den HPC-Nutzenden passende Architekturen anzubieten. In den EuroHPC JU-Projekten EUPILLOT und EUPEX werden ein RISC-V- bzw. ein Arm-System (Rhea) entwickelt. In EUPEX passt das JSC Performance Analysis Tools an die Rhea-Architektur an und testet sie mit Anwendungen aus dem Bereich Maschinelles Lernen, während bei EUPILLOT das JSC numerische Bibliotheken und seine Expertise bei der Zusammenarbeit mit Nutzenden einbringt. In dem EuroHPC JU-Projekt RED-SEA bringt das JSC Benchmarking-

und Monitoring-Expertise in der Entwicklung der nächsten Generation des BXI-Netzwerks ein. Im Bereich Quantencomputing forscht das JSC im EuroHPC JU-Projekt HPCQS an der Integration eines Quantencomputers in die MSA. Die Zusammenarbeit mit FPGA-System-Hersteller Maxeler wurde in einem neuen EuroHPC-Projekt OPTIMA fortgeführt, in das gemeinsam der JUMAX-Prototyp eingebracht wird.

P2: Für die Therapie der Alzheimer-Demenz wurde ein anti-prionischer Wirkmechanismus erdacht, entwickelt und realisiert, der darauf basiert, bereits bestehende toxische A β -Aggregate (A β -Oligomere) direkt in harmlose und sogar funktionelle Monomer-Bausteine zu zerlegen. Die Rechte an dem entsprechenden Wirkstoffkandidaten PRI-002 (alias „RD2“ in Publikationen) wurden für die weitere klinische Entwicklung in die Ausgründung Priavoid verkauft. Für die anstehende Proof-of-Concept-Studie (Phase IIa in Patienten) wurden Mittel von SPRIN-D eingeworben. Um den anti-prionischen Wirkmechanismus auf andere Zielproteine zu übertragen, hat Priavoid privates Investment in Form von Kapitalerhöhungen erhalten. Damit sollen Wirkstoffe u.a. für Parkinson, ALS, FTD und Huntington entwickelt werden. Die für die Überwachung der Wirksamkeit („Target-Engagement“) erforderliche sFIDA-Technologie wurde an die beiden Ausgründungen Priavoid und attyloid lizenziert. attyloid nutzt die sFIDA-Technologie nicht nur zur Quantifizierung von Protein-Aggregaten in Körperflüssigkeiten, sondern auch zur Qualitätskontrolle der Produktion von biopharmazeutischen Wirkstoffen und zur Quantifizierung von Viruspartikeln und virusähnlichen Partikeln und hat dazu alle erforderlichen Lizenzen erworben.

P3: Der PCR-Test stellt die derzeit verlässlichste Methode dar, eine Infektion mit SARS-CoV-2 nachzuweisen. Für diese Aufreinigung der im Abstrich enthaltenen Erbsubstanz verwenden die wirksamsten Verfahren speziell beschichtete Magnetpartikel. Diese Methode wird effizienter durch ein am KIT entwickeltes Verfahren, in dem die Manipulation der Partikel mit Metallnadeln erfolgt, deren magnetische Anziehungskraft sich von außen an- und ausschalten lässt. Damit lassen sich die Partikel für den nächsten Aufreinigungsschritt in ein neues Gefäß transportieren, um dort durch rasche Rotation die DNA-Bruchstücke wieder zu verteilen. Der Prozess läuft schnell und vollautomatisch mit 96 Nadeln gleichzeitig ab, so dass mit einem Gerät innerhalb von 24 h mehr als 4.000 Proben aufbereitet werden können. Auf diesem am KIT entwickelten Prinzip basieren die weltweit genutzten Geräte der PerkinElmer chemagen Technologie GmbH zur Isolierung von Nukleinsäuren, deren Marktanteil an Probenaufbereitungen für PCR-Corona-Tests in Deutschland bei rund 25 % liegt, in anderen europäischen Ländern teilweise deutlich darüber. Dieser Erfolg schlägt sich in über 3 Mio. Euro Lizeinahmen des KIT allein in 2021 wieder.

Zahlreiche Wissenschaftler:innen des Forschungsbereichs bringen ihr Wissen in Beratungs- und Entscheidungsgremien ein, darunter der Ausschuss für Wissenschaftliche Bibliotheken und Informationssysteme (AWBI), der Ausschuss zur ethischen Begutachtung von Anträgen für ERC Starting Grants, Gremien der DFG sowie der Helmholtz-Pandemie-Expertenkreis. Zusätzlich erfolgt **Wissenstransfer für Entscheider** durch institutionalisierte, projektförmige und Ad-hoc-Politikberatung, durch Mitwirkung von Programmangehörigen in Beratungsgremien sowie zielgruppenspezifische Informationsangebote.

Die Bereitstellung von **Wissen für Betroffene**, dialogorientierte Formen der Wissenschaftskommunikation, die Übernahme von sich im außerwissenschaftlichen Diskurs entwickelnden Forschungsthemen in den Forschungsprozess sowie der Entwurf und die Erprobung von neuen Forschungsformaten (wie Reallabore und Citizen-Science-Ansätze) sind wichtige Elemente in EDF und konstitutiv für die Forschung in Topic 4. Trotz pandemiebedingt eingeschränkter Möglichkeiten konnten im Jahr 2021 durch das Programm mehr als 20 partizipative

Forschungsformate und Dialogangebote realisiert werden, von denen im Folgenden zwei beispielhaft detaillierter dargestellt werden. Prof. Anne Ulrich wurde in den wissenschaftlichen Beirat der Stiftung „TLA Foundation“ (Therapeutic Local Anesthetics) berufen, die u.a. der Wissensvermittlung in die Gesellschaft dient (Patienten, Ärzte, Medizinstudenten).

A.2.2.1.4.4 Drittmitleinwerbung

Das **EU**-finanzierte Projekt EPISTORE wird Stacks im Taschenformat im Kilowattbereich entwickeln, die auf reversiblen Dünnschicht-Festoxidzellen basieren, um erneuerbare Elektrizität effizient für Anwendungen zu speichern, bei denen der Einsatz von Batterien unzureichend ist. Das Fördervolumen beträgt ca. 4,6 Mio Euro, der KIT-Anteil sind rund 450 TEuro. Im Rahmen von EuroHPC JU konnte eine Vielzahl von Projekten eingeworben werden (SCALABLE; eFlows4HPC; OPTIMA; TIME-X; RED-SEA; DEEP-SEA*; IO-SEA*; MAELSTROM; ADMIRE; HPCQS*; EUPILOT; EUPEX; MICROCARD).

Im Bereich der **DFG**-Förderung sind zahlreiche Beteiligungen an der nationalen Forschungsdateninfrastruktur zu nennen, z.B. an NFDI-MatWerk, Punch4NFDI* und TEXT+. Ein neues DFG-Projekt mit IFUM, Leibniz Universität Hannover zum Thema Festigkeitssteigerung bei Bauteilen aus Magnesiumknetlegierungen durch Ausscheidungshärtung (FestiMag) wurde gestartet. Die Projektlaufzeit beträgt zwei Jahre, die Fördersumme für Hereon ca. 200 TEuro. Innerhalb des DFG SPP 2262 „Memristive Devices Towards Smart Technical Systems“ (Mem-risTec) konnten 5 Projekte eingeworben werden. Dort werden memristive Bauelemente für den Einsatz in neuartigen energie-effizienten Rechnerstrukturen oder für intelligente Sensoranwendungen für das zukünftige Internet der Dinge entwickelt. Das DFG-Projekt „Olfaktorisch-hormonelle Signale für humanes Verhalten: Kann man Ovulation und Schwangerschaft riechen?“ sowie ein weiteres Drittmittelprojekt konnten in JARA (Jülich Aachen Research Alliance) erfolgreich eingeworben werden. Damit wurde die strategische Zusammenarbeit mit der RWTH Aachen weiter gestärkt.

Wissenschaftler:innen des P2 koordinieren das größte **BMBF** Verbundprojekt zur Entwicklung von Quantencomputerdemonstratoren „QSolid“. Daneben wurden eine Vielzahl weitere BMBF Projekte im Bereich der Quantentechnologien eingeworben (u.a. GCC, CryoEn2, TLE4HSQ, Q(AI)2, QLSI, DAQC, Q-NL, MajoranaChips und FermiQP). Das neue Verbundvorhaben „sensIC“ zielt darauf, gedruckte Elektronik und Siliziumkomponenten direkt in Produkte zu integrieren, um Sensoren abzusichern. Am KIT werden dafür eine zentrale Komponente, die gedruckten Sicherheitsschaltungen mit speziellen hardwarebasierten Funktionen, sogenannte Physical Unclonable Functions (PUFs), entwickelt. Das BMBF fördert sensIC mit insgesamt 2,9 Mio. Euro. Die Industriepartner investieren weitere 1,35 Mio. Euro. Als Koordinator fungiert Benecke-Kaliko, ein Tochterunternehmen von Continental. Neben dem KIT sind als weitere Partner Cyient, Poly-secure, das Leibniz-Institut für Neue Materialien, die Hochschule Offenburg, ContiTech MGW und als assoziierter Partner Elmos Semiconductor an dem Projekt beteiligt.

Wissenschaftler:innen aus P2 konnten zusammen mit dem DZNE ein **Helmholtz** AI Call in Höhe von 400 TEuro für das Projekt DeGen (Deep Generative Models for Causal Prognosis using Neuroimaging Data) einwerben. Ziel ist die Verbesserung der individuellen Früherkennung neurodegenerativer Erkrankungen, wie Alzheimer, mit Hilfe von KI (2021-2023). Im Rahmen der Helmholtz Kampagne „COVIPA“ wurde das Projekt „Viral and host determinants of

SARS-CoV-2 replication: Common pathways as targets for broad-spectrum antiviral therapy“ erfolgreich eingeworben (2021-2026).

A.2.2.1.4.5 Forschungsinfrastrukturen

Teile der FIS sind in nationale und internationale Netzwerke eingebunden. So gehören die Tier-0/1-**Supercomputersysteme** in Jülich national zum GCS und europäisch zu PRACE. Das Tier-2-System am KIT gehört zum Verbund Nationales Hochleistungsrechnen (NHR) und ein Teil der Clustersysteme (GridKA) bildet das deutsche Tier-1-Zentrum des weltweiten CERN LHC Computing Grids. Weiterhin hat das JSC bei EuroHPC JU beantragt, den ersten europäischen Exascale-Rechner in Jülich zu betreiben und ihn auf die europäische ESFRI-Roadmap zu bringen. Zur Vorbereitung des letzten Punktes wurde im Jahr 2021 ein Vorantrag bei Helmholtz im Rahmen der FIS-Roadmap-Initiative eingereicht und positiv beschieden.

Supercomputer sind per se eine digitale Infrastruktur. Das in Wirtschaft und Wissenschaft zunehmende Bewusstsein über die Chancen der digitalen Transformation ermöglicht es, neue Nutzungsgruppen für HPC zu erschließen. Dies wird durch die Schaffung niederschwelliger Angebote, wie z.B. Cloud-Diensten im Rahmen von Fenix, oder durch das unten genannte "Industry Relations"-Team aktiv verfolgt. Der ebenfalls zunehmenden Bedrohung durch Cyberkriminalität wird neben dem selbstverständlichen Einsatz und der Weiterentwicklung von Schutzmaßnahmen auf dem Stand der Technik auch durch Austausch und Vernetzung mit anderen HPC-Zentren Rechnung getragen, um gemeinsame Sicherheits-Policies zu entwickeln und umzusetzen.

Auf europäischer Ebene ist die **KNMFi** seit März 2021 eine Partnerin der europäischen Pilotforschungsinfrastruktur NFFA Europe (www.nffa.eu), ein europaweites Konsortium aus 22 internationalen Partnern mit einem Kern aus 13 gemeinsam betriebenen Nanofoundries und Großforschungsinfrastrukturen, das es den Forschenden ermöglicht, sich komplexen nanowissenschaftlichen Herausforderungen zu stellen, die von einer einzelnen Forschungsinfrastruktur allein nicht bewältigt werden können. KNMFi ist außerdem aktiv in den Plattformen NFDI4Chem sowie NFDI4Ing.

Innerhalb der HGF sind die KNMFi und das ER-C wesentliche Partner im JL MDMC. Zusammen mit weiteren Helmholtz-Forschungsinfrastrukturen bei Hereon soll eine Helmholtz-weite korrelative experimentelle Methodenplattform etabliert werden, die auf den in den Forschungsinfrastrukturen des FB Information verfügbaren Charakterisierungstechniken basiert. Die Strategie der KNMFi wurde im Hinblick auf die im FB Information zu lösenden Herausforderungen weiterentwickelt. Die Digitalisierung und Korrelation von Mikro- und Nanostrukturierungs- und Charakterisierungstechnologien soll vorangetrieben und in den KNMFi-Laboren nach dem FAIR-Prinzip durch die Entwicklung von Methoden für die systematische Generierung und Analyse von Daten sowie von Wiederverwendungsszenarien für die gewonnenen Forschungsdaten und Auswertungen unterstützt werden. Dieser Ansatz wird die Entwicklung korrelativer Charakterisierungsmethoden unterstützen und dabei die Verarbeitung massiver Datasets ermöglichen. Der Übergang von LK II zu LK I erhöht einerseits die Verfügbarkeit der KNMFi-Technologien für Nutzer und Nutzerinnen aus dem FB Information; KNMFi bleibt aber gleichzeitig offen für externe Nutzer und Nutzerinnen, die auch aus der Industrie kommen können.

A.2.2.1.5 Quantitative Indikatoren

	Einheit	2017	2018	2019	2020	2021	Veränderung 2021 zu 2020 absolut	Veränderung 2021 zu 2020 prozentual
WoS-, SCOPUS oder Open Research Europe indexierte Publikationen	Anzahl	2.048	2.114	2.126	2.106	2.409	303	14%
... davon Open-Access-Publikationen	Anzahl	1.083	1.276	1.389	1.442		-	-
Andere referierte Publikationen	Anzahl	139	149	107	148	170	22	15%
Drittmittelträge	TEUR	58.099	74.934	73.316	106.536	93.899	-12.637	-12%
Abgeschlossene betreute Promotionen	Anzahl	196	191	164	163	174	11	7%
Postdocs	Anzahl	402	400	418	393	412	19	5%
Nachwuchsgruppen	Anzahl	25	26	21	19	18	-1	-5%
Ausgewählte koordinierte, nationale und intern. Förderprogramme	Anzahl	105	122	125	140	146	6	4%
Kooperationen mit der Wissenschaft	Anzahl	430	424	436	426	312	-114	-27%
Kooperationen mit der Wirtschaft	Anzahl	163	191	198	204	220	16	8%
Prioritätsbegründende Patentanmeldungen	Anzahl	33	37	34	37	28	-9	-24%
Kapazität der grundfinanzierten Wissenschaftler	PJ	833	862	902	920	1.019	99	11%
Kapazität der drittmittel-finanzierten Wissenschaftler	PJ	362	386	401	450	436	-14	-3%
Summe Wissenschaftler	PJ	1.195	1.249	1.303	1.370	1.455	85	6%

Kommentierung:

Publikationen:

Die Anzahl der Publikationen ist im Vergleich zum Vorjahr gestiegen. Dies ist insbesondere auf die positive Entwicklung in den Programmen EDF und NACIP zurückzuführen. Da das neue Programm EDF mehr wissenschaftliche Themen und Wissenschaftler:innen umfasst, sind auch die Publikationen im Programm um 50% auf 368 gestiegen. Im Programm NACIP konnte der pandemiebedingte Rückgang in 2020 überwunden und die Publikationsleistung im Berichtsjahr 2021, trotz andauernder Pandemie, deutlich um 27% auf erstmals über 1.000 gesteigert werden. Im Programm MSE sind die WoS-, SCOPUS oder Open Research Europe indexierte Publikationen über den Darstellungszeitraum gleichbleibend konstant hoch und liegen bei 1.079 Publikationen. Weiterhin erfreulich ist der über die Jahre steigende Anteil an Open-Access-Publikationen von 44% in 2017 auf 63% in 2020.

Drittmittelträge:

Die Drittmittelträge sind im Vergleich zum Vorjahr um 12% auf rund 94 Mio. Euro gesunken. Dies ist insbesondere auf den Rückgang der Drittmittel im Programm EDF um 37 Mio. Euro auf 24 Mio. Euro zurückzuführen. Im Programm schwanken die Drittmittelträge sehr stark, je nachdem, wann in Jülich neue Supercomputing-Hardware über Drittmittelprojekte (GCS, EuroHPC JU) beschafft wird. Dagegen konnten die Drittmittelträge im Programm NACIP im

Berichtsjahr um 47% auf rund 39 Mio. Euro gesteigert werden. Der deutliche Anstieg der Drittmittelträge ist zum Teil in einer größeren Anzahl an neueingeworbenen Projekten als abgeschlossener Projekte begründet, überwiegend jedoch durch zum Teil deutlich höheren Förderungssummen einzelner Projekte bedingt. Auch die Drittmittelträge im Programm MSE sind im Berichtsjahr 2021 um 63% auf 32 Mio. Euro auf einen Höchstwert der letzten fünf Jahre, der sich u. a. auf gestiegene Lizenzeinnahmen am KIT zurückführen lässt, gestiegen.

Abgeschlossene Promotionen:

Die Anzahl der abgeschlossenen Promotionen ist im Vergleich zum Vorjahr um 7% auf 174 gestiegen. Alle drei Programme weisen im Berichtsjahr eine positive Entwicklung auf.

Grundfinanzierte Wissenschaftler:innen:

Die Anzahl der grundfinanzierten Wissenschaftler:innen ist im Vergleich zum Vorjahr um 14% auf 1.019 Personen gestiegen. Während die Anzahl bei den Programmen NACIP und MSE nur leicht gesunken ist, konnte das Programm EDF einen Anstieg von 138% auf 254 Wissenschaftler:innen verzeichnen.

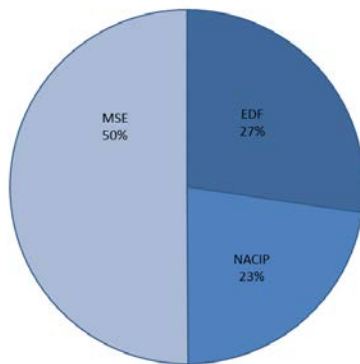
Drittmittel-finanzierte Wissenschaftler:innen:

Die Anzahl der drittmittel-finanzierten Wissenschaftler:innen ist im Vergleich zum Vorjahr mit einer Anzahl von 436 Personen stabil. Der Entwicklung der Anzahl drittmittel-finanzierten Wissenschaftler:innen

A.2.2.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich Information

Der ehemalige Forschungsbereich Schlüsseltechnologien wurde zu Beginn der PoF IV in Information umbenannt und erfuhr eine strategische Umstrukturierung. Der FB ist nun in drei Programme mit 14 Topics unter Beteiligung der Zentren FZJ, KIT, Hereon und HZB eingeteilt. 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. 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.

Programmanteile des KIT im FB Information



Anteile des KIT am FB Information

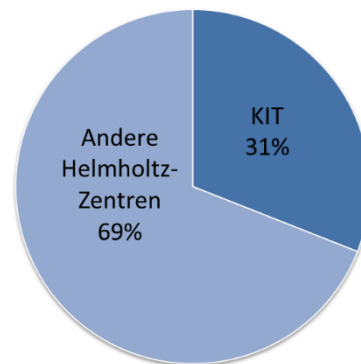


Abbildung 3: Programmanteile des KIT im Forschungsbereich Information

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 (siehe Kapitel 2.2.7.3).

Die Helmholtz-Materialforschungsstrategie konnte 2021 verabschiedet werden. Der Forschungsbereich Information ist ein zentraler Pfeiler, um methoden- und technologieorientierte Grundlagen für die digitale Transformation von Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft zu schaffen. Das KIT ist mittels der Aktivitäten zur beschleunigten Materialforschung essenziell daran beteiligt.

Im ehemaligen Forschungsbereich Schlüsseltechnologien wurde ab 2017 unter Koordination des KIT mit der Realisierung der Forschungsdateninfrastruktur „Helmholtz Data Federation“ (HDF) begonnen (siehe auch Kapitel A.2.2.6.1). Die Föderation wird in sechs Zentren betrieben und steht für wissenschaftliche Nutzungsfälle in fünf der sechs Forschungsbereichen (nicht Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr) zur Verfügung. HDF-Speicher- und Rechenhardware kommt u.a. in großen Forschungsinitiativen wie z.B. MOSAiC (bei AWI), LHC (bei DESY, GSI, KIT), XFEL (bei DESY), HIFIS (bei DESY, FZJ, KIT) oder NFDI (bei DESY, FZJ, KIT) zum Einsatz. Darüber hinaus besteht eine enge Verbindung mit den Supercomputern in Jülich und Karlsruhe im Rahmen von PRACE (bei FZJ) sowie NHR (bei KIT).

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) und „Helmholtz Metadata Collaboration“ (HMC) gab es jeweils die erste Ausschreibung zum jährlichen Call zur Förderung disruptiver und kollaborativer Projekte (high-risk-high-gain). Helmholtzweit wurden im Herbst 2020 für HIP 25 und HMC 26 Projekte eingereicht, davon sieben bzw. fünf mit Beteiligung des KIT. Die Begutachtung fand durch ein ex-

ternes Gutachterpanel statt. In dieser ersten Ausschreibungsrunde konnten sich von insgesamt elf (HIP) und neun (HMC) geförderten Projekten drei Anträge bzw. ein Antrag mit Beteiligung des KIT durchsetzen. Damit erhält das KIT für seine Beteiligung an den beiden Ausschreibungen insgesamt eine Fördersumme i.H.v. ca. 370 TEuro aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds. Der FB Information hat hierbei eine besondere Relevanz.

Das multidisziplinäre „Karlsruhe Center of Optics und Photonics“ (KCOP) am KIT wird eine international herausragende Forschungsplattform auf dem Gebiet der Optik und Photonik bilden. Das KCOP hat ein Gesamtvolumen von 49,88 Mio. Euro und wird am KIT als strategische Ausbauinvestition (> 15 Mio. Euro) ab 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.

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 des Topics 3 „Engineering Secure Systems“ und des Topics 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 im Materialdesign, -entwicklung und -verarbeitung. Das KIT ist an allen fünf Topics beteiligt, an vieren 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 Bioinstructive 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 Nutzendeneinrichtung 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 Evaluierung des Programms wurde bestätigt, dass die Programmplanung zielführend auf die Erreichung der forschungspolitischen Ziele ausgerichtet ist – auch unter Berücksichtigung der einschlägigen Senatsempfehlungen.

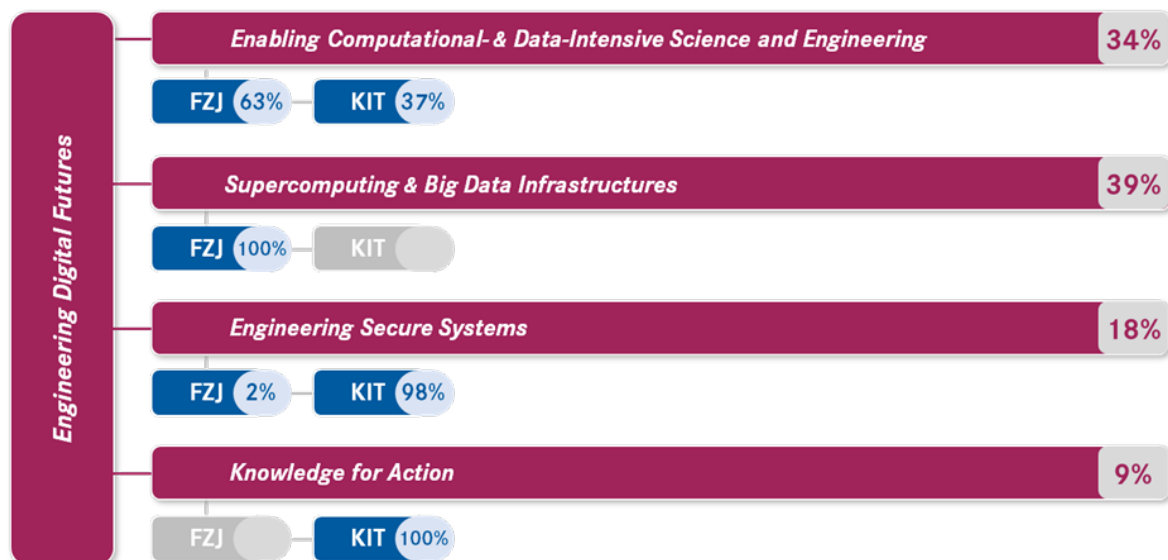
A.2.2.3.1 Das Programm im Überblick

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 vollkom-

men 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 das Vertrauen 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 für die Absicherung und Abwehr von Gefahren für unsere Infrastruktur. Vor diesem Hintergrund ist eine wissenschaftliche und technologische Führungsrolle in den Bereichen Big Data, IT-Sicherheit, Künstliche Intelligenz und Supercomputing anzustreben. Ziel des Programms ist es, die technischen Voraussetzungen für den Zugang zu und die Unterstützung bei der Nutzung kommender modularer Exascale-Rechner und europaweit förderierter Dateninfrastrukturen 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 dafür, 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



Das Programm Engineering Digital Futures gliedert sich in:

Topic 1: Enabling Computational- & Data-Intensive Science and Engineering
 (Sprecherin des Topic-Boards: Prof Dr. Kristel Michielsen)

Das Hauptziel des Topics 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)

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 eingebunden werden. Sie werden so die Vision eines hybriden Supercomputers verwirklichen.

Topic 3: Engineering Secure Systems
(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. Jörn Müller-Quade)

Das Topic 3 befasst sich mit der ingenieurmäßigen Entwicklung sicherer Systeme für kritische Infrastrukturen. Um dieses Ziel zu erreichen, betreibt das Topic 3 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.

Topic 4: Knowledge for Action
(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. Armin Grunwald)

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 wird 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.

Neue strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Seit dem 1. Januar 2021 (Anfang der PoF IV) gehört das Institut für Plasmaphysik (IPP) der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) nicht mehr als assoziiertes Mitglied an. Das IPP, das vollständig von der Max-Planck-Gesellschaft finanziert wird, bearbeitet jedoch weiterhin seine im Programm EDF festgelegten Anteile, ist aber gegenüber der HGF nicht mehr berichtspflichtig. Infolge dieser Änderung wird das IPP der HGF hier keinen Bericht über seine Aktivitäten in den Forschungsgruppen „Multiscale Simulations in Plasma Physics“ und „HPC Simulations in Plasma Physics“ in Topic 1, Subtopic 1 abgeben.

A.2.2.3.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms

Highlight Topic 1: Partikelschwarmoptimierungen für biomolekulare Simulationen

Leben funktioniert auf der molekularen Skala durch ein komplexes Zusammenspiel von Biomolekülen, für welches die Struktur der beteiligten Biomoleküle eine zentrale Rolle spielt. Zum Verständnis dieser Rolle sind experimentelle Methoden in Verbindung mit großskaligen, molekularen Simulationen erforderlich, wobei eine essenzielle Herausforderung darin besteht, die experimentelle Information gegen das zugrundeliegende physikalische Simulationsmodell zu gewichten. In Zusammenarbeit von Forschenden aus dem Programm EDF und Helmholtz AI am FZJ-JSC und KIT-SCC sowie DKFZ und der Universität Duisburg/Essen wurde eine selbstanpassende Variante der dynamischen Partikelschwarmoptimierung entwickelt, um dieses Gewichtungsproblem zu lösen. Jeder Einzelparameter wird zur Laufzeit gelernt, was eine sich dynamisch entwickelnde und iterativ verfeinerte Suchraumtopologie ergibt. Die Anwendbarkeit beschränkt sich nicht nur auf biomolekulare Simulationen, auch Anwendungen bei z.B. Materialsimulationen sind denkbar.

M. Weiel, M. Götz, A. Klein, D. Coquelin, R. Floca, A. Schug, Dynamic particle swarm optimization of bio-molecular simulation parameters with flexible objective functions. Nat Mach Intell 3, 727–734, DOI: [10.1038/s42256-021-00366-3](https://doi.org/10.1038/s42256-021-00366-3)

Highlight Topic 3: Hirnwellen-basierte Nutzerauthentifizierung

Ein Problem, auf das viele Nutzende von IT-Technologien täglich stoßen, ist die weite Verbreitung von Textpasswort-basierter Nutzerauthentifizierung. Nicht nur bei den Usern selbst ist dieses Authentifizierungsverfahren sehr unbeliebt, auch in der Wissenschaft sind dessen Nachteile unlängst bekannt. Eine Alternative hierzu stellt die Nutzung von Hirnwellen als biometrisches Mittel zum Beweis der eigenen Identität dar. Konkret fokussiert sich die Forschung auf implizite Hirnwellen-basierte Nutzendenauthentifizierung – also eine Authentifizierung, die auf Elektroenzephalogrammen (EEG) basiert und stetig im Hintergrund ohne aktives Eingreifen des/der Nutzenden geschieht. Im Zuge der Forschung zeigte sich, dass es mit den entwickelten Methoden möglich ist, selbst mit kostengünstigen Geräten sehr geringe Fehlerraten zu erreichen. Auch im Hinblick auf die Benutzungsfreundlichkeit bekam das Verfahren gute Noten; die Testpersonen fanden es ansprechend und einfach zu benutzen. Insgesamt zeigen die erzielten Ergebnisse auf, dass Biometrie in Form von Hirnwellen-basierter Authentifizierung eine zukunftsweisende Technologie ist und daher im Fokus weiterer Forschung stehen wird.

P. Arias-Cabarcos, ..., T. Strufe, *Inexpensive Brainwave Authentication: New Techniques and Insights on User Acceptance*. 30th USENIX Security Symposium (USENIX Security 21), 55–72 (2021), <https://www.usenix.org/system/files/sec21-arias-cabarcos.pdf>

Highlight Topic 4: Deepfakes (STOA)

Im Rahmen des STOA-Projektes „Tackling Deepfakes“ wurden Empfehlungen für das Europäische Parlament zum Umgang mit Deepfakes formuliert. Insbesondere wurde herausgearbeitet, dass die Risiken von Deepfakes nicht ausschließlich der genutzten KI-Technologie zuzuschreiben sind, sondern vielmehr der Art und Weise, wie diese genutzt und verbreitet werden. Deshalb umfassen die Empfehlungen nicht nur Vorschläge für den Entwurf der neuen KI-Verordnung, sondern auch Anregungen zum transparenten Umgang von Plattformen mit schädlichen Inhalten gemäß der Verordnung über Digitale Dienste. Aber auch der Aspekt der Medienkompetenz und die Rolle der Nutzenden spielen eine zentrale Rolle. Die Ergebnisse

wurden sowohl in einem Forschungsbericht an das Europäische Parlament zusammengefasst, als auch der Fachöffentlichkeit und den Bürgerinnen und Bürgern kommuniziert.

M. Huijstee, ..., L. Nierling, J. Jahnel, et al., *Tackling deepfakes in European policy*. European Parliament Think Tank. European Parliamentary Research Service, [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_STU\(2021\)690039](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_STU(2021)690039)

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.*

Diese Empfehlung kann als Anerkennung der potenziell großen und translationalen Wirkung des einzigartigen interdisziplinären Ansatzes des Topics 1 gesehen werden.

Die Aktivitäten im Topic 1 ergänzen sich dabei synergistisch mit der Rolle des KIT im Nationalen Hochleistungsrechnen (NHR), einer langfristigen Förderung von bundesweit insgesamt neun Zentren. Das Konzept der Simulations Labs (existent seit der PoF II am KIT) zur dedizierten Unterstützung von Anwendungsdisziplinen im wissenschaftlichen Rechnen wurde 2012 hinsichtlich der Aspekte des Datenmanagements und der Datenanalyse mit den Data Life Cycle Labs weiterentwickelt. Mit Beginn der PoF IV wurden die beiden Formen zu den neuen SimDataLabs (kurz SDLs) verschmolzen und das Konzept am KIT nochmals weiterentwickelt, um neuartige Data Science Methoden und die bei Messungen und Simulationen entstehenden enormen Datenmengen nutzbar zu machen sowie das Daten-intensive Rechnen optimal zu unterstützen. Eine enge, interdisziplinäre Zusammenarbeit auf Augenhöhe zwischen Rechenzentren und Anwendungsdisziplinen ist dabei essenziell, um auf immer heterogener werdenden Systemen und in Zeiten explodierender Energiekosten wissenschaftlichen Fortschritt mittels Supercomputern zu erzielen. KIT und FZJ nehmen mit diesem Ansatz und mit zwei der weltweit energieeffizientesten Supercomputer (Nr. 11 und Nr. 18 der Green500 im November 2021) eine Führungsrolle in Deutschland ein.

- *Das Programm soll die relative Bedeutung der Kombination von Wissenschaft und Rechnen definieren.*

Die Empfehlung bezieht sich auf ein zentrales strategisches Ziel des Programms, nämlich die Optimierung der einsetzbaren Ressourcen (Budget, Personal) und ist damit besonders wichtig. Es ist evident, dass diese zentrale Zielsetzung mit besonderen Herausforderungen verbunden ist.

Die Empfehlung ist in Topic 2 (nur FZJ) – in Abstimmung mit Topic 1 – als zentrales Ziel implementiert. Insbesondere soll aber auch auf Programmebene eine prägnante und fundierte Definition der „... relative importance of the combination of science and computation“

gegeben werden. Diese zu schaffende Definition wird als wichtiges Element in die Strategie des Forschungsbereichs aufgenommen werden.

Gerade die Kombination von Wissenschaft – primär ist hier die Unterstützung durch SDLs (Simulation und Data Life Cycle Labs) und ATMLs (Algorithm, Tools and Methods Labs) angesprochen – und Computing macht das Programm EDF einzigartig.

- *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*

In Topic 3 wurde im Berichtsjahr 2021 ein Prozess gestartet, der zum Ziel hat, über das Thema *nutzbare Sicherheit* hinaus in der Topic-Forschung unter der Verwendung des „Human-Centered Security by Design“-Ansatzes den Menschen mehr in den Mittelpunkt zu stellen. Dabei werden unterschiedliche Zielgruppen betrachtet: von Bürgerinnen und Bürgern über Entwicklerinnen und Entwickler bis zu Administratorinnen und Administratoren. Ebenso breit ist die thematische Vielfalt: Je nach Forschungsfrage stehen die Themen Security Awareness & Education oder die Benutzbarkeit von Security Tools bzw. APIs im Vordergrund, mit deren Hilfe geeignete Sicherheitsmaßnahmen frühzeitig in Entwicklungsprozesse integriert werden können – selbst wenn der oder die Entwickelnden keine Sicherheitsexpertin oder -experte ist. Inwieweit diese Maßnahmen Wirkung entfalten, soll dann gezielt mithilfe von Nutzungsstudien ausgewertet werden.

Um die *Interaktion mit der Industrie* zu stärken, wurden erstens Kooperationsprojekte mit SAP (Secure Federated Machine Learning, Secure and Robust Machine Learning for IoT Systems) und Huawei (Effiziente sichere Mehrparteienberechnungen) etabliert. Zweitens baut Topic 3 seine bestehenden Kooperationen mit der Industrie aus. Hierzu wurde 2021 mit der Organisation eines CyberDay mit Siemens begonnen, der 2022 stattfinden wird. Drittens verfügt das Topic durch die Einbindung des Forschungszentrums Informatik (FZI) sowie des Fraunhofer-Instituts für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB) über wichtige Kooperations- und Transferpartner mit engen Industriekontakten. So werden zum einen im Rahmen des FZI-Projekts „Quantum Leap“ Ergebnisse gemeinsamer Forschung im Bereich der Post-Quanten-Kryptographie aufgegriffen und mit Schwerpunkt auf die Entwicklung praxisnaher Lösungen vorangetrieben. Das Fraunhofer IOSB nutzt zum anderen in der Topic-Forschung erzielte Erkenntnisse, um das „Industrial Security Testing Framework“ (ISuTest) weiterzuentwickeln. Das Framework wurde bereits erfolgreich in den Testlaboren von SICK und SEW für Sicherheitstests von ICS-Komponenten eingesetzt und soll in Zukunft bei weiteren Industriepartnern zum Einsatz kommen.

Eine „Integration des neuen Zentrums für Cyber-Sicherheitsforschung“ kann nicht alleine vom Topic 3 geleistet werden. Jedoch arbeitet das Topic 3 bereits zu Beginn der PoF IV-Laufzeit mit dem Helmholtz-Zentrum für Informationssicherheit (CISPA) zusammen. Ein erstes Ergebnis stellt die von Dr. Nico Döttling (CISPA) und Prof. Dr. Jörn Müller-Quade (KIT) verantwortete Machbarkeitsstudie zu „Encrypted Computing“ dar, welche für die Agentur für Innovation in der Cybersicherheit (Cyber-Agentur) erstellt wird. Ziel der Studie ist es, potenzielle Encrypted-Computing-Anwendungen zu identifizieren sowie eine Übersicht zu Ontologie, Modellen, Verfahren und Use Cases zu erstellen. Aufbauend auf den erzielten Ergebnissen ist geplant, die Kooperationsbemühungen in den nächsten Jahren fortzuführen und auszubauen.

- *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 ausdrücklich. Entsprechende Vorhaben waren bereits in der thematischen Struktur des Programmantrags angelegt, sie befinden sich teilweise bereits in der Umsetzung. Dieses betrifft etwa die Kooperation der Topics 3 und 4 bei den Themenfeldern Digitalisierung in der Mobilität bzw. in der Arbeitswelt sowie bei Untersuchungen zur Rolle von KI bzw. Big Data als General-Purpose-Technologien. Um weitere Schnittstellen, vor allem im Bereich trusted/trustworthy computing, vertiefend bearbeiten zu können, wurde ein Fokusprojekt „Gesellschaftliches Vertrauen in Lernende Systeme“ ins Leben gerufen. Damit einher geht eine Mitgliedschaft der Projektgruppe im Trust in Information Network (TIIN), mit der die nationale und internationale Vernetzung vorangetrieben wird.

Um weitere Kooperationen zu unterstützen, wurden am KIT Topic-übergreifende Vernetzungsprojekte initiiert. Im Vernetzungsprojekt „Interdisziplinäre Zugänge zu Deepfakes“, das sowohl Topic-übergreifende Programmforschung (Topic 3 und Topic 4) als auch die Integration von Forschungsarbeiten des KIT außerhalb des Programms umfasst, werden unterschiedliche Herangehensweisen im Umgang mit dem aktuellen soziotechnischen Problem der Deepfakes unter der Koordination von Topic 4 zusammengeführt. Ein weiteres Vernetzungsprojekt zwischen den Topics 1 und 4 untersuchte Vulnerabilitäten von KI-gestützten Microgrids durch terroristische Angriffe. In Kooperation mit Forschenden im Programm 3 des Forschungsbereichs wurde im Rahmen des Projektes „Vision Assessment“ in 3DMMO (3D Matter Made to Order) ein interaktiver Szenarienprozess umgesetzt, mit dessen Ergebnissen sich auch Bedarfe sicherer 3D-Druck-Produkte reflektieren lassen. Bereits begonnene Arbeiten zum Bio-Info-Nexus bieten auch thematische Bezugspunkte zu Arbeiten im Programm 2. Eine erste Initiative hierzu wurde bereits ergriffen, für eine verstärkte Kooperation wäre der geeignete organisatorische Rahmen aber noch zu finden.

Perspektivisch ist festzuhalten, dass die thematischen Kooperationsmöglichkeiten und -interessen die Ressourcen des Programmes, insbesondere die verfügbaren fachlichen Ressourcen in nichttechnischen Bereichen (etwa Ethik, Wirtschaftswissenschaften, Recht), bei weitem übertreffen. Hier werden im Lichte real sinkender Budgets in absehbarer Zeit verstärkt Priorisierungen vorzunehmen sein.

- *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 adressiert bzw. einbezieht. Jedoch kann sich diese Empfehlung nicht alleine auf dieses Programm beziehen. Um das ambitionierte Ziel der Etablierung solch eines nationalen Think Tank erreichen zu können, müsste unseres Erachtens der organisatorisch-kontextuelle Rahmen höher angesetzt werden – mindestens auf Ebene der gesamten HGF. Zur Unterstützung einer solchen Initiative wird dann EDF auch gerne mit Expertise beitragen, so wie es auch schon maßgeblich zu anderen Helmholtz-weiten Initiativen (z.B. Inkubator Information & Data Science, Digitalisierungs-Taskforce im Rahmen der Helmholtz-Digitalisierungsstrategie, Citizen Science Initiative, Helmholtz Sustainability Challenge) beiträgt.

So waren beispielsweise Personen aus EDF in der Taskforce Digitalisierung koordinierend in der Ausarbeitung der Konzepte für „Novel Digital Infrastructures“ sowie „Research Software Engineering“ tätig.

Die Empfehlung, sich mit grundlegenden Fragen zu befassen, ist in den durchgeführten und im PoF IV-Antrag geplanten Aktivitäten bereits berücksichtigt. Wir sehen sie als fundamentale Voraussetzung für die Untersuchung aller dort dargestellten Anwendungsbereiche der Digitalisierung und Automatisierung im Kontext des soziotechnischen Wandels. Dies betrifft neben dem beispielhaft genannten Thema vor allem Fragen von Software als Institution, der Governance von und durch Algorithmen, der Möglichkeit der Entwicklung von Prinzipien für eine „ethische“ KI sowie Zusammenhänge zwischen Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Wir haben ungeachtet dessen die Empfehlung als Anregung genommen, den Aspekt des Dateneigentums in einer Reihe von Forschungsarbeiten (etwa bei Gesundheitsdaten, Mobilitätsdaten oder beim 3D-Druck) noch stärker herauszustellen.

Wie bereits im Programmantrag dargelegt wird sich Topic 4 explizit mit dem Bio-Info-Nexus beschäftigen. In diesem Rahmen werden auch Forschungen an der Schnittstelle zwischen KI, Datengewinnung und -nutzung sowie Gesundheitsdaten durchgeführt. Daneben sind case studies für Digitalisierungsprozesse in Sektoren wie Pflege und Gesundheit sowie Landwirtschaft in Arbeit bzw. geplant. Grundsätzlich sind hier auch vertiefte Kooperationen, insbesondere zu bzw. mit im Programm 2 bearbeiteten Themen vorstellbar. Dafür wären allerdings – angesichts begrenzter und effektiv abnehmender Ressourcen – noch materielle und organisatorische Voraussetzungen zu schaffen.

- *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.*

Das Programm EDF, und speziell das Topic 1, unterstützt nachdrücklich die Empfehlung, der lange unterschätzten Tätigkeit des wissenschaftlichen Service auf dem Gebiet der Simulations- und Datenwissenschaften die erforderliche Anerkennung zu zollen und den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern die verdiente Sichtbarkeit zu verschaffen. Das Programm EDF sieht folgende Maßnahmen zur Anerkennung der Bedeutung von „Service“, z.B. im Sinne der Softwareentwicklung, vor:

- (i) Wissenschaftliche Softwareentwicklerinnen und -entwickler werden in wissenschaftlichen Artikeln, für die eine wesentliche Neuentwicklung wichtig war, als Co-Autorinnen und -autoren einbezogen.
- (ii) Wissenschaftliche Software wird veröffentlicht und zitiert
[z.B. <https://libguides.mit.edu/software>].
- (iii) Die Entwicklung von wissenschaftlicher Software wird in Bewerbungen gesondert bewertet. EDF strebt an, dass dies auch bei wissenschaftlichen Gutachten geschieht.

Ähnliche Maßnahmen sind z.B. auch für Forschungsdaten, deren Aufarbeitung und Kuratierung sowie deren langfristige und zertifizierte Vorhaltung notwendig.

Forschungspolitische Ziele – Im Berichtsjahr relevante quantitative Ziele für das Programm EDF:

An der Erreichung der Forschungspolitischen Ziele (FoPoZi) wurde im Berichtsjahr in allen Topics gearbeitet und es wurden gute Fortschritte erzielt. In diesem Jahresbericht wird jedoch nur auf die quantitativen Ziele eingegangen, die bis 2021 erreicht werden sollen. Dies betrifft nur ein Ziel für Topic 2 (FZJ).

A.2.2.3.4 Strategische Themen

Talentmanagement

Gefördert durch das Projekt „Simulierte Welten“ wurden acht Tagesworkshops (CAMMP days) und 20 einzelne Unterrichtseinheiten oder ganze Unterrichtsreihen online durchgeführt. Das KIT führte gemeinsam mit der RWTH Aachen die CAMMP week 2021 online mit 40 Schülerinnen und Schülern durch. Zudem fanden zwei MINT-EC Foren ebenfalls online mit insgesamt 60 Schülerinnen und Schülern statt. Weiterhin arbeiten seit Herbst 2021 erneut neun Schülerinnen und Schüler aus Gymnasien in der Region Karlsruhe im SCC an wissenschaftlichen Projekten im Rahmen eines Förderstipendiums. In allen diesen Angeboten forschen mathematisch interessierte Schülerinnen und Schülern an realen Problemstellungen.

Vernetzung

Im Jahr 2021 starteten die Joint Labs (JLs) im FB Information. Die JLs stellen wichtige Bausteine zur Vernetzung zwischen Programmen im FB aber auch darüber hinaus dar. So ist insbesondere das Topic 1 an den JLs „Virtual Materials Design“ (VMD, mit Programm 3), „Integrated Model and Data Driven Material Characterization“ (MDMC, mit Programm 3) und „Supercomputing and Modeling for the Human Brain“ (SMHB, mit Programm 2; nur FZJ) beteiligt und koordiniert das JL „Exascale Earth System Modelling“ (ExaESM, mit Programm „Changing Earth“ im FB Erde & Umwelt). EDF am KIT trägt zu den JointLabs VMD, MDMC und ExaESM bei.

Ein durch das Office of China Postdoc Council (OCPC) finanzierter Postdoc forscht in seinem zweiten Jahr am KIT zur HPC-Simulation von Solarkraftwerken; damit wird die wissenschaftliche Zusammenarbeit des Programms mit China im Rahmen des Helmholtz-OCPC Programms fortgesetzt.

Am KIT gab es im Programm EDF Ende 2020 einen Aufruf zur Etablierung von topic-übergreifenden Vernetzungsprojekten und Initiativen, um die Zusammenarbeit zwischen den vormals zwei PoF-Programmen sowie die Integration des bisher als Projekt geförderten KASTEL zu intensivieren. Am Ende wurden neun Ideen ausgewählt, die sich mit neuen Themen und Kooperationen befassen und auch mit kleinen Beträgen an Sachmitteln unterstützt wurden. Beispielsweise seien genannt: „Sicherheit von Glue-Codes“ zwischen Topic 1 und 3 im Kontext von sicherer HPC-Simulationen, „AI-powered microgrids: vulnerabilities to terrorism“ zwischen Topic 1 und 4 im Kontext KI und TA sowie „Interdisziplinäre Zugänge zu Deepfakes“ zwischen Topic 3 und 4 im Kontext Vertrauen, Gesellschaft und Kommunikation.

Mit dem Programm „Energy System Design“ (ESD) arbeitet Topic 3, Subtopic 2 eng zusammen. In Kooperation mit dem Energy Lab 2.0, einer Helmholtz-Forschungsinfrastruktur für zukünftige Energiesysteme, untersucht Topic 3 die Sicherheit kritischer IT/ICT-Komponenten. Im Jahr 2021 wurde mit dem Aufbau eines von Topic 3 betriebenen Energy Security Labs begonnen, in dem Protokolle und Komponenten eines beispielhaften Smart Grids analysiert werden.

Das KIT wurde am 1. Januar 2021 als eines von acht Zentren in die Förderung des „Nationalen Hochleistungsrechnens“ (NHR) aufgenommen. Die zehnjährige Förderung sichert die Beschaffung der nächsten beiden Tier-2-Rechner. Es bestehen vielfältige Synergien zu den Programmaktivitäten: So nehmen die SDLs mit zusätzlichen Ressourcen Aufgaben in der Nutzungsunterstützung wahr, die bis zu gemeinsamen R&D-Projekten reichen. Gleiches gilt für das im Rahmen der PoF IV neu geschaffene ATML „Performance Engineering“, dessen Aufgaben um nachhaltige Softwareentwicklung erweitert wurden (ATML „Software Sustainability & Performance Engineering“).

Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft

Wissen für Entscheidende

Im Zuge der vom Topic 4 betriebenen parlamentarischen Politikberatung für den Deutschen Bundestag (TAB) bzw. für das Panel for the Future of Science and Technologie (STOA) des Europäischen Parlaments wurden im Jahr 2021 mehrere Studien abgeschlossen bzw. in den parlamentarischen Abnahmeprozess gegeben. Mit unmittelbarem Bezug zu den Themen des Programmes EDF bzw. des FB Information sind hier insbesondere Untersuchungen zum Energieverbrauch der IKT-Infrastruktur, zur Digitalisierung der Landwirtschaft, zu Chancen der digitalen Verwaltung, zu Veränderungen der klassischen Banken- und Bezahlssysteme durch einen Verzicht auf Bargeld, zum Genome Editing am Menschen (alle TAB) sowie zum politischen Umgang mit Deepfakes (STOA) zu nennen.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Topics 3 und 4 haben auch im Jahr 2021 ihre Expertise in die Aktivitäten diverser forschungspolitischer Beratungsgremien eingebracht. So sind mehrere Pls des Programmes in der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften acatech vertreten und wirken in der Plattform „Lernende Systeme“ des BMBF, u.a. als AG-Leitung, mit. Im Berichtsjahr 2021 ging aus diesen Aktivitäten eine Reihe von Berichten, unter anderem eine gemeinsame Publikation von Pls aus Topic 3 und Topic 4 zur „Kritikalität von KI-Systemen in ihren jeweiligen Anwendungskontexten“, hervor. Des Weiteren sind in diesem Zusammenhang die Leitung des Zukunftskreises des BMBF, Sitze in der DFG-Pandemiekommision sowie im Steuerkreis der Transferstelle IT-Sicherheit im Mittelstand des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz zu erwähnen. Darüber hinaus hat der Bundestagspräsident, dem Vorschlag der Bundesregierung folgend, den Sprecher von Topic 4, Prof. Dr. Armin Grunwald, zum 14. Februar 2021 in den Deutschen Ethikrat berufen.

Weiterhin wird durch Forschende des Programmes EDF die (Diamond-)Open-Access-Zeitschrift „Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis“ (TATuP) kuratiert und herausgegeben. Deren Konzept sieht vor, neben begutachteten wissenschaftlichen Artikeln weitere Textsorten zu publizieren, die in besonderer Weise eine an TA interessierte Öffentlichkeit ansprechen. Im Jahr 2021 wurden drei Schwerpunktheft mit Bezug zu Programm- und Forschungsbereichsthemen (Klimaneutrale intelligente Städte, Next generation sequencing sowie Gestaltung von KI-Systemen) veröffentlicht.

Wissen für Betroffene

Die Bereitstellung von Wissen für Betroffene, dialogorientierte Formen der Wissenschaftskommunikation, die Übernahme von sich im außerwissenschaftlichen Diskurs entwickelnden Forschungsthemen in den Forschungsprozess sowie der Entwurf und die Erprobung von neuen Forschungsformaten (wie Reallaboren und Citizen-Science-Ansätzen) sind wichtige Elemente in EDF und konstitutiv für die Forschung in Topic 4. Trotz pandemiebedingt eingeschränkter Möglichkeiten konnten im Jahr 2021 durch das Programm mehr als 20 partizipative Forschungsformate und Dialogangebote realisiert werden, von denen im Folgenden zwei beispielhaft detaillierter dargestellt werden:

Das von Topic 3 entwickelte „NoPhish“-Konzept unterstützt Internet User dabei, Phishing-Mails und andere betrügerische Nachrichten rechtzeitig zu identifizieren, und befähigt sie auf diesem Wege für einen sicheren Umgang mit der digitalen Welt. Der vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) gelobte Awareness-Maßnahmenkatalog steht beispielhaft für die Aufgabe des Topics, die Gesellschaft für Fragen von Cyber-Sicherheit und Datenschutz zu sensibilisieren. Dies wird vor allem über die Bereitstellung und Weiterentwicklung eines umfangreichen Material- und Schulungsangebots erreicht. Im Berichtsjahr 2021 wurden die „NoPhish“-Videos im Deutschen Spionagemuseum in Berlin sowie im Rahmen von Security-Awareness-Veranstaltungen der United Nations African Union Mission in Darfur gezeigt. 2021 wurde das Angebot zum einen durch ein Quiz erweitert, das unter anderem von der Landeshauptstadt Stuttgart eingesetzt wird. Zum anderen entstand das Spiel „Phishing Master“, welches seit Dezember 2021 im Rahmen einer Ausstellung im Zentrum für Kunst und Medien (ZKM) in Karlsruhe gezeigt wird. Zugleich wurde das „NoPhish“-Konzept in die neue Cyberfibel des BSI aufgenommen.

Forschung für die und mit der Gesellschaft ist eine zentrale Säule der erfolgreichen Exzellenzstrategie des KIT. Zu den zahlreichen damit verbundenen neuen Aktivitäten gehört das regelmäßige Durchführen einer KIT Science Week. Diese fand erstmals vom 5. bis 10. Oktober 2021 statt und kombinierte unter dem Motto „Der Mensch im Zentrum Lernender Systeme“ eine hochrangige wissenschaftliche Konferenz mit international renommierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mit vielfältigen Veranstaltungen für die Öffentlichkeit, wie Laborführungen für Schülerinnen und Schüler, TEDxKIT-Talks, Programmierkursen sowie öffentlichen Vorträgen und Podiumsdiskussionen. Beim vom Topic 4 konzipierten und organisierten und mit Unterstützung aus dem Topic 1 durchgeführten Bürger- und Bürgerinnendialog „Künstliche Intelligenz in unserem Alltag“ hatten Bürgerinnen und Bürger einen Tag lang die Gelegenheit, intensiv miteinander sowie mit Forschenden des KIT über Chancen und Risiken von KI und ihren Anwendungen im Alltag zu diskutieren. Daraus resultierende Vorschläge und Erwartungen wurden im Präsidium des KIT diskutiert und fließen nun in die Forschungspraxis ein.

A.2.2.3.4.1 *Drittmittleinwerbung*

Fördergeber	Projekte * Projektförderanteil für das Programm EDF ist größer als eine Mio. Euro
Ministerien der Länder	BW: Simulierte Welten Phase IV; KIT Future Fields: Wertstromkinematik
Bundesministerien	BMI, BMVg: Encrypted Computing BMWi: SofDCar BMBF: Innovationspoolprojekte zu den JLS VMD, MDMC, ExaESM; Kompetenzzentrum KARL BMBF-Co-Finanzierung für EuroHPC JU-Projekte: MICROCARD

Helmholtz-Gemeinschaft	iBatman; CORAERO
DFG	NFDI-Projekte: NFDI-MatWerk; Punch4NFDI*; TEXT+ TEEMLEAP im Rahmen der Exzellenzinitiative des KIT; DeepBoltzmann im SPP 2298 Wissenschaftliche Politikberatung zwischen epistemischer und legitimatorischer Funktion: Textprozeduren der Relevanz-, Zuständigkeits- und Verantwortungszuschreibung
EU	EOSC-Future; DICE; EGI-ACE; NEP; RISC2 EuroHPC JU: MICROCARD
Sonstige	Hans-Böckler-Stiftung: Visionen und Best Practices für die digitale Transformation Carl Zeiss Stiftung: JuBot – Jung bleiben mit Robotern: Vielseitige Assistenzrobotik für die Alltagsbewältigung

A.2.2.3.5 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2021 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2021. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2021.

A.2.2.4 Programmanteil Natural, Artificial and Cognitive Information Processing (NACIP)

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.

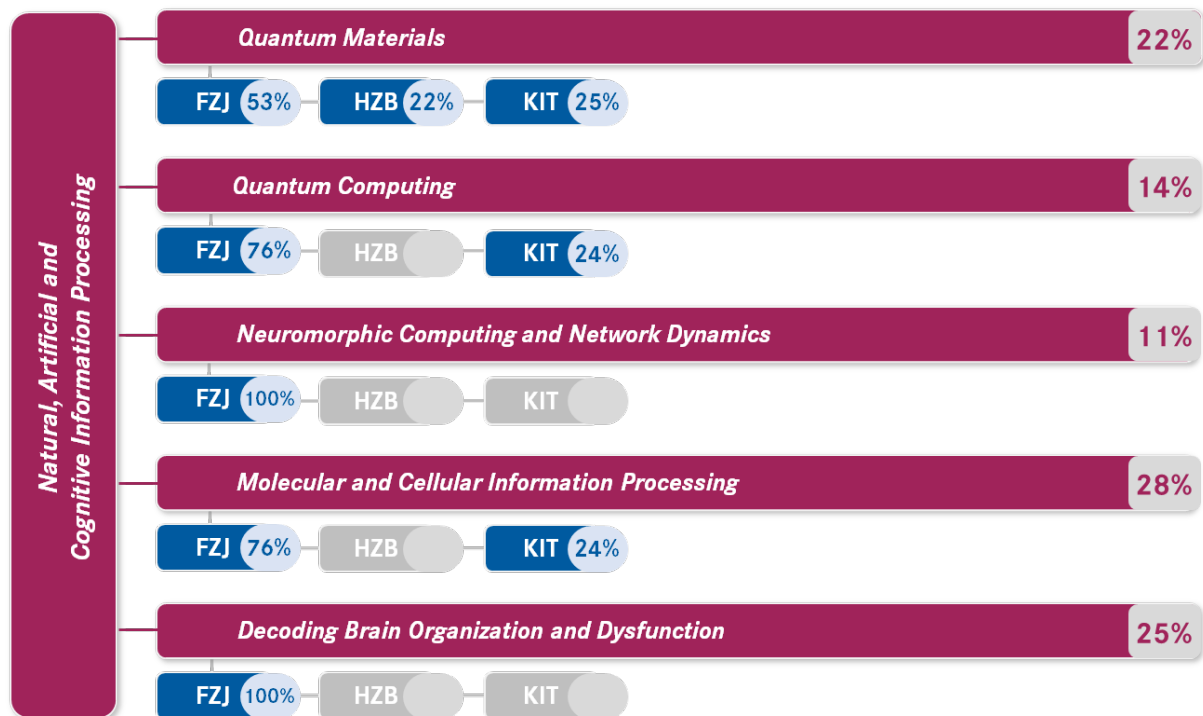
A.2.2.4.1 Das Programm im Überblick

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

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. Ein breites Spektrum an Umsetzungen für die Informationsverarbeitung wurde bereits sowohl in der Technik als auch in der Natur realisiert. Diese Umsetzungen haben ihre spezifischen Stärken, aber auch Grenzen. Die Arbeiten in diesem Programm zielen darauf ab, sowohl die grundlegenden Prinzipien der Informationsverarbeitung als auch ihre Beziehung zur zugrundeliegenden Hardware zu verstehen. Des Weiteren sollen die Gesetze, die die unbelebte Materie mit biologischen Systemen verbinden, identifiziert werden, denn diese werden für die Entwicklung neuer Prinzipien für die nächste Generation von Rechensystemen unerlässlich.

Um diese ehrgeizigen Ziele zu erreichen, ist ein hochgradig interdisziplinärer Ansatz von entscheidender Bedeutung und verlangt die Zusammenarbeit von Partnern aus verschiedenen Bereichen. Synergien, die durch die Integration verschiedener Forschungsgemeinschaften entstehen, bieten die Möglichkeit, neue Informationsverarbeitungssysteme und -ansätze zu erschließen. Quanteneffekte sind beispielsweise eine möglicherweise bahnbrechende Option für die Entwicklung von Computern jenseits der von-Neumann-Architektur, sicherer Kommunikation und lernender Algorithmen. Dieser Ansatz ist relevant, um die Grenzen der derzeitigen Halbleitertechnologien zu überwinden und die Entwicklung von CMOS- und grüner IT zu fördern. Über die Millionen Jahre der Evolution hat die Natur hoch entwickelte und energieeffiziente Informationssysteme geschaffen. Die korrekte Verarbeitung biologischer Informationen ist für alle Formen des Lebens unerlässlich, von einzelligen Organismen bis hin zu zellulären Netzwerken und multizellulären Systemen. Das Gehirn ist das beste Beispiel für ein solches System. Es ermöglicht uns, Informationen aus Daten zu erzeugen und diese in konkrete Taten zu übersetzen. Diese Fähigkeit unterscheidet das Gehirn grundlegend von allen technischen Systemen. Die Funktionsprinzipien des Gehirns könnten als Bauplan für neue physikalisch-basierte Lösungen dienen, wie etwa für neuromorphe Geräte oder für künstliche neuronale Netze. Zugleich wird ein tiefes Verständnis über die Funktionsweise des Gehirns enorme Auswirkungen auf die Fähigkeit, neue Diagnostika und Therapeutika zu entwickeln, haben.

Programmstruktur



Das Programm *Natural, Artificial and Cognitive Information Processing* gliedert sich in

Topic 1: Quantum Materials

(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. Matthieu Le Tacon)

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)

Die Quanteninformationsverarbeitung verspricht eine exponentielle Beschleunigung für eine Reihe von wichtigen Berechnungsaufgaben und für physikalisch gesicherte Kommunikationskanäle. In diesem Topic kombinieren Quantenwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler sowie Ingenieurinnen und Ingenieure ihr komplementäres Fachwissen, um den Stand der Technik bei Informationsverarbeitungsgeräten hochzuskalieren, fortschrittliche Qubit-Steuerelektronik zu entwickeln und neue physikalische Realisierungen von Qubits zu erforschen. Das übergreifende Ziel ist, den Quantenvorteil in realitätsnahen Anwendungen zu demonstrieren.

Topic 3: Neuromorphic Computing and Network Dynamics
(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. Markus Diesmann)

Das Topic 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 die Ergebnisse werden mit Hilfe von Fortschritten bei zeitaufgelösten statistischen Methoden für hochparallele Daten, Netzwerkmodellierung, Simulationstechnik und analytische Theorie interpretiert. Alle Ebenen des neuromorphen Rechnens werden berücksichtigt, von den Materialien über Schaltkreisdesign und Systemintegration bis hin zum Aufbau einer Community.

Topic 4: Molecular and Cellular Information Processing
(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. Andreas Offenhäusser)

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 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)

Dieses Topic behandelt die mehrstufige Organisation des Gehirns als Grundlage für die Untersuchung der neuronalen Informationsaufnahme, -verarbeitung, -modifizierung und -generierung. Dies erfordert die Entwicklung von Modellen des gesamten Gehirns und multimodalen Hirnatlanten, um die verschiedenen Beschreibungsebenen zu integrieren und um die Variabilität von Verhalten, Hirnfunktion und -struktur zwischen den Probandin und Probanden zu untersuchen. Die Herausforderung der Analyse sehr großer Datensätze durch HPC-Workflows und KI wird gemeinsam mit Programm 1 behandelt. Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung sind der Schlüssel zur Entwicklung neuer Diagnostik, modellbasierter therapeutischer Ansätze und neuer Methoden, z.B. im Bereich des Maschinellen Lernens.

Neue strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Im Programm und Topic Board ergaben sich zu Beginn der neuen Förderungsperiode personelle Veränderungen: Prof. Dr. Uwe Strähle ist in den Ruhestand getreten und wurde im Programm Board durch Prof. Dr. Matthieu Le Tacon und im Topic Board durch Prof. Dr. Nicholas Foulkes ersetzt.

A.2.2.4.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms

Topic 1 – Highlight:

Eine Photon-Spin-Schnittstelle in einem Kristall aus Europium(III)-Molekülen bringt die Verteilung von Quantenressourcen voran– die Professoren David Hunger und Mario Ruben des KIT berichten in Nature. Mit Licht lassen sich Quanteninformationen schnell, effizient und abhörsi-

cher verteilen. Forschende am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), der Universität Strasbourg und an der Chimie ParisTech haben nun die Entwicklung von molekülbasierten Materialien, die sich als fundamentale Licht-Spin-Wandler für Quanteninformation agieren können, wesentlich vorangebracht: Wie sie in der Zeitschrift *Nature* berichten, haben sie erstmals die Möglichkeit demonstriert, Kernspinniveaus eines molekularen Komplexes aus Seltenerd-Ionen mit Licht zu adressieren.

Das Molekül ist so aufgebaut, dass es bei Laseranregung Lumineszenz zeigt, das heißt Photonen aussendet, welche die Kernspininformation tragen. Durch gezielte Laserexperimente lässt sich damit eine effektive Photon-Kernspin-Schnittstelle schaffen. Die vorliegende Arbeit zeigt die Adressierung von Kernspinniveaus mithilfe von Photonen, die kohärente Speicherung von Photonen in Kernspinzuständen sowie die Ausführung erster Quantenoperationen. Diese Art der Adressierung von Kernspins mittels Photonen eignet sich auch dazu, Quanteninformation über größere Distanzen zu verteilen, um beispielsweise Quantenrechner miteinander zu verknüpfen oder Informationen abhörsicher zu übertragen. Durch Integration des neuartigen Europium-Moleküls in photonische Strukturen zur Verstärkung der Übergänge könnte dies in Zukunft möglich werden.

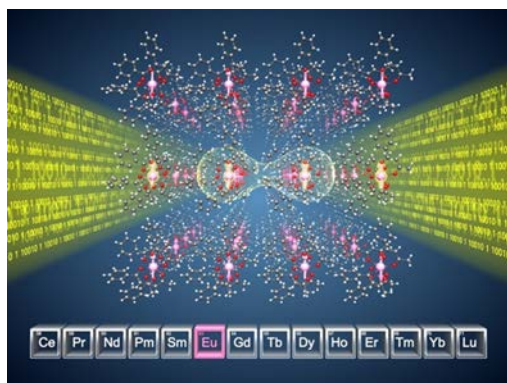


Abbildung 4: Die Röntgenstruktur des Europium(III)-Molekülkristalls mit der Darstellung der Photon-Spin-Schnittstelle zur Vernetzung von Kernspin-Qubits (Pfeile) mittels Photonen (gelb). (Bild: Grupe, KIT)

Serrano D, Kumar KS, Heinrich B, Fuhr O, Hunger D, Ruben M, Goldner P: Ultra-narrow Optical Linewidths in Rare-Earth Molecular Crystals. *Nature*, 2022, 603, 241. DOI: 10.1038/s41586-021-04316-2

Topic 2 – Highlight:

Quellen kosmischen Rauschens für Qubits: Da die Quantenkohärenzzeiten supraleitender Schaltkreise von Nanosekunden auf Hunderte von Mikrosekunden gestiegen sind, sind sie derzeit eine der führenden Plattformen für die Quanteninformationsverarbeitung. Die Kohärenz muss jedoch noch um Größenordnungen verbessert werden, um den unerschwinglichen Hardware-Overhead der derzeitigen Fehlerkorrekturverfahren zu verringern. Um dieses Ziel zu erreichen, muss die Dichte der gebrochenen Cooper-Paare, der sogenannten Quasiteilchen, verringert werden. Cardani et al. haben gezeigt (Beiträge von KIT und FZJ), dass Umweltradioaktivität eine bedeutende Quelle von Nicht-Gleichgewichts-Quasiteilchen ist. Außerdem führt ionisierende Strahlung zu zeitkorrelierten Quasiteilchen-Bursts (Abbildung rechts) in Resonatoren auf demselben Chip, was die Quantenfehlerkorrektur weiter erschwert. Der Betrieb in einem unterirdischen, bleigeschirmten Kryostaten (Abbildung links) verringert die Rate der Quasiteilchenausbrüche um das Dreißigfache und reduziert die Verlustleistung um das Vierfache, was die Bedeutung der Strahlungsreduzierung für künftige Festkörper-Quantenhardware verdeutlicht.

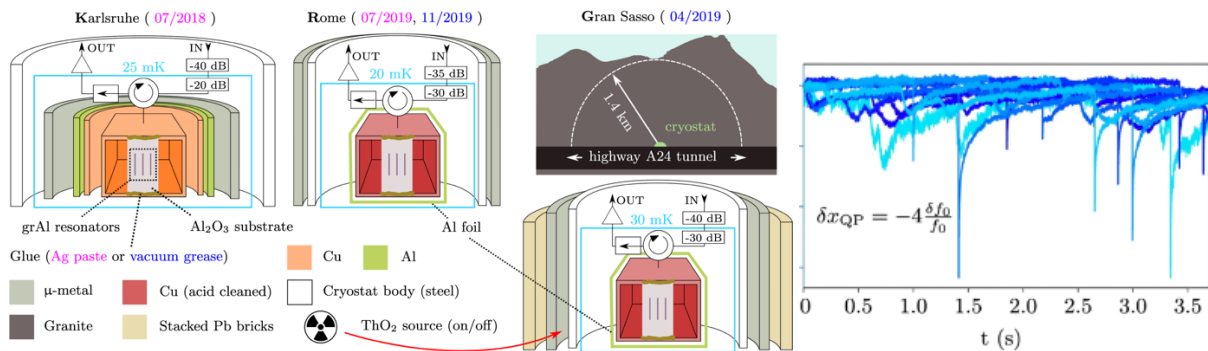
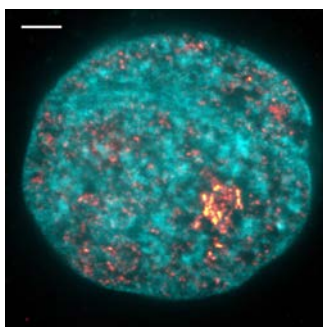


Abbildung 5: Cardani, L.; **Valenti, F.**; Casali, N.; Catelani, G.; Charpentier, T.; Clemenza, M.; Colantoni, I.; Cruciani, A.; D'Imperio, G.; Gironi, L.; Grünhaupt, L.; Gusenkova, D.; Henriques, F.; Lagoin, M.; Martinez, M.; Pettinari, G.; Rusconi, C.; **Sander, O.**; Tomei, C.; Ustinov, A. V.; **Weber, M.**; **Wernsdorfer, W.**; Vignati, M.; Pirro, S.; **Pop, I.M.** Reducing the impact of radioactivity on quantum circuits in a deep-underground facility. 2021. Nature Communications, 12 (1), Art.-Nr.: 2733. doi:10.1038/s41467-021-23032-z

Topic 4 – Highlight:

Transkription organisiert Euchromatin durch Mikrophasentrennung. Bei Eukaryoten ist die DNA im Zellkern in Form von Chromatin verpackt, das aus DNA, Proteinen wie Histonen und RNA besteht. Euchromatin, das die Transkription zulässt, ist räumlich in transkriptionell inaktive Bereiche gegliedert, die von Taschen mit Transkriptionsaktivität durchsetzt sind. Obwohl Transkription und RNA in die Euchromatin-Organisation involviert sind, bleibt unklar, wie ihr Zusammenspiel die Transkriptionstaschen bildet und aufrechterhält. Theorie und Experiment wurden kombiniert, um die Dynamik der Euchromatin-Organisation zu analysieren, die am Ende der Zellteilung auftritt, wenn Zellen mit der Transkription beginnen. Es zeigt sich, dass die Akkumulation von RNA zur Bildung von Transkriptionstaschen führt, die transkriptionell inaktives Chromatin verdrängen. Vermutlich rekrutiert die sich ansammelnde RNA RNA-bindende Proteine, die gemeinsam dazu neigen, sich von transkriptionsinaktivem Euchromatin zu trennen. Eine vollständige Phasentrennung wird verhindert, weil die RNA durch RNA-Polymerasen an das transkribierte Euchromatin gebunden bleibt. Stattdessen bilden sich kleinere Mikrophasen, die nicht weiterwachsen und das typische Muster der Euchromatin-Organisation bilden.



Superauflösungs-Mikroskopiebild des transkribierenden Zellkerns. Die DNA und die transkribierenden Polymerasen sind jeweils in blau und gelb dargestellt. Maßstabsbalken 2 Mikrometer. © Hilbert et al. / MPI-CBG

Hilbert L, Sato Y, Kuznetsova K, Bianucci T, Kimura H, Jülicher F, Honigmann A, Zaburdaev V, Vastenhouw NL (2021) Transcription organizes euchromatin via microphase separation, Nat Commun 12:1360

A.2.2.4.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen

Senatsempfehlungen:

- *Das Programm wird von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in den Materialwissenschaften, Physik und Informatik auf der einen Seite und den Biowissenschaften auf der anderen Seite durchgeführt. Es soll „Information“ klarer als ein Programm definieren, und die Verbindungen zwischen den beiden Teilen könnten realer sein.*

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 zugrundeliegenden 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

- *Das Programm muss ein System einrichten, um seinen Erfolg in diesen verschiedenen Aktivitäten, die oft sehr grundlegend sind, zu messen, und zu bewerten, wo es in 5, 10 oder 15 Jahren steht.*

Die Leistung der grundlegendsten und zukunftssträchtigsten Forschungsaktivitäten des Programms wird nach Kriterien der akademischen Exzellenz auf Themenebene auf der Grundlage von Helmholtz-Leistungsindikatoren bewertet. Ergänzend werden Leistungsindikatoren entwickelt, die spezifisch auf die Aktivitäten des Programms ausgerichtet sind, um dessen interdisziplinären Charakter ideal abzubilden und eine zusätzliche Ebene der internen Qualitätssicherung zu ermöglichen. Auf diese Weise soll dem Umstand Rechnung getragen werden, dass aussagekräftige Erfolgsindikatoren immer auch spezifisch die jeweils wichtigen Aspekte der Forschung, in teilweise sehr unterschiedlichen Bereichen, abbilden sollten. Die nachhaltige Entwicklung wissenschaftlicher Software, die Initiierung von Kooperationen, auch innerhalb des Programms, sowie die Entwicklung des gemeinsamen Roadmappings wurden beispielsweise als wichtige Indikatoren identifiziert. Die konkrete Umsetzung der Programm-internen Indikatoren wird in den kommenden Monaten zunächst innerhalb des Programm Boards diskutiert und anschließend von einer Taskforce ausgestaltet.

- *Das Thema molekulare und zelluläre Informationsverarbeitung ist sehr breit gefächert und soll seine Aktivitäten fokussieren:*

Das Ziel von Topic 4 ist die Untersuchung biologischer Informationsverarbeitung auf molekularer und zellulärer Ebene und die Beschreibung von Mechanismen und Prinzipien, die möglicherweise in Zukunft in technische Lösungen übertragen werden können. Da wir uns thematisch als neues Konsortium zusammengefunden hatten, wollten wir zu Beginn der neuen Förderphase eine möglichst große Anzahl verschiedener biologischer Systeme analysieren, in

der Hoffnung, so für künftige Anwendungen besonders schnell geeignete Konzepte identifizieren zu können.

Die Gutachtenden haben uns einen anderen Ansatz empfohlen und uns dabei mehr auf die Beschreibung biologischer Informationsverarbeitung zu konzentrieren und die Breite der biologischen Systeme zu beschränken. In Jülich wird dabei das zentrale Nervensystem von Säugetieren im Fokus stehen, wobei andere Organe/Organismen, die Modellsysteme darstellen, weiterhin verwendet werden.

In Karlsruhe werden wir uns dabei zunehmend mehr auf spezifische Aspekte des Nervensystems fokussieren und dafür insbesondere das Potenzial der Zebrafischgenetik nutzen. Diese schrittweise Refokussierung wird durch entsprechende zukünftige strategische Berufungen unterstützt werden.

- *Das Programm soll einen Plan aufstellen, wie die Zusammenarbeit mit der Industrie gestaltet oder verstärkt werden kann.*

Diese Senatsempfehlung (betrifft nur das FZJ) zielt insbesondere auf die Kooperation mit der Industrie im Bereich Quantencomputing. In den letzten Jahren wurden bereits verschiedene Maßnahmen vorbereitet und mit deren Umsetzung begonnen. Dabei folgt die Wissenschaft der Strategie, Strukturen zur Kollaboration zu schaffen und durch eine Konkretisierung der Forschungsplanung zur Technologieentwicklung und Entwicklung anwendungsnaher Prototypen die Lücke zur Industrie zu schließen und in gemeinsamen Projekten zu forschen. Konkrete Maßnahmen sind die Initiierung zur Gründung eines Vereins „European Quantum Industry Consortium“ am Standort Jülich unter Koordination von Mitgliedern des Topic 2 zur Vernetzung der Europäischen Quantenindustrie. In diesem Verein sind auch verschiedene RTO und Universitäten Mitglieder, unter anderem das FZJ. Als Maßnahme wurde im Strukturwandel Rheinisches-Revier zudem die Maßnahme „Center for Quantum Science and Engineering (CQSE)“ durch das FZJ zusammen mit Fraunhofer Partnern beantragt, eine gezielt auf die gemeinsame Entwicklung von Quantentechnologien mit der Industrie ausgerichtete Infrastruktur. Darüber hinaus haben Mitglieder des Topic 2 erfolgreich unter Koordination des FZJ das größte Konsortium zur Entwicklung eines Quantencomputerdemonstrators für die BMBF Ausschreibung „Quantencomputer-Demonstrationsaufbauten“ organisiert.

Dort wird in den nächsten fünf Jahren ein Konsortium aus 25 Partnern, davon 14 aus der Industrie, Quantencomputertechnologie entwickeln. Darüber hinaus gibt es weitere Beispiele für gemeinsame Projekte mit der Industrie, insbesondere durch BMBF-Förderung.

- *Quantenfehlerkorrektur ist eine wesentliche Problemstellung und soll als einer der Hauptschwerpunkte für die Gruppe Quantencomputing genutzt werden.*

Topic 2 des Programms 2 hat, wie vom Senat empfohlen, einen starken Fokus auf die Quantenfehlerkorrektur in seinem größeren Programm zur Quantenberechnung beibehalten. Eine wichtige strukturelle Maßnahme, die in Jülich ergriffen wurde, war die Einstellung eines neuen Professors für Theoretische Quantentechnologie mit einem starken Schwerpunkt auf Fehlerkorrektur-Themen. Professor Dr. Markus Müller hat Ende 2019 seine Arbeit in diesem Bereich in Jülich aufgenommen. Durch ihn und andere ist die theoretische Forschung stark in diese Richtung vorangeschritten, wie zum Beispiel die jüngste Physical Review X Quantum Analyse des Rauschens, das bei der Fehlerkorrektur auftritt, zeigt. Ab Ende 2021 baut das Thema in Jülich eine experimentelle Anstrengung auf, um schließlich mit den Anstrengungen von Google und IBM bei supraleitenden, fehlerkorrigierten Quantenprozessoren gleichzuziehen.

Am KIT setzt die Gruppe von Prof. Dr. Ioan Pop die Grundlagenforschung zu den Ursprüngen und zur Natur von Quantenfehlern fort; Radioaktivität und kosmische Strahlung werden in jüngsten Veröffentlichungen thematisiert.

Forschungspolitische Ziele – Im Berichtsjahr relevante quantitative Ziele für das Programm Natural, Artificial and Cognitive Information Processing:

Topic 1 – Quantum Materials

- *Infrastrukturziel 1: Aufbau eines Instituts für Quantenmaterialien und -technologien (IQMT) am KIT ab 2020, das die notwendige Infrastruktur für anspruchsvolle Experimente zur Verfügung stellt und ein effektives Zusammenspiel der Experten für Quantenmaterialien und -technologien (Topic 2) ermöglicht.*

Das IQMT wurde wie geplant im Januar 2020 gegründet und von Forschenden aus dem ehemaligen Institut für Festkörperphysik, dem Institut für Nanotechnologie, dem Physikalischen Institut und dem Institut für Theorie der kondensierten Materie übernommen. Es wird von Prof. Dr. Matthieu Le Tacon geleitet und ist als Plattforminstitut um acht Forschungsabteilungen (sechs Experiment und zwei Theorie) organisiert, in denen 22 Arbeitsgruppen speziell an den Forschungsthemen der Topic 1 und 2 des Programms NACIP arbeiten. Ab Januar 2022 beschäftigt es über 120 Personen.

A.2.2.4.4 Strategische Themen

Talentmanagement

Das Programm engagiert sich bei der Förderung und der Rekrutierung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern über ihren gesamten Karriereweg und unabhängig von Geschlecht, Weltanschauung oder Aussehen. Im Folgenden werden einige der Maßnahmen aus dem Berichtsjahr aufgeführt.

Nachwuchsförderung

Die Graduiertenschulen Helmholtz-Kolleg BioSoft (FZJ) und BioInterfaces International Graduate School (KIT) kooperieren bei den Kursangeboten für die Promovierenden, insbesondere bei Online-Formaten. Durch den größeren Kreis an potenziellen Teilnehmenden wie auch Dozierenden wird ein breiteres Themenspektrum abgedeckt. Im Bereich der Datenanalyse wird dabei zusätzlich auch mit der Graduiertenschule HIDSS4Health zusammengearbeitet. (Topic 4)

Eine neue KIT-Graduiertenschule für Quantenmaterie (KIT Graduate School of Quantum Matter) wurde gegründet, um die Bildungsanstrengungen zu bündeln und die Forschung und Innovation für Quantentechnologien zu fördern. Sie wird die Exzellenz ihrer Promovierenden fördern, die eine maßgeschneiderte Ausbildung für die damit verbundenen wissenschaftlichen und technologischen Herausforderungen sowohl in der Wissenschaft als auch in der Industrie erhalten werden. (Topic 1 und 2)

Rekrutierung

Es wurde eine neue gemeinsame Professur (Fiebigger-Professur) eingerichtet, die darauf abzielt, ein kohärentes Forschungsprogramm zum Quantencomputing zwischen der Universität

Straßburg und dem KIT zu entwickeln, die eng mit dem Programm verbunden ist. In diesem Rahmen wurde Frau Prof. Dr. Anja Metlemann berufen. (Topic 2)

Chancengleichheit

Aufbauend auf den Arbeiten ihrer Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Strain Tuning of Correlated Electronic Phases“ hat sich Frau Dr. Anna Böhmer erfolgreich an der Ruhr-Universität Bochum beworben und hat dort jetzt die Professur für Experimentalphysik, insbesondere Festkörperphysik inne.

Vernetzung

In Zusammenarbeit mit der Firma Bruker Biospin (Karlsruhe) entwickeln und bauen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Technikerinnen und Techniker des KIT spezielle Hardware für die Festkörper-NMR Spektroskopie.

Die Synchrotron Beamline UV-CD12 an KARA wird von einem Institut des KIT betrieben und in Kooperation mit mehreren Partnern im In- und Ausland für vielfältige biomolekulare Analysen genutzt.

Partner aus FZJ, KIT, HZB und Hereon sowie aus allen drei Programmen des Forschungsbereichs haben mit HiRSE_PS (Helmholtz Platform for Research Software Engineering - Preparatory Study) erfolgreich einen Projektantrag für eine Förderung aus dem Innovationspool des Forschungsbereichs Information gestellt. Ziel ist der Aufbau zentraler Research Software Engineering Aktivitäten und die gezielte Förderung von strategisch wichtigen Research Software Codes durch Community Software Infrastructure (CSI) Gruppen.

Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft

Technologietransfer

Um den Dialog zwischen Forschenden und Industriepartnern zu ermöglichen und frühzeitig Konsortien zu bilden, sowie um flexibel auf die derzeit vielfältigen Fördermöglichkeiten reagieren zu können, wurde eine neue NanoMat Fokusgruppe „Quantum X“ gegründet. Die Gruppe wird sich zwei- bis dreimal pro Jahr treffen und in der Zwischenzeit in regem Austausch bleiben. Darüber hinaus wird der regelmäßige Austausch mit interessierten Unternehmen durch den KIT-Business-Club gefördert.

Die Ausgründung „Qinu“ (Topic 2) aus dem KIT entwickelt und produziert Kryotechnik mit Fokus auf die Realisierung von Quantentechnologien, das Start-up Unternehmen „axxelera“ (Topic 4) hat einen Peptid-Mikroarray-Synthesizer für ultra-hochdichte Mikroarrays für Screening-Anwendungen entwickelt.

Wissen für Betroffene

Prof. Dr. Anne Ulrich wurde in den wissenschaftlichen Beirat der Stiftung „TLA Foundation“ (Therapeutic Local Anesthetics) berufen, die u.a. der Wissensvermittlung in die Gesellschaft dient (Patientinnen und Patienten, Ärztinnen und Ärzte, Medizinstudierende).

Drittmittleinwerbung

In Topic 4 wurde am KIT zusammen mit der Hochschule Mannheim das BMBF Verbundvorhaben „Syn4Syn: Modellierung von 3D-Organoiden für die pharmazeutische Wirkstoffforschung durch Kombination aus Experiment, KI und Biophysik“ eingeworben. Syn4Syn verfolgt das Ziel, 3D-Datensätze auf der Basis von Echtwelt-Daten naturgetreu zu synthetisieren, um damit 3D-Bildauswertungen auf der Basis von tiefen neuronalen Netzen zu trainieren und so Möglichkeiten zu etablieren, im Experiment erhaltene 3D-Zellkulturen zuverlässig automatisiert zu bewerten. Daneben sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an den EU-Pro-

jekten „PrecisionTox“ zur Identifizierung mittels Machine Learning von molekularen Biomarkern für Schädigungen durch Chemikalien und ALISE zum rationalen Design lichtkontrollierter Peptide beteiligt.

A.2.2.5 Programmanteil Materials Systems 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 in Materialdesign, -entwicklung und -verarbeitung. Die zunehmenden Anforderungen an neu designte, effizientere, intelligentere und billigere Werkstoffe sind Herausforderungen an neue Materialien und Materialkonzepte, die 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 werden. MSE stellt mit seiner soliden materialwissenschaftlichen Grundlage die Voraussetzung für den Entwurf und die Herstellung realer Materialien sowie deren digitaler Zwillinge, wobei das computergestützte Design die entscheidende Basis für die Schaffung und Integration von (Mehrfach-)Funktionen in komplexen Multimaterialsystemen darstellt und ihrer Anwendungen, z.B. in den Bereichen IT, Energie, Trenntechniken und (Daten-)Speicherung, Gesundheitswesen, Robotik oder Verkehr. 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 der 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



Das Programm Materials Systems Engineering gliedert sich in

Topic 1: Functionality by Information-Guided Design:
 From Molecular Concepts to Materials
 (Sprecher und Sprecherin des Topic-Boards: Dr. Manfred Gossen,
 Prof. Dr. Jasmin Aghassi-Hagmann)

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 der klinischen Verwendung von 3D-gedruckten Medizinprodukten und der Einsatz von interaktiven elektronischen Sensor- und Sicherheitssystemen.

Topic 2: Optics & Photonics: Materials, Devices, and Systems
(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. Martin Wegener)

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 Bioinscriptive Materials Systems
(Sprecher des Topic-Boards: Prof. Dr. Christof Wöll)

Der Schwerpunkt in Topic 3 ist die informationsbasierte Entwicklung neuartiger chemischer Verfahren, anpassungsfähiger, multifunktionaler und biohybrider Werkstoffsysteme und 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)

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, Prof. Dr. Joachim Mayer)

Die Arbeiten in Thema 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

Highlight Topic 1

Mit Tintenstrahldruck wurde ein Memristor hergestellt, der auf einer Ag/ZnO/Au-Struktur basiert. Es weist ein bipolares Widerstandsschaltverhalten, eine niedrige Betriebsspannung von etwa 0,7 V, ein hohes Ein/Aus-Verhältnis von 107, eine lange Verweildauer von über 104 s

und eine gute Zyklierbarkeit auf. Diese Bauelemente werden als vielversprechende Bausteine für das neuromorphe Rechnen gehandelt.

H. Hu, A. Scholz, S.A. Singaraju, Y. Tang, G.C. Marques, J. Aghassi-Hagmann, Applied physics letters 119, 112103 (2021)

Highlight Topic 2

Akustische Wellen in Gasen, Flüssigkeiten und festen Stoffen weisen üblicherweise eine fast konstante Schallgeschwindigkeit auf. Eine Ausnahme bilden sogenannte Rotonen: Die Schallgeschwindigkeit ändert sich deutlich mit der Wellenlänge, und auch rückwärts laufende Wellen sind möglich. Quasiteilchen wie Rotonen zu verstehen und zu nutzen, ist eine der großen Herausforderungen der Quantenphysik, denn bislang konnten Rotonen nur unter speziellen quantenphysikalischen Bedingungen bei sehr tiefen Temperaturen beobachtet werden und waren daher für technische Anwendungen nicht geeignet. Um Rotonen in künstlichen Materialien zu nutzen, wurden sie computergestützt virtuell designet. Diese Metamaterialien könnten in Zukunft Schallwellen auf bisher unerreichte Weise manipulieren oder lenken, beispielsweise sie zurückwerfen, sie umlenken oder Echos erzeugen. Noch sind diese Materialien nicht experimentell demonstriert worden; sie sollten aber mithilfe von ultrapräzisem 3D-Laserdruck herstellbar sein.

Y. Chen, M. Kadic, M. Wegener, Nature Communications 12, 3278 (2021)

Highlight Topic 3

Stabile flüssige Wände sind selbstreparierend, anpassungsfähig und interessant für die miniaturisierte Chemie und Biologie. Es konnte nun gezeigt werden, dass reines Wasser auf modifizierten Glasoberflächen in der Lage ist, Flüssigkeiten wie ein fester Behälter einzugrenzen. Dabei können das Wasser und die eingegrenzte Flüssigkeit beliebige Formen einnehmen. Photochemisch wurden Moleküle räumlich gezielt an die Oberfläche gebunden, die mit Wasser hydrophil oder hydrophob wechselwirken. Wasser kann auf der Oberfläche anschließend einen geschlossenen Ring mit variablem Durchmesser und einer Höhe von einigen Millimetern ausbilden, welcher mit einer anderen Flüssigkeit aufgefüllt werden kann. Interessant sind die Ergebnisse für den Einsatz von dynamischen, recyclingfähigen Mikrogefäßen wie Mikrofluidik-Geräte oder Lab-on-a-chip-Anwendungen für Screenings und Extraktionen.

J.M. Scheiger, M.A. Kuzina, M. Eigenbrod, Y. Wu, F. Wang, S. Heißler, S. Hardt, B. Nestler, P.A. Levkin, Adv. Mat. 33 (23), 2100117 (2021)

Highlights Topic 5

Die strukturelle Charakterisierung von komplexen amorphen Materialien auf der atomaren Skala stellt seit langem experimentell eine Herausforderung dar, die jedoch für ein Verständnis der Materialeigenschaften von Gläsern und Glaskompositen unerlässlich ist. Durch die Weiterentwicklung der elektronenbeugungsbasierten Paarverteilungsanalyse (STEM-PDF) wurde eine Möglichkeit geschaffen, die atomare Packung in Gläsern auf der Nanoskala zu charakterisieren. Dies wurde u.a. angewendet, um erstmals die Clusterstrukturänderungen in 10 nm breiten Scherbändern experimentell zu bestimmen und somit eine bessere Beschreibung der mechanischen Verformung metallischer Gläser zu entwickeln. Die direkte Korrelation von lokaler Paarverteilung und magnetischen Eigenschaften durch simultane Analyse im 4D-STEM

ermöglicht ein neues Materialverständnis für eine Vielzahl weiterer Anwendungsfelder wie der Degradation von Batteriematerialien, in der Photovoltaik oder von Polymerkompositen.

X. Mu, M. Chellali, E. Boltynjuk, D. Gunderov, R. Valiev, H. Hahn, C. Kübel, J. Ivanisenko, L. Velasco, *Advanced Materials* 33, 2007267 (2021)

X. Mu, L. Chen, R. Mikut, H. Hahn, C. Kübel, *Acta Materialia* 212, 116932 (2021)

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.*

Im JL VMD werden die Arbeiten gebündelt, um in einem informationsgesteuerten Ansatz für prädiktive Materialsimulationen und Reverse-Engineering Materialien und Bauteile zu entwickeln. Im Mittelpunkt dieses Ansatzes stehen skalenübergreifende Berechnungsmethoden, die zu einer Plattform für neuartige komplexe und hybride Werkstoffe kombiniert werden.

Am KIT ist eine neue Professur zum Thema „Computational and Data Science in Materials Research“ in der Vorbereitung, die gemeinsam von den Programmen EDF und MSE getragen und die Zusammenarbeit weiter intensivieren wird. 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.

- *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.*

Die Aktivitäten zur Optik und Photonik im Topic 2 tragen unmittelbar zur Weiterentwicklung von Technologien für die optische Informationsübermittlung bzw. Kommunikation bei. Umgekehrt werden digitale Methoden der Informationsverarbeitung, wie beispielsweise Maschinelles Lernen, zum Design optischer Materialien, Bauelemente und ganzer Systeme genutzt. Die so designten digitalen Blaupausen in Form von Software können über laserbasierte 3D-Druckverfahren auf der Mikrometer- und Nanometerskala direkt in Hardware konvertiert werden. Das umfasst explizit maßgeschneiderte künstliche Materialien (Metamaterialien), Bauelemente oder ganze Systeme. Diese Hardware wird in Topic 2 erforscht und genutzt und einer größeren Anzahl von Partnern außerhalb des Topics und auch anderen Programmen zur Verfügung gestellt. Diese Materialien, Bauelemente und Systeme werden auch genutzt, um Forschungsfragen in anderen Wissenschaftsdisziplinen zu beantworten.

MSE Topic 2 hat bereits im Jahr 2021 nachweislich eng mit anderen Topics im Programm MSE und mit anderen Programmen im Helmholtz Forschungsbereich Information zusammengearbeitet. Mit MSE Topic 1 wurde zu mechanischen Metamaterialien kooperiert (T. Frenzel et al., *Commun. Mater.* 2, 4, 2021). Es wurden auch mechanische Metamaterialien mit rotonartigen Dispersionsrelationen erforscht (Y. Chen et al., *Nat. Commun.* 12, 3278, 2021, J.A.I. Martinez et al., *Sci. Adv.* 7, eabm2189, 2021).

Zu Bio-Metamaterialien wurde im Jahr 2021 ein gemeinsames Projekt mit den Topics 1 und 3 begonnen. Hierbei beeinflussen die effektiven elastischen Eigenschaften des Metamaterials das Wachstum biologischer Zellen (Topic 3). Um dies gezielt zu erreichen, werden diese Metamaterialien mittels Maschinellen Lernens (Topics 1 und 2) designt und anschließend per 3D-Laserdruck hergestellt (Topic 2). Hierbei ergaben sich positive Synergien zum Design von optischen Nanostrukturen. In Zusammenarbeit zwischen Topic 2 und dem Programm NACIP (Topic 2) sind Arbeiten angelaufen zum Design und zur chemischen Synthese von molekularen Quantenemittern. Effiziente Quantenemitter sind essenziell für Weiterentwicklungen der optischen Informationsübertragung in Richtung Quantenkommunikation und einem möglichen künftigen Quanten-Internet. Auch führten Zusammenarbeiten mit dem MSE-Topic 1 zur Multi-Skalen-Simulation photonischer Systeme unter Berücksichtigung SURMOF-basierter molekularer Materialien (Topic 3) zu interessanten Ergebnissen.

Mitarbeitende des Topics 2 arbeiten intensiv im Joint Lab VMD mit anderen aus dem Programm MSE und aus den Programmen NACIP und EDF zu Fragen der Virtualisierung des Materialdesigns zusammen. Hier werden digitale Zwillinge entwickelt für Devices zur Vermessung der Chiralität molekularer Materialien. Ausgehend von einem gegebenen Molekül beschreiben diese digitalen Zwillinge die gesamte Messkette und erlauben die Vorhersage des Messergebnisses, welches unter Verwendung eines gegebenen photonischen Systems erhalten wird.

Neben diesen Forschungsthemen wurde aktuell auch nachhaltig die zur Verfügung stehende Arbeitsinfrastruktur insgesamt verbessert. So sind die Planungen für den Neubau des Karlsruhe Center of Optics and Photonics (KCOP), das dem MSE Topic 2 assoziiert ist, wie geplant fortgeschritten. Hierdurch werden künftig nicht nur die Arbeiten in MSE Topic 2 befördert werden, sondern insbesondere auch die Arbeiten in NACIP Topic 2 zum Quantum Computing.

Topic 2 hat zusammen mit dem Programm EDF, Topic 4, eine drittmittelfinanzierte Vision Assessment Studie zur 3D Additiven Fertigung (inkl. 3D Laserdruck) vorangetrieben und schließt diese 2022 ab.

Die Interaktion mit einer breiten Gesellschaft wird durch erfolgreiche Transfers deutlich. Die Start-Up-Firma *Nanoscribe* (3D Laserdrucken) wurde erfolgreich veräußert, die Start-Up-Firma *Vanguard* (3D Laserdrucken) ist gewachsen, und neue finanzierte Zusammenarbeiten mit den Firmen SONY, ZEISS und Nanoscribe wurden begonnen. Hierbei erscheint letztere besonders relevant. So ist es MSE Topic 2 im Jahr 2021 gelungen, die bisher übliche Zwei-Photonen-Absorption beim 3D Laserdrucken zu ersetzen durch die Zwei-Stufen-Absorption (V. Hahn et al., Nature Photonics 15, 932, 2021).

- *Das Programm betreibt hervorragende und weltweit führende Infrastrukturen. Die Wissenschaft soll auf dem Niveau der Einrichtungen gehalten werden.*

Die KNMFi wurde 2021 thematisch und strategisch neu ausgerichtet: Ein drittes Labor mit dem Schwerpunkt Modellierung von Materialeigenschaften sowie Research Data Management (zunächst mit den Schwerpunkten Electronic Lab Notebook, Repositories, Process Data Management, Meta Data Management) wurde etabliert und ist als Technologieangebot verfügbar. Um kohärent zur Gesamtstrategie der PoF IV zu arbeiten, wurden Geräte und Technologien innerhalb der KNMFi mit erheblichen Investitionen auf den neuesten technischen Stand gebracht oder erweitert sowie das Portfolio der KNMFi vergrößert. Im Rahmen eines Sonderinvestitionsprojekts wurden seit 2018 fast 12 Mio. Euro in neue Geräte und insbesondere korrelative Charakterisierungsmethoden investiert, um möglichst viele und vollständige wissenschaftliche Informationen aus Proben mit unterschiedlichen Techniken gleichzeitig und am gleichen Mess-

Ort zu gewinnen. Als Beispiele sind hier ein neues Hochleistungs-TEM, FIB, korrelative Analytik aus NMR und Röntgenquelle, hochpräzise 3D-Drucksysteme etc., korrelative Analytik aus REM, AFM, Interferometrie und Datenaufbereitung zu nennen. Hiermit und mit der Aktualisierung bestehender Systeme wurde die KNMFi konsequent in einer weltweit führenden Position etabliert. Zusätzlich wurden aus KNMFi-eigenen Mitteln strategische Investitionen in neue Technologien in Höhe von etwa 1 Mio. Euro durchgeführt. Hier wurde u.a. das Materialportfolio für den 3D-Druck um Keramik erweitert und hochpräzise 3D-Drucker für hochviskose Tinten und Materialien eingerichtet, eine Kombination aus REM und AFM angeschafft, und neue Präparationsmöglichkeiten für die Probenvorbereitung zur Analytik etabliert. Das Labor 3 „Laboratory for Simulation and Data Management“ erhielt noch ein zusätzliches Investitionsprojekt in Höhe von ca. 3 Mio. Euro, welches in die Automatisierung von Materialentwicklung, Charakterisierung, Aufzeichnung von Metadaten und wissenschaftlichen Informationen sowie deren Verarbeitung und Speicherung umgesetzt werden wird. Es ist geplant, die Fortentwicklung der KNMFi entsprechend der PoF IV-Strategie weiterzuführen. Die Sonderinvestitionsprojekte enden im Jahr 2022. Eine weitere Investitionsrunde aus KNMFi-eigenen Mitteln zum Upgrade bestehender Systeme und Etablierung neuer Technologien ist geplant.

- *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.*

Die oben beschriebene laufend verfolgte Erneuerung und der umfangreiche Ausbau der wissenschaftlichen Infrastrukturen zeigen das enorme Potential der technischen Möglichkeiten zur Charakterisierung, Synthese, Fabrikation und zum Datenmanagement im Programm MSE. Damit wird die Voraussetzung erfüllt, attraktive Forschungsangebote für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vorzuweisen, um sie für die in MSE beteiligten Zentren als Forschende zu gewinnen. Auch sind gezielt die Möglichkeiten in Richtung Biologie vergrößert wurden, wie am Beispiel des „Instruments BIO“ am ER-C gezeigt wird (s.o.).

Am KIT sind drei laufende Verfahren anhängig, die die Forschung zum Bereich Biologie im Programm MSE nachhaltig stärken werden. Sie beruhen in zwei Fällen auf erfolgreichen Anträgen in Helmholtz-Förderprogrammen. Die Professur zum Thema „Experimentelle Biophotonik in den Lebenswissenschaften“ zielt auf Entwicklungen in Optics & Photonics zur Erforschung der zellulären Selbstorganisation (Stammzellen-/Neurobiologie). Sie wird eine Brücke zum Programm NACIP, Topic 4, schlagen, ebenso wie eine neue W3-Professur für Mikrosysteme in der Bioverfahrenstechnik. Die Professur für Elektrobiotechnologie adressiert die Elektrokatalyse mit Bezug zum Thema Energie.

Auch die JLS bieten ideale Plattformen, interdisziplinäre Zusammenarbeit zu forcieren. So soll das Verständnis der funktionalen Zell-Material-Interaktion in einer gemeinsamen Studie von Hereon, FZJ und KIT im Rahmen des Joint Lab MDMC vorangebracht werden. Beispiele für bisherige wissenschaftliche Erfolge sind die Herstellung von präzise lokalisierten Hydrogelen zum Einsatz z.B. als biofunktionalisierte Gelschichten für schnelle, einstufige Immunoassays (Rocca et al., Angew. Chem. Int. Ed. 60 (45), 24064, 2021) und die Aufklärung von Signalwegen mit Hilfe von Tiermodellen wie Zebrafisch und Maus, die an der Resistenzbildung gegen das Leukämie-Medikament Venetoclax beteiligt sind (Yu et al., Blood 138 (12), 1067, 2021).

Forschungspolitische Ziele – Keine im Berichtsjahr relevanten quantitativen Ziele für das Programm Materials Systems Engineering.

A.2.2.5.4 Strategische Themen

Talentmanagement

Am KIT wird durch das interne Förderprogramm Young Investigator Group Preparation Program (YIG Prep Pro) aussichtsreicher wissenschaftlicher Nachwuchs nach einem Auswahlverfahren zwei bis drei Jahre mit eigener Stelle und Ausstattung unterstützt, um eigene Forschungsprojekte zu realisieren und eine eigene Nachwuchsgruppe einzuwerben. Aktuell werden im Programm MSE sechs Forschende gefördert, davon vier Frauen.

Die Biointerfaces International Graduate School (BIF-IGS) wurde am KIT im Laufe des Jahres 2021 zu einer topic- und programmübergreifenden Struktur ausgebaut und betreut knapp 60 Promovierende aus den Programmen MSE und NACIP. Der Frauenanteil beträgt aktuell 42 % und der Ausländeranteil 49 %.

Die Deutsche Bunsengesellschaft für physikalische Chemie hat Priv.-Doz. Dr. Lars Heinke, KIT, den Nernst-Haber-Bodenstein-Preis verliehen, der als wichtigster Preis für den physikalisch-chemischen Nachwuchs in Deutschland gilt. Die Aventis Foundation hat Dr. Frank Biedermann, Emmy-Noether-Nachwuchsgruppenleiter am KIT, mit dem mit 100 TEuro dotierten Life Sciences Bridge Award ausgezeichnet.

Neu berufen wurden am KIT im Programm MSE Tenure-Track-Prof. Dr. Julia Maibach, Institut für Angewandte Materialien – Energiespeichersysteme, auf die Tenure-Track-Professur für Grenzflächenprozesse, Prof. Dr. Jasmin Aghassi-Hagmann am Institut für Nanotechnologie auf die W3-Professur für Elektronische Bauelemente und Systeme in Zukünftigen Technologien sowie Prof. Dr. Christian Greiner am Institut für Angewandte Materialien auf die W3-Professur für Additiv hergestellte Bauteile und Mikrostrukturdesign.

Vernetzung

Im Rahmen des „Eucor Upper Rhine Immunology doctoral programme“ (EURIdoc) werden 28 internationale Forscherinnen und Forscher am Oberrhein promovieren. Beteiligte Partner des interdisziplinären Programms sind neben dem KIT die Universitäten Basel, Freiburg, Strasbourg und das Universitätsklinikum Freiburg. Derzeit sind zwei Promovierende von MSE beteiligt. Kernthemen von „EURIdoc“ sind die Blutbildung und die Entwicklung des Immunsystems, angeborene und adaptive Immunität sowie Immunerkrankungen. Das EU-geförderte Projekt hat eine Laufzeit von fünf Jahren und ein Gesamtvolumen von 6,8 Mio. Euro.

Das Management von Forschungsdaten ist ein zentraler Baustein im FB Information. In vier laufenden NFDI-Konsortien sind MSE-Forschende eingebunden und teilweise in führender Position aktiv, dazu in weiteren drei beantragten Konsortien. In MSE wird intensiv auf dem Gebiet der Elektronischen Laborbücher zusammengearbeitet und dabei werden Schnittstellen zu anderen Forschungsbereichen definiert. Um der Vielzahl an Forschungsfeldern Rechnung zu tragen, entscheidet jedes Zentrum bzw. Institut, welches ELN am besten geeignet ist. Ergänzend gibt es Initiativen, um Schnittstellen für diese ELN zu schaffen, sodass ein Proben- und damit Datenaustausch problemlos möglich sein wird.

Um die Aktivitäten zur Digitalisierung der Materialien zu bündeln und voranzutreiben, um Maßnahmen wie den Aufbau und Transfer einer leistungsfähigen Ontologie für Materialien und der damit verbundenen Prozesse in die Anwendungen zu initiieren, wird seit Juli 2019 die BMBF-

Innovationsplattform MaterialDigital am KIT koordiniert. Neben der Strukturierung, der Interaktion und Kommunikation der Protagonisten hilft sie bei der Identifikation von konkreten Arbeitsaufgaben, die in angekoppelten Projekten erarbeitet werden. Mit der Koordination dieser BMBF-Initiative ist am KIT die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Wolfgang Wenzel beauftragt. Sprecher ist Prof. Dr. Peter Gumbsch, Fraunhofer IWM und KIT.

Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft

- **Technologietransfer**

Der PCR-Test stellt die derzeit verlässlichste Methode dar, eine Infektion mit SARS-CoV-2 nachzuweisen. Für diese Aufreinigung der im Abstrich enthaltenen Erbsubstanz verwenden die wirksamsten Verfahren speziell beschichtete Magnetpartikel. Diese Methode wird effizienter durch ein am KIT entwickeltes Verfahren, in dem die Manipulation der Partikel mit Metallnadeln erfolgt, deren magnetische Anziehungskraft sich von außen an- und ausschalten lässt. Damit lassen sich die Partikel für den nächsten Aufreinigungsschritt in ein neues Gefäß transportieren, um dort durch rasche Rotation die DNA-Bruchstücke wieder zu verteilen. Der Prozess läuft schnell und vollautomatisch mit 96 Nadeln gleichzeitig ab, sodass mit einem Gerät innerhalb von 24 Stunden mehr als 4.000 Proben aufbereitet werden können. Auf diesem am KIT entwickelten Prinzip basieren die weltweit genutzten Geräte der PerkinElmer chemagen Technologie GmbH zur Isolierung von Nukleinsäuren, deren Marktanteil an Probenaufbereitungen für PCR-Corona-Tests in Deutschland bei rund 25% liegt, in anderen europäischen Ländern teilweise deutlich darüber. Dieser Erfolg schlägt sich in über 3 Mio. Euro Lizenzentnahmen des KIT allein im Jahr 2021 nieder.

Der Einsatz von Biokatalysatoren gilt als Schlüsseltechnologie für die Entwicklung einer nachhaltigen chemischen Industrie. Biokatalysatoren für die Industrie zugänglicher zu machen und die Anwendung effizienter und kostengünstiger zu gestalten, sind die Ziele von Catavis, einem Spin-off aus dem KIT. Dafür nutzt das Team seine hauseigene „CataGel-Technologie“: Diese wandelt erstmalig hundert Prozent der vorhandenen Enzyme in ein gelartiges Biomaterial um, das als nachhaltiger Biokatalysator fungiert. Mit diesem eigens entwickelten Verfahren erschließen die Gründer das volle Potenzial von Enzymen für die chemische Synthese. Neben einer verbesserten Stabilität bei gleichzeitiger Leistungssteigerung entsteht so eine nachhaltige kostengünstige Produktion. (www.catavis.com)

Drittmittleinwerbung

Das neue Verbundvorhaben „sensIC“ zielt darauf, gedruckte Elektronik und Siliziumkomponenten direkt in Produkte zu integrieren, um Sensoren abzusichern. Am KIT werden dafür eine zentrale Komponente, die gedruckten Sicherheitsschaltungen mit speziellen hardwarebasierten Funktionen, sogenannte Physical Unclonable Functions (PUFs), entwickelt. Das BMBF fördert sensIC mit insgesamt 2,9 Mio. Euro. Die Industriepartner investieren weitere 1,35 Mio. Euro. Als Koordinator fungiert Benecke-Kaliko, ein Tochterunternehmen von Continental. Neben dem KIT sind als weitere Partner Cyient, Polysecure, das Leibniz-Institut für Neue Materialien, die Hochschule Offenburg, ContiTech MGW und als assoziierter Partner Elmos Semiconductor an dem Projekt beteiligt.

Das BMBF-Projekt MicroMATRIX unter Federführung des KIT wird eine Kultivierungspipeline für bisher nicht kultivierbare Mikroorganismen mit biotechnologischer Relevanz aus Umweltpollen entwickeln. MicroMATRIX (Microbial cultivation based on Metaomics Assisted, Targeted soRting and Isolation in a customized matrix) wird über drei Jahre mit 1,5 Mio. Euro gefördert. Am Projekt sind das KIT sowie die TU Hamburg, die Universität Tübingen und die Freiburger Firma Cytena beteiligt.

Mit extrusionsbasiertem Bioprinting können Zellen und gewebeähnliche Materialien zu maßgeschneiderten Objekten für pharmazeutische und medizinische Anwendungen zusammengefügt werden. Um die Prozessabläufe beim Bioprinting zu standardisieren, startete ein vom KIT koordinierter deutschlandweiter Ringversuch im Projekt SOP_BioPrint. Das BMBF-Projekt hat ein Fördervolumen über 3,15 Mio. Euro, davon 1,1 Mio. Euro für das KIT zur Entwicklung von Methoden für die Prozesskontrolle und -analyse. Neben dem experimentellen Teil stehen die Schaffung einer Infrastruktur für Datenspeicherung und das Datenmanagement durch eine Datenbank im Vordergrund.“

Das EU-finanzierte Projekt EPISTORE wird Stacks im Taschenformat im Kilowattbereich entwickeln, die auf reversiblen Dünnschicht-Festoxidzellen basieren, um erneuerbare Elektrizität effizient für Anwendungen zu speichern, bei denen der Einsatz von Batterien unzureichend ist. Das Fördervolumen beträgt ca. 4,6 Mio. Euro, der Anteil des KIT sind rund 450 TEuro.

A.2.2.5.5 Forschungsinfrastrukturen

- *Strategieprozesse zur Integration der FIS in nationale und internationale Netzwerke*

Auf europäischer Ebene ist die KNMFi seit März 2021 eine Partnerin der europäischen Pilotforschungsinfrastruktur NFFA Europe (www.nffa.eu), eines europaweiten Konsortiums aus 22 internationalen Partnern mit einem Kern aus 13 gemeinsam betriebenen Nanofoundries und Großforschungsinfrastrukturen, das es den Forschenden ermöglicht, sich komplexen nanowissenschaftlichen Herausforderungen zu stellen, die von einer einzelnen Forschungsinfrastruktur allein nicht bewältigt werden können.

KNMFi ist außerdem aktiv in den Plattformen NFDI4Chem sowie NFDI4Ing.

Innerhalb der HGF sind die KNMFi und das ER-C wesentliche Partner im JL MDMC. Zusammen mit weiteren Helmholtz-Forschungsinfrastrukturen bei Hereon soll eine helmholtzweite korrelative experimentelle Methodenplattform etabliert werden, die auf den in den Forschungsinfrastrukturen des FB Information verfügbaren Charakterisierungstechniken basiert.

- *„Life Cycle“-Management der FIS (Austausch mit Nutzergruppen und Industriepartnern, Planungen zu „Science Case“ und „Industrial Case“ usw.)*

Die Strategie der KNMFi wurde im Hinblick auf die im FB Information zu lösenden Herausforderungen weiterentwickelt. Die Digitalisierung und Korrelation von Mikro- und Nanostrukturierungs- und Charakterisierungstechnologien soll vorangetrieben und in den KNMFi-Laboren nach dem FAIR-Prinzip durch die Entwicklung von Methoden für die systematische Generierung und Analyse von Daten sowie von Wiederverwendungsszenarien für die gewonnenen Forschungsdaten und Auswertungen unterstützt werden. Dieser Ansatz wird die Entwicklung korrelativer Charakterisierungsmethoden unterstützen und dabei die Verarbeitung massiver Datasets ermöglichen.

- *Strategien im Umgang mit den Chancen und Risiken der digitalen Transformation für die FIS („Remote“-Betrieb, Datenzugang, „Cyber Security“, KI usw.)*

Mit der Einrichtung des Labors für Simulation und Datenmanagement ab Januar 2021 wird eine sichere technische Infrastruktur für die Speicherung, Analyse und Wiederverwendung von Daten durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Nutzerinnen und Nutzer des KNMFi entwickelt. Der Remote-Betrieb auf bestimmte Technologien wird intensiv diskutiert.

- *Maßnahmen zur Erhöhung der Nutzung bestehender Anlagen durch Industriepartner bzw. zur Erhöhung des Technologietransfers („Liaison Officer“, „Plug & Play“-Service für Industriepartner usw.)*

Der Übergang von LK II zu LK I erhöht einerseits die Verfügbarkeit der KNMFi-Technologien für Nutzerinnen und Nutzer aus dem FB Information; KNMFi bleibt aber gleichzeitig offen für externe Nutzerinnen und Nutzer, die auch aus der Industrie kommen können. Ein „Plug&Play“-Service für die Industrie wird nicht angeboten werden.

- *Entwicklungen bei der Einbindung der Öffentlichkeit bei Planung, Bau und Betrieb der FIS (Öffentlichkeitsarbeit, Wissenstransfer etc.)*

KNMFi hat ein kurzes Imagevideo veröffentlicht, das auch auf unserer Homepage öffentlich zugänglich ist („KNMFi Makes The Invisible Visible“: <https://www.knmf.kit.edu/index.php>). Eine längere Version, die fast alle Technologien abdeckt, ist geplant.

A.2.2.6 Strategische Initiativen

A.2.2.6.1 Helmholtz Data Federation (HDF)

Beteiligte Helmholtz Zentren: KIT, AWI, FZJ, DESY, DKFZ, GSI.

Koordinierender Sprecher: Prof. Dr. Achim Streit (KIT, Steinbuch Centre for Computing (SCC)).

HDF ist ein strategisches Großinvestitionsprojekt mit einer Laufzeit von 2017-2021 und besteht konzeptionell aus drei Säulen: Software zum verteilten Daten-Management, high-level Benutzersupport sowie Speicher- und Analyse-Hardware. Nur der letzte der drei Teile – die Hardware – wird über das Großinvestitionsprojekt finanziert, die anderen Teile werden als Eigenleistungen der 6 Partner erbracht.

Das Jahr 2021 war bei allen an der HDF beteiligten Datenzentren geprägt durch den Umgang mit der Corona-Pandemie und den damit für die IT-Zentren verbundenen Herausforderungen und Mehrarbeiten, was insbesondere bei der Installation, Inbetriebnahme sowie Wartung von HDF-Equipment teilweise anderer und gänzlich neuer Lösungsansätze bedurfte. Auch kam es vereinzelt zu Lieferverzögerungen durch weltweite Herausforderungen in Lieferketten sowie die Chip- bzw. Rohstoffkrise.

An den verschiedenen Arbeitspaketen wurde engagiert weitergearbeitet: Im Themengebiet AAI wurde die im Rahmen von HDF entwickelte AAI-Lösung vollständig an HIFIS übergeben und wird dort Helmholtz AAI nun produktiv betrieben und weiterentwickelt. Die HDF-Arbeiten dazu sind damit abgeschlossen. Im Themengebiet der Datentransferdienste wurden nach Freischaltung des Dienstes für den Nutzungsbetrieb die Arbeiten abgeschlossen. Für den Datentransfer mit UFTP wurde die Implementierung fortgeführt und mit Erweiterungen, z.B. einer Anbindung an die FUSE-API zur einfacheren Nutzung, versehen. UFTP ist auf den Jülicher Systemen JUWELS, JURECA, JUSUF und JUDAC verfügbar. Im Themenbereich der föderierten Cloud-Systeme wurden HDF-GPU-Systeme in einer Openstack Cloud in das HIFIS Angebotsspektrum (Helmholtz Cloud) übernommen. Ebenfalls ist ein HDF-Speicher an die HIFIS Cloud angebunden worden. Damit sind alle Arbeiten in den Arbeitspaketen abgeschlossen.

Da HDF primär ein Investitionsprojekt ist, steht vor allem im Fokus, das beantragte Geld rasch und nach Plan für die Use Cases auszugeben. Dabei anzumerken sind die Herausforderungen

von immer komplexer werdenden Beschaffungsverfahren aufgrund von sich ändernden Richtlinien und Vorschriften. Vermehrt machen sich inzwischen Herausforderungen in Lieferketten und die Chip- bzw. Rohstoffkrise für verschiedene IT-Produkte bemerkbar (z.B. Hochgeschwindigkeits-Infiniband-Netzwerkkarten). Am KIT-SCC wurde im Jahr 2021 u.a. zwei große Beschaffungen zur Erweiterung der GridKa Batch-Farm und des Online-Speichersystems durchgeführt. Die Lieferung von 200 Knoten (~25.000 phys. CPU-Kerne) und ca. 70 PB Festplatten-Speicher mit Servern und Infiniband-Komponenten wurde im Q4 erwartet, verschob sich dann aber ins Q1-2022. Für die LSDF wurden 16 PB Speicher beschafft und installiert. Darüber hinaus wurden weitere Tape-Laufwerke für die Datenarchivierung sowie Netzwerk-Router beschafft.

A.2.2.6.2 Themengebiet Information und Data Science

Inkubator-Plattformen

Das KIT ist in 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 KIT mit seinem SCC im Rahmen des HIFIS Backbone Cluster an der Etablierung einer Helmholtz-weiten Infrastruktur zur Authentifizierung und Autorisierung (AAI) für den Zugang von Menschen zu IT-Ressourcen. Dabei wurden die am KIT entwickelte regAPP Software u.a. um Funktionalitäten zum Account-Linking, zur Autorisations-Unterstützung und zur Unterstützung von virtuellen Organisationen erweitert. Weiterhin wurde am KIT am AAI-Policy-Rahmenwerk weitergearbeitet, das auf dem internationalen AARC Policy Development KIT aufbaut. Zudem wurden Forschungsarbeiten einer OpenID-Connect Schnittstelle auf Kommandozeile durchgeführt. Im Rahmen des HIFIS Cloud Cluster wirkt das KIT in verschiedenen Arbeitsgruppen zum föderierten Service Management mit und bringt Dienste in die Helmholtz Cloud ein, u.a. den NextCloud-basierten bwSync&Share-Dienst und eine OpenStack-Umgebung. Insbesondere co-leitet das KIT die Arbeitsgruppen „Service Integration“ (ein Kernelement zum Aufbau der Helmholtz Cloud, im Berichtszeitraum wurden mehr als zwölf neue Dienste hinzugefügt) und „Sync&Share“ (um dropbox-ähnliche Datei-Sync&Share-Dienste anzubieten und zu vernetzen).

In der Helmholtz Metadata Collaboration (HMC) Plattform forscht und entwickelt das SCC Werkzeuge und Dienste rund um das Thema FAIR Data Commons. Konkret ermöglicht die Entwicklung und Umsetzung des FAIR Digital Object (FDO) Konzepts neuartige Methoden für die Bewahrung, Verwaltung, Analyse und Nutzung von disziplinübergreifenden großen Forschungsdatensammlungen durch Metadaten. Hierfür wurde ein Portfolio von Diensten und Werkzeugen (z.B. Typed PID Maker, Metadaten Repositorien, Cookbooks) entwickelt, welche von den Metadaten Hubs (z.B. Hub Energie) wie auch von der NFDI aufgenommen und für ihre disziplinspezifischen Anforderungen adaptiert werden. Das IAI erforscht und entwickelt im Hub Energie Metadaten-Diensten für nachhaltige Energiesysteme und komplexe Industrie- und Laborprozesse. Dazu wurde ein neuartiges Konzept entwickelt, das es erlaubt, unterschiedliche Ontologien und Standards mit Hilfe von FDOs zu integrieren. Dieses Konzept wurde am Beispiel einer Photovoltaik (PV) Anlage demonstriert, indem eine eigene Ontologie für PV-Anlagen entwickelt und diese mit den Standards IEC 61850, SensorML und GeoJSON mit Hilfe von FDOs verbunden wurde.

In der Helmholtz AI Plattform fokussiert das KIT mit seinen Forschungs- und Supportaktivitäten auf den Forschungsbereich Energie bzw. auf zukünftige Energiesysteme. Die Nachwuchsforschungsgruppe am IAI arbeitet an Herausforderungen von Periodizität, Trends und Konzeptdrift bei der Vorhersage von Energiezeitreihendaten unter Verwendung von Deep-Learning-Ansätzen. Konkret wurde an Ansätzen zur Automatisierung von Zeitreihenanalyse-Workflows geforscht, die in das neue Open-Source-Tool pyWATTS integriert wurden, welches nachvollziehbare Pipelines verwendet und etablierte Statistik-, Machine Learning- und Deep Learning-Frameworks integriert. Das Consultants-Team im SCC unterstützte Forschende mit Bild- und Zeitreihenanalysen sowie Entwurf und Implementierung paralleler neuronaler Netze bei der Entdeckung von Wärmebrücken in der Gebäudeisolierung oder der automatisierten Überwachung und Steuerung von Produktionsanlagen für Perowskit-Solarzellen. In der Forschung wurden Highlights in der dynamischen Partikelschwarm-Optimierung (veröffentlicht in Nature Machine Intelligence) und der Anwendung des MLPerf HPC Benchmarks auf den leistungsfähigsten Supercomputern Deutschland für Künstliche Intelligenz am FZJ und KIT erzielt (veröffentlicht auf der Supercomputing '21 Konferenz).

A.2.2.6.3 Innovationspool

Maßnahmen der 1,04 Mio. Euro-Innovationspool-Mittel in 2021 im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien:

1. Solid State Quantum Computing and Networking (SSQC) (FZJ und KIT)

Das vom Forschungszentrum Jülich koordinierte Projekt ist als Teil einer langfristigen Roadmap konzipiert, deren Ziel die Realisierung von Quantenprozessoren und Netzwerken mit signifikantem praktischem Nutzen ist. Das Projekt verfolgt die Evaluierung und Optimierung der Skalierbarkeit von Halbleiterqubits mit Hinblick auf deren Herstellungsverfahren, sowie den Aufbau einer Simulationsinfrastruktur als Grundlage für das Design von komplexen Quantenschaltkreisen. Ebenso ist die Realisierung von quantenkohärenten Schnittstellen zu Spinqubit-Systemen, die Erforschung neuer Qubit-Ansätze, die Schwächen der derzeitigen Lösungen vermeiden könnten, und die Entwicklung von hochgradig skalierbaren Kontrollsystemen Ziel dieses Projektes.

Mit den Mitteln aus dem Innovationspool wurde am IQMT ein vollständig fasergekoppeltes Setup für spektroskopische kryogene Charakterisierung kleinster Probenmengen von molekularen und nanokristallinen Proben für optisch adressierbare Spin Qubits weiterentwickelt und systematisch hinsichtlich der optischen Aufsammeleffizienz und Signalqualität verbessert. Verschiedene systematische Messungen von spektralem Lochbrennen in Eu^{3+} -basierten Proben wurden durchgeführt, um die optischen Kohärenzeigenschaften zu analysieren. Insbesondere wurden die Eigenschaften von molekularen Eu^{3+} Komplexen, die in der Gruppe von Mario Ruben synthetisiert wurden, untersucht [Serrano et al., Nature 603, 241 (2022)]. Hierzu wurde der Einfluss von Präparationstechniken auf die optischen Kohärenzeigenschaften untersucht. Dies hat hohe Relevanz für die Integration von Molekülkomplexen in photonische Strukturen zur effizienten optischen Auslese und Vernetzung.

Erste Schritte zur Integration molekularer Kristalle in faserbasierte Mikroresonatoren wurden vorgenommen, und Signale resonatorgekoppelter Fluoreszenz von Eu^{3+} konnten bei Raumtemperatur aufgenommen werden. Parallel wurden umfangreiche Arbeiten zur Detektion ein-

zelner Eu^{3+} -Ionen in Y_2O_3 -Nanokristallen unter kryogenen Bedingungen vorangetrieben. Neben einer voll durchstimmbaren Tieftemperatur Faserresonator Plattform in einem Closed-Cycle Kryostaten wurden verschiedene alternative kryogene Nanopositioniereinheiten entwickelt und getestet [Vadia et al., PRX Quantum 2, 040318 (2021)], sowie ein vibrationsarmer Flusskryostat in Betrieb genommen. Zudem wurde das Lasersystem um einen hoch-stabilisierten Dye Laser sowie einem gitterstabilisierten Diodenlaser mit Eigenmitteln erweitert. Mit diesen instrumentellen und technologischen Vorarbeiten können nun kryogene Experimente zur optischen Adressierung und Auslese von molekularen Eu^{3+} - und Yb^{3+} -Kernspins durchgeführt werden.

In einer Kollaboration mit Prof. Hugues de Riedmatten am ICFO wurde in einem derartigen Aufbau starke Purcell-Verstärkung von Erbium-Ionen mit Lebensdauerverkürzungen um bis zu einem Faktor 100 erreicht [Casabone et al., Nature Commun. 12, 3570 (2021)]. Hier gelang kürzlich auch erstmals die optische Detektion einzelner Erbium Ionen.

Als alternative Materialien für optisch adressierbare Spin Qubits wurden u.a. NV Zentren in Diamant Membranen [Heupel et al., Micromachines 11, 1080 (2020)] in Kollaboration mit Prof. Cyril Popov (Kassel) und Prof. Jörg Wrachtrup (Stuttgart) in Mikroresonatoren integriert, und kollektiv verstärkte Superfluoreszenz eines kleinen Ensembles von Emittlern konnte erstmals beobachtet werden. Zudem wurde in Kollaboration mit Prof. Kubanek (Ulm) Quantenemitter in hBN in Faserresonatoren untersucht [Häußler et al., Adv. Opt. Mater. 9, 2002218 (2021)].

Mit der mittlerweile ausgegründeten Start-up-Firma Qlibri besteht weiterhin enge Zusammenarbeit und Know-How transfer zur Kommerzialisierung von Faserresonatoren und Scanning Cavity-Mikroskopen.

Die Arbeiten wurden aus Eigenmitteln mit einer Gruppenleitungs- und drei Doktorandenstellen unterstützt.

Am Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE) wurde mit den Innovationspool-Mitteln die Entwicklung der Qubit Kontroll- und Ausleseplattform weiter vorangetrieben. Im Fokus stand insbesondere die Vereinfachung der Nutzbarkeit der Plattform. Hierfür wurde die zuvor entwickelte Hochsprache und deren Compiler um verschiedene Funktionen erweitert. Gleichzeitig wurde die Plattform in verschiedenen Experimenten auch mit Multi-Qubit-Chips genutzt, wodurch deren Funktionsfähigkeit nachgewiesen werden konnte. Die im Jahr 2021 beschaffte Laborelektronik erlaubt nun auch eine verbesserte Charakterisierung der Plattform. Diese Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen, zeigen aber, dass die Signalqualität deutlich teurerer Laborelektronik ebenbürtig ist. Weiterhin wurde insbesondere mit Eigenmitteln die Hardwareentwicklung vorangetrieben. Hierzu zählen neben einigen Adapterplatinen für RFSoc Boards insbesondere auch die Optimierungen der integrierten Hochfrequenzelektronik. Diese wird aktuell ebenfalls charakterisiert.

An den Arbeiten des IPE waren in Summe 1,1 Doktoranden, 0,25 Wissenschaftler und 0,67 Ingenieure beteiligt.

2. Joint Lab „Virtual Material Design (VMD)” (FZJ, KIT, HZB, HZG)

Unter Koordination des KIT und Beteiligung aller drei Programme des Forschungsbereichs Information wurden neben der erfolgreichen Arbeit in zahlreichen wissenschaftlichen Projekten, wichtige Arbeiten zum Aufbau der kollaborativen Arbeitsumgebung für Workflows in Erfüllung des quantitativen Ziels 3 durchgeführt. Am KIT/FZJ wurden jeweils Server für die Workflow-Umgebungen SimStack/JupyterLab etabliert. Das FZJ hat in der Workflow-Umgebung AiiDA Hochdurchsatz-Simulationen klassischer Spinsysteme mit automatisiert bestimmten Parametern aus der Quantenmechanik verknüpft. Das Hereon hat wesentliche Erweiterungen zur weit verbreiteten Open-Source-Simulations-Bibliothek deal.ii beigetragen, die nun weltweit

in der Materialforschung genutzt werden können. Darüber hinaus wurde ein internationaler Workshop zum Thema des JL durchgeführt, der 2022 fortgeführt werden soll. Wichtige Ergebnisse werden in einem Special Issue „Virtual Materials Design“ sichtbar gemacht.

Ziel des Projektes ist die Entwicklung und Validierung von Methoden zum rechnergestützten Materialdesign. Dazu sollen aufbauend auf bestehenden Systemen virtuelle Arbeitsumgebungen für die Durchführung von Multiskalen-Workflows entwickelt und an ausgewählten Beispielen getestet werden.

Im Projekt „Quantenmaterialien“ besteht das langfristige Ziel, die experimentelle Suche nach geeigneten chemischen Zusammensetzungen von Quantenmaterialien zur Optimierung ihrer ungewöhnlichen elektronischen und magnetischen Eigenschaften durch theoretische Modellierungen zu beschleunigen und Vorhersagen für neuartige Materialien zu machen. Die theoretische Modellierung basiert auf einer Verknüpfung der Dichtefunktionaltheorie mit einer Molekularfeldbeschreibung, die eine effiziente Behandlung von Festkörpern mit Defekten (z.B. durch chemische Substitution, Fehlstellen) erst ermöglicht. In 2021 wurde dieses numerische Verfahren erweitert (z.B. zur Beschreibung magnetischer Ordnung) und in der Handhabung vereinfacht. Erste Anwendungen zu Eisenpniktid-Supraleitern wurden von einem Doktoranden (Theorie) in Zusammenarbeit mit zwei PoF-finanzierten Wissenschaftlern (Kristallzüchtung und Charakterisierung) durchgeführt.

Im Projekt „Virtual Research Environment for Materials Modeling and Data Analysis“ wurde ein Software-Repository mit Anwendungsfällen etabliert, zu dem alle weiteren Projekte der „Virt-Mat“-Initiative mit Analyse- und Simulations-Codes beitragen können. In einem weiteren Repository wurde eine Middleware entwickelt, mit der die Anwendungsfälle als Notebooks in einem JupyterHub mit nahtloser Integration der Rechenressourcen HoreKa und bwUniCluster mit Batchsystem SLURM, des Workflowmanagementsystems FireWorks, sowie von Python-Bibliotheken für Materialmodellierung, eingesetzt werden können. Als Anwendungsfall wurde ein Notebook für die Modellierung von Elektrokatalysator-Materialien für Brennstoffzellen und Wasserelektrolyse demonstriert. Gleichzeitig wurde am selben Beispiel eine Domänenanalyse für den Entwurf einer neuen Modellierungssprache durchgeführt.

Im dem VMD-Projekt P12 „Co-optimized Materials, Processes and Layouts for Superconducting Circuit Components“ wird das Ziel verfolgt, einen digitalen Zwilling für supraleitende Schaltungselemente bestehend aus verschiedenen Materialien und unterschiedlichen Geometrien (Layouts) zu entwickeln. Hierfür werden experimentelle Daten wie beispielsweise Kohärenzzeit, Lebenszeit, Nichtlinearitäten in ein eigens zu entwickelndes Design und Simulationstool eingelesen und deren Einfluss auf die Performance der Gesamtschaltung durch Simulationen untersucht. Bisher wurde ein Impedanzmodell ohne Verlustprozesse implementiert und mit weiteren elektromagnetischen Simulationen der Bauteile sowie circuit quantum electrodynamics Methoden (cQED) gekoppelt. Derzeit muss das Impedanzmodell noch manuell in die FEM Simulationen eingelesen werden, letztere wurden vor kurzem erfolgreich mit Rechenressourcen des bwUniCluster ausgeführt und damit die Eigenfrequenzen des Resonators berechnet. Darauf aufbauend sollen in naher Zukunft die Impedanzmodelle für Supraleiter inkl. Verlustprozessen mit den FEM Simulationen automatisiert gekoppelt werden und somit für verschiedene Materialien und Layouts eine Simulation und Optimierung der gesamten Schaltung erreicht werden.

Insgesamt wurden am KIT für das Projekt 3 FTE Akademiker eingesetzt.

3. Joint Lab „Integrated Model and Data Drive Material Characterization (MDMC)” (FZJ, KIT, HZB, HZG)

Das Joint Lab MDMC schafft eine Plattform, die neue experimentelle Methoden der Materialcharakterisierung mit zukunftsgerichteten Verfahren der Daten- und Informationsverarbeitung vereint. Diese Plattform wird genutzt, um quantitative Ergebnisse aus multiskaligen und korrelativen Charakterisierungstechniken für die rechnergestützte Modellierung der Strukturen und des Verhaltens komplexer Materialsysteme zu liefern. Seit dem Start im Jahr 2021 konzentrieren sich die Arbeiten zur Bildung der Charakterisierungs- und Informationsplattform auf die Etablierung und Entwicklung korrelierter Methoden sowie auf die wesentlichen Fortschritte beim Datenmanagement. Große Fortschritte bei der Dokumentation von Arbeitsabläufen zur Erleichterung der Implementierung von ELNs wurden erzielt. Der Hauptbeiträge für MDMC werden in den Programmtopics von EDF (T1), NACIP (T1) und MSE (T1, T3 und T5) erarbeitet. Durch MDMC als Mittelpunkt sind zwischen diesen Programmtopics bzw. beteiligten Zentren Kollaborationen verstärkt worden oder zum Teil auch entstanden. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der KNMFi, die in mehreren dieser Topics tätig sind, sind dabei zentral involviert.

Die Entwicklung und Annahme von Metadatenschemata und -standards ist ein wichtiger Aspekt der Datenverwaltung. Programmübergreifend haben Forschende vom KIT, FZJ und Hereon und dem EU-Projekt „Nanoscience Foundries and Fine Analysis Europe – Pilot“ (<https://www.nffa.eu>) gemeinsam ein Top-Level-Glossar (<https://www.nffa.eu/apply/data-policy/glossary>) als Grundlage einer Ontologie (<https://github.com/kat-data-manager/MDMC-NEP-top-level-ontology>) definiert. Darauf aufbauend wurde für Experimente, Messungen und Datenanalyse ein generischer Workflow entworfen. Es wurde ein Ansatz für ein Metadatenmodell für die Materialwissenschaften entwickelt, und zwar konkret für die Rasterelektronenmikroskopie, die in der Materialwissenschaft routinemäßig eingesetzt wird. Dieses Metadaten-schema soll ein De-facto-Standard werden, der für die Wiederverwendung und die Erweiterung auf andere Elektronenmikroskopiertechniken offen zugänglich ist.

*R. Joseph, A. Chauhan, C. Eschke, A.Z. Ihsan, M. Jalali, U. Jäntschi, N. Jung, C.N. Shyam Kumar, C. Kübel, C. Lucas, M. Mail, A. Mazilkin, C. Neidiger, M. Panighel, S. Sandfeld, R. Stotzka, R. Thelen, R. Aversa, **Metadata schema to support FAIR data in scanning electron microscopy**, Supplementary Proceedings of the XXIII International Conference on Data Analytics and Management in Data Intensive Domains (DAMDID/RCDL 2021): Moscow, Russia, October 26-29, 2021. Ed.: A. Pozanenko, 265 (2021)*

An einem ausgewählten Beispiel wurde erarbeitet, wie die Ergebnisse einer AFM-Messung dreidimensional rekonstruiert werden können und somit für weitere Auswertungen und Untersuchungen mit Simulationsmethoden zur Verfügung stehen. Die Ergebnisse wurden dazu in die Forschungsdateninfrastruktur Kadi4Mat abgelegt unter der Berücksichtigung verschiedener Ontologien.

Von zentraler Bedeutung für die Entwicklung von Metadatenschemata sind wöchentliche online Gruppentreffen, die vom KIT koordiniert werden und an denen Vertreterinnen und Vertreter von KIT, FZJ, Hereon und aus dem EU-Projekt NFFA-Europe Pilot teilnehmen.

Neben der Forschung zwischen den Programmtopics wird MDMC am KIT aus dem Innovationspool mit sechs Promovierenden- bzw. Postdoc-Stellen finanziert. Die Mittel werden insbesondere dazu verwendet, junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu gewinnen, um Fachwissen in den Data Science-Aktivitäten im Zusammenhang mit dem Aufbau der Charakterisierungs- und Informationsplattform zu generieren, sowohl auf der Seite der Entwicklung von Datenmanagement-Tools (Workflows, Ontologien, etc.) als auch der Implementierung in die Charakterisierungsmethoden.

4. 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. Die Vision des JL Exascale ESM ist, dass eine gemeinsame Strategie über die Forschungsbereiche hinweg und auch über die Helmholtz-Gemeinschaft hinaus den „Anwendungsbereich“ ESM für das Supercomputing stärkt und die Anerkennung der Bedeutung technischer Aspekte in der Erdsystemwissenschaft verbessert. Es baut dabei auf das IVF Projekt Pilot Lab ExaESM auf. Aufgrund der unterschiedlichen Programmlaufzeiten und vielfältiger Abstimmungsprozesse innerhalb und zwischen den Forschungsbereichen ist das JL ExaESM noch in der Vorbereitungsphase. Ein Kickoff-Meeting ist für den 18. März 2022 geplant. Am KIT wurden durch das Programm EDF die Datei-Ein/Ausgabe von Erdsystemmodellen durch den Einsatz eines on-demand-Datensystems beschleunigt. Darauf aufbauend werden im JL ExaESM Datenflüsse und Workflows in Exascale-Erdsystemmodellen optimiert und hybride Rechnerarchitekturen (GPU/CPU) genutzt werden.

Für ExaESM war die Einstellung zweier wissenschaftlicher Mitarbeitender geplant, es konnten allerdings leider keine geeigneten Kandidatinnen oder Kandidaten gefunden werden. Entsprechend wurden für 2021 keine Ausgaben nachgewiesen.

5. Roadmapping und Öffentlichkeitsarbeit (FZJ, KIT, HZB, HZG)

Dieses Pilotprojekt, unter Koordination des FZJ und Beteiligung des gesamten Forschungsbereichs, befasst sich mit der Gestaltung eines maßgeschneiderten Roadmapping-Prozesses. Zudem sollen zielgruppengerechte Strategien zur Erhöhung der Sichtbarkeit des Forschungsbereichs entwickelt werden. Die Aktivitäten im Jahr 2021 umfassen die methodische Konzeption des Roadmapping-Prozesses auf Basis von Best-Practice-Ansätzen sowie die Initiierung eines Piloten zum Technologiefeld „Quantum Technology and Photonics“. Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit wurde zum Start der PoF IV eine virtuelle Kick-Off Veranstaltung mit rund 800 Teilnehmern durchgeführt. Zudem wurde ein Blog mit den Namen „Informationskompass“ (<https://blogs.helmholtz.de/research-field-information/>) konzipiert, der Highlights der Arbeiten der am FB Information beteiligten Arbeitsgruppen und Institute präsentiert.

Am FZJ wurde für dieses Projekt Personal vorgesehen mit der Vereinbarung, dass die Kosten mit den anderen Partnern verrechnet werden. Die Rechnung für 2021 ist noch nicht am KIT eingetroffen, wir erwarten sie aber in Kürze. Das zur Verfügung stehende Budget sollte daher von 2021 nach 2022 übertragen werden, um diese Verpflichtung zu bedienen.

6. Hospitationsprogramm

Aufgrund der Corona-Pandemie gab es keinen Austausch von Personal zwischen den Zentren. Entsprechend wurden keine Ausgaben nachgewiesen.

A.2.3 Überblick zum Forschungsbereich Materie

A.2.3.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Senat

Koordinator: Prof. Dr. Helmut Dosch (DESY)

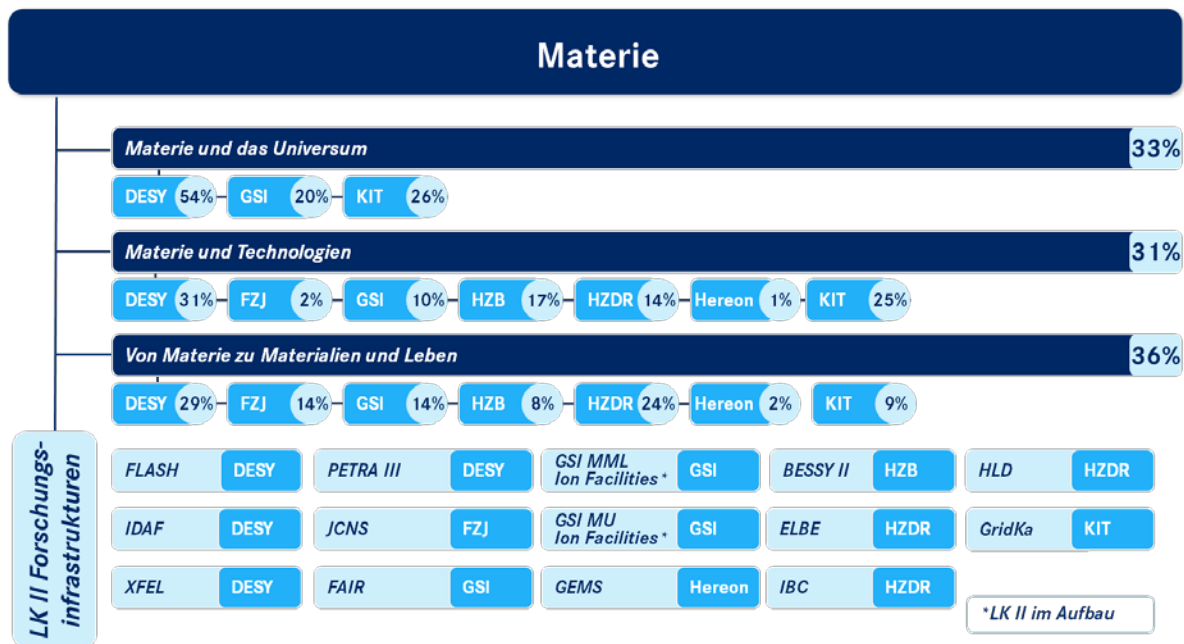
Beteiligte Helmholtz-Zentren: DESY, FZJ, GSI, HZB, HZDR, Helmholtz-Zentrum Hereon, KIT

Teil A: Der Forschungsbereich Materie

In der strategischen Bewertung des Programms wurde die Ausgestaltung der Programmplanung des Forschungsbereichs Materie grundsätzlich bestätigt, um die Forschungspolitischen Ziele des Forschungsbereichs zu erreichen. Darüber hinaus wurden allgemeine sowie programmspezifische Empfehlungen vom Senat der Helmholtz-Gemeinschaft aufgegriffen und für das Programm-Controlling formuliert (siehe Kapitel 2 sowie die drei Programmfortschrittsberichte von MU, MT und MML).

A.2.3.1.1 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 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.



*Prozentzahlen: Programmanteile der Forschungszentren der Helmholtz-Gemeinschaft in Prozent auf Grundlage der über die 4. Programmperiode gemittelten Vollkosten laut Plan.“

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 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. 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.

A.2.3.1.1.1 Entwicklungen der Forschungsinfrastrukturen

Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen

Die Helmholtz-Gemeinschaft hat 2021 eine aktualisierte Planung ihrer neuen großen Forschungsvorhaben vorgelegt: Die Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen. Vorausgegangen ist dieser Planung ein umfangreicher Diskussions- und Bewertungsprozess in den Forschungsbereichen, der die Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Programme für die nächste Dekade nach Durchlaufen einer internationalen Begutachtung reflektiert und einbezieht. Im Dialog mit wissenschaftlichen Partner:innen und Nutzer:innen wurde die Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen einer kritischen Überprüfung unterzogen, um thematische Schwerpunktsetzungen, die zeitliche Reihung der geplanten Vorhaben sowie mögliche Lücken auszuleuchten und damit die Nutzerbedarfe und Sichtweisen der strategischen und wissenschaftlichen Partner:innen bestmöglich einzubeziehen. Die abgestimmte Helmholtz-Roadmap ist Teil des nationalen Roadmap-Prozesses. Sie soll den Zuwendungsgebern ermöglichen, eine ausgewogene forschungspolitische Entscheidung zu treffen, welche der vorgeschlagenen Forschungsinfrastrukturen den künftigen Herausforderungen am besten begegnen kann und am meisten auf die Erfüllung der Mission der Helmholtz-Gemeinschaft einzahlt, um in den kommenden Jahren gefördert zu werden.

Die Helmholtz-Roadmap der zukünftigen Forschungsinfrastrukturen wurde auf dem Helmholtz-Symposium „Forschungsinfrastrukturen der Zukunft“ am 28.06.2021 einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Für den Forschungsbereich Materie sind elf gemeinsame Forschungsvorhaben in drei Kategorien gelistet: DDL (2023-2027), TIER-Upgrade (2025-2028), PETRA IV (2023-2028), DALI (2023-2029), BESSY III (2030-2035), ACDC (2024-2028), IceCube-Gen2 (2024-2031), DARWIN (2025-2030), ET (2026-2031ff), GCOS (2028-2033ff) und HIBEF 2.0 (2023-2025)

Helmholtz Photon Science Roadmap

Die drei Zentren DESY, HZB und HZDR haben mit der Helmholtz Photon Science Roadmap ihre gemeinsame Zukunftsplanung für die von ihnen betriebenen wissenschaftlichen Lichtquellen in Hamburg, Berlin und Dresden erarbeitet. Die Strategie schlägt Upgrades für PETRA IV, BESSY III und DALI vor, berücksichtigt aber auch die kontinuierliche Modernisierung des Freie-Elektronen-Lasers FLASH2020+ in Hamburg sowie die weitere Beteiligung an dem internationalen Röntgenlaser European XFEL in Schenefeld bei Hamburg. Die Helmholtz Photon Science Roadmap wurde anlässlich des Helmholtz-Symposiums „Forschungsinfrastrukturen der Zukunft“ am 28. Juni 2021 als Bestandteil der Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen vorgestellt (siehe unten).

Landscapeanalyse der Forschungsinfrastrukturen

Der Forschungsbereich Materie hat eine detaillierte Analyse seiner Großgerätelandschaft („Landscapeanalyse der Forschungsinfrastrukturen“) erarbeitet. Neben den zwölf LK II-Anlagen des Forschungsbereichs wurden sieben LK I- Anlagen identifiziert, die einen sichtbaren Nutzerbetrieb haben. Die relevanten Informationen zum wissenschaftlichen Profil und technischen Life Cycle, zur Rolle und strategischer Bedeutung sowie zu Ressourcen und Nutzung wurden erarbeitet. Die Landscapeanalyse stellt eindrucksvoll dar, dass die LK I-Anlagen des Forschungsbereichs Materie ebenso international geprägt sind wie die LK II-Anlagen und alle gleichermaßen eine sehr hohe Nutzung durch Universitäten aufweisen. Im LK I-Korridor stammen durchschnittlich ein Drittel der Nutzer:innen von Universitäten, bei den LK II sind es über die Hälfte. Bei allen untersuchten Forschungsinfrastrukturen sind die überwiegende Mehrheit externe Nutzer:innen von außerhalb des betreibenden Zentrums (78% bei LK I und 94% bei LK II). Die meisten Projekte sind stark interdisziplinär aufgestellt und werden von einer in der Regel europäisch und international geprägten und vernetzten Nutzerschaft durchgeführt. Mit über 97% ist die durchschnittliche Verfügbarkeit der Anlagen zudem sehr hoch.

Die Landscapeanalyse wurde den Zuwendungsgebern auf der Forschungsbereichsplattform am 29.09.2021 vorgestellt und soll in regelmäßigen Abständen aktualisiert werden. Die Analyse adressiert auch das in den Forschungspolitischen Zielen des Forschungsbereichs Materie festgelegte übergeordnete Ziel „*Die Forschungsinfrastrukturen durch Ausbau des Betriebs für externe Nutzer:innen zu stärken*“.

Nutzung von Forschungsinfrastrukturen unter Pandemie-Bedingungen

Das Jahr 2021 war weiterhin stark vom Pandemiegeschehen geprägt und hat zu Einschränkungen im Betrieb der Zentren und der großen Forschungsinfrastrukturen geführt. Das Notfallmanagement an den Forschungszentren wurde routiniert betrieben, nahm aber immer noch eine große Rolle ein. Während für den wissenschaftlichen Austausch, für Meetings, Konferenzen und Gremiensitzungen virtuelle Formate standardmäßig genutzt wurden, waren Reise- und Kontaktbeschränkungen insbesondere für den Nutzerbetrieb der großen LK II-Anlagen weiterhin eine Herausforderung. Gemeinsam mit Sicherheits- und weiteren Expert:innen wur-

den auf Basis der behördlichen Anweisungen der Ausbau von innovativen Zugangsmöglichkeiten für externe Nutzer:innen vorangetrieben, so dass Betrieb und Auslastung der Großforschungsanlagen sich stetig normalisierte. Dies gelang insbesondere durch Remote-Access-Messungen, Mail-In- und Staff-Assisted-Experimente. Die Pandemie-bedingt erarbeiteten neuen digitalen Lösungen stellen eine große Chance dar, neue Betriebsformen dauerhaft anzubieten, nicht zuletzt, um den Nutzerbetrieb z.B. durch reduzierte Reisetätigkeiten nachhaltiger zu machen. Aber auch bei den Nutzer:innen selbst gab es eine deutlich gestiegene Nachfrage nach Remote-Access-Zugängen zu den Forschungsanlagen, sowohl bei der Experimentdurchführung als auch bei der Datenanalyse. Daher bauen die Zentren des Forschungsbereichs Materie ihre "Remote-Fähigkeit" stetig weiter aus. Es ist zu erwarten, dass nach dem Abklingen der Covid-19-Pandemie ein Teil der Nutzerschaft auf die persönliche Anwesenheit vor Ort wird verzichten wollen. Dieser neue LK-II Remote-Zugang zu Großforschungsanlagen ist allerdings mit erheblich größerem Personalbedarf und höheren Kosten an den Zentren verbunden.

Um die kurz, mittel- und langfristigen Auswirkungen der Pandemie und des Remote-Zugriffs auf Forschungsinfrastrukturen mit Vor-Ort Nutzerbetrieb zu erfassen und die sich daraus ergebenden Mehrbedarfe abschätzen zu können, hat der Forschungsbereich Materie eine Erhebung angestoßen. In dieser werden u.a. die LK II-Kennzahlen vor, während und nach der Pandemie untersucht (Zeitraum zunächst von Anfang 2019 bis Ende 2021 mit optionaler Verlängerung). Ein Ziel der Studie ist eine breite Datenbasis, um den künftig wahrscheinlich stark steigenden Anteil von *Remote-Access*-Messungen und *Mail-In*-Experimenten begegnen zu können. Das Monitoring der Studie ist kontinuierlich angelegt, um langfristige Trends zu quantifizieren. Als erste Ergebnisse der Studie lässt sich feststellen:

- Die Anzahl der Projektdurchführungen normalisiert sich, obwohl die LK II-Anlagen noch nicht im Volllastbetrieb und die Nutzer:innen Zahlen deutlich reduziert sind
- Der Remote-Zugang wird gut angenommen; einfach umsetzbare Remote-Optionen wurden geschaffen, der weitere Ausbau ist hingegen mit steigendem Aufwand verbunden
- Der Staff-Assisted Betrieb benötigt zur vollen Ausschöpfung zusätzliches Personal an den Experimenten und den weiteren Ausbau der Automatisierung und Digitalisierung

Derzeit werden die sicherheitstechnischen Aspekte eines verstärkten Remote-Betriebs noch genauer analysiert.

A.2.3.1.1.2 Sonstige Entwicklungen und Neuigkeiten

Forschungsbereichsweite Arbeitsgruppen und Strategiepapiere

Die Forschungspolitischen Ziele für die vierte PoF-Periode legen fest, dass eine Reihe von Strategiepapieren, Eckpunktepapieren und Berichten zu erstellen ist. Dazu hat der Forschungsbereich Materie die Gründung von drei Arbeitsgruppen aus Expert:innen der Zentren angestoßen: AG für Innovation und Transfer des Forschungsbereichs Materie, AG für Wissenstransfer und Öffentlichkeit des Forschungsbereichs Materie und AG für Talentmanagement des Forschungsbereichs Materie.

Die Arbeitsgruppen treffen sich in regelmäßigen Abständen und bündeln die strategischen Ansätze der einzelnen Zentren und konkretisieren sie Materie-spezifisch. Sie nutzen Synergien, erarbeiten gemeinsam neue Ideen und Maßnahmen und stimmen sich forschungsbereichsweit ab. Über die Fortschritte in den Arbeitsgruppen wird in den Gremien des Forschungsbereichs regelmäßig berichtet und ausführlich diskutiert.

Darüber hinaus hat der Forschungsbereich Materie (in Zusammenarbeit mit anderen Forschungsbereichen) mehrere wissenschaftliche Strategiepapiere verfasst. 2021 konnte ein überarbeitetes Strategiepapier der Helmholtz-Gemeinschaft zu Quantentechnologien vorgestellt werden. Analog wurde 2021 auch die Helmholtz-Materialforschungsstrategie veröffentlicht, mit der die Gemeinschaft auf diesem Gebiet in PoF IV forschungsbereichsübergreifend voranschreiten möchte. Zudem hat der Forschungsbereich eine eigene Digitalisierungsstrategie erarbeitet und seine Planungen für die Forschung mit den von ihnen betriebenen wissenschaftlichen Lichtquellen, die Helmholtz Photon Science Roadmap, fertig gestellt (siehe unten).

Berichte aus den Gremien des Forschungsbereichs

Die Mitglieder der Forschungsbereichsplattform Materie haben am 12.04.2021 in einer virtuellen Sitzung eine leicht modifizierte Geschäftsordnung für ihr Gremium beschlossen. Die Änderungen betreffen die Interaktion und Zusammenarbeit der Forschungsbereichsplattform mit dem Strategischen Beirat. Darüber hinaus wurde in der aktualisierten Geschäftsordnung festgehalten, dass die Programmsprecher als ständige Gäste regelmäßig an allen Forschungsbereichsplattform teilnehmen sollen. Dies wird die Sichtbarkeit der drei Forschungsprogramme in der Plattform erhöhen und vermehrt auch wissenschaftliche Themen in den Fokus rücken, aber auch die Vernetzung zwischen den Zentren des Forschungsbereichs weiter stärken.

Der Lenkungsausschuss des Forschungsbereichs Materie (das „All-Hands“-Meeting des Forschungsbereichs mit allen Programm- und Topic-Sprecher:innen und deren Stellvertreter:innen) fand zu seiner jährlichen Sitzung am 27.04.2021 virtuell zusammen. Der Lenkungsausschuss hat sich als zentrale Austauschplattform im Forschungsbereich etabliert, um einerseits Informationen aus dem Managementboard und der Forschungsbereichsplattform in die Programme und Topics zu transportieren und zu reflektieren und andererseits Impulse und Initiativen aus der Wissenschaft ins Management des Forschungsbereichs hineinzutragen. Darüber hinaus bietet der Lenkungsausschuss auch die Möglichkeit, in einem größeren Teilnehmerkreis über strategische Themen (Forschungsstrategien, siehe unten) und gemeinsame Projekte (Innovationspool, siehe unten) zu diskutieren.

Kooperation des Forschungsbereichs Materie mit dem IPP

Das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) hat zum 01.01.2021 seine assoziierte Mitgliedschaft in der Helmholtz-Gemeinschaft beendet, um weitere Doppelbegutachtungen zu vermeiden und den bürokratischen Aufwand der Evaluationen zu reduzieren. Es wurde vereinbart, die institutionelle Grundfinanzierung des IPP künftig im Bundeshaushalt nicht mehr im Titel der Helmholtz-Gemeinschaft darzustellen, sondern diese als Zuwendung an die Max-Planck-Gesellschaft nach dem Schlüssel 90/10 abzubilden. Um die erfolgreiche wissenschaftliche Zusammenarbeit fortzuführen, hat der Forschungsbereich Materie mit dem IPP ein Memorandum of Understanding geschlossen. So sollen die gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zur Plasmaphysik gefestigt werden, die einen zentralen Bestandteil des Programms MU darstellen. Die Absichtserklärung erlaubt außerdem, die assoziierte Partnerschaft gegenseitig auszuweisen.

200 Jahre Hermann von Helmholtz – Jubiläum der Helmholtz-Gemeinschaft

2021 jährte sich der 200. Geburtstag des Namensgebers der Helmholtz-Gemeinschaft, Hermann von Helmholtz, der am 31. August 1821 in Potsdam geboren wurde. Aus diesem Anlass haben alle Forschungsbereiche die großen wissenschaftlichen Herausforderungen der Zeit formuliert und in sogenannten *Challenges* die Forschungsansätze der Helmholtz-Gemeinschaft aufbereitet. Die Challenges wurden über ein Jahr verteilt, nach und nach veröffentlicht

und bieten den interessierten Internet-Leser:innen Einblicke in die Forschung der Helmholtz-Gemeinschaft. Darunter finden sich auch zahlreiche Herausforderungen aus dem Forschungsbereich Materie. Darüber hinaus haben einige Helmholtz-Zentren ihrem Namensgeber mit einer eigenen Festveranstaltung geehrt, wie z.B. das HZB in Berlin.

Übertragung von TransFAIR

Im Rahmen des 2020 begonnenen Projekts TransFAIR ist vorgesehen, das Institut für Kernphysik (IKP-1,-2,-4) des FZJ schrittweise ab dem 01.01.2021 mit zugehörigem TransFAIR Budget an die GSI zu transferieren, mit dem Ziel der Erhaltung der Kompetenzen sowie der Stärkung des FAIR Projektes. Zum 01.01.2021 ist die wissenschaftliche Verantwortung für die Forschungsaktivitäten des IKP an die GSI übergegangen. Die Forschungsvorhaben umfassen die Beiträge des IKP im Programm MU, MT, sowie die Beiträge zu FAIR (Sonderregelung) außerhalb der PoF als Sondertatbestand.

A.2.3.1.2 Umsetzung der Forschungspolitischen Ziele und der programmübergreifenden Senatsempfehlungen

Im Folgenden ein kurzer Bericht zum Stand der laufenden Strategieplanung und der Umsetzung der programmübergreifenden Senatsempfehlungen; über die Umsetzung der Empfehlungen zu den einzelnen Programmen (LK I) und den zugehörigen wissenschaftlichen Infrastrukturen (LK II) wird in den entsprechenden Programmfortschrittsberichten informiert.

Eine aktiv laufende Strategieplanung im Forschungsbereich ist Auftrag sowohl des Senats der Helmholtz-Gemeinschaft wie auch der „*Forschungspolitischen Ziele des Forschungsbereichs Materie der Helmholtz-Gemeinschaft für die IV. Periode der Programmorientierten Förderung*“ seitens des Zuwendungsgebers. Die Forschungspolitischen Ziele setzen den forschungspolitischen Rahmen der Forschungsprogramme und des Bereichs. Der Stand der Erstellung der aktuell diskutierten Strategiepapiere ist wie folgt:

Digitalisierungsstrategie

Als erster Forschungsbereich hat Materie Ende 2021 eine eigene Digitalisierungsstrategie erarbeitet. Die Koordination erfolgte unter Federführung des Topics DMA im Programm MT. Die Strategie 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 forschungsbereichsübergreifende 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 forschungsbereichsübergreifendes Netzwerk, zu dem der Forschungsbereich Materie signifikant beigetragen hat, ein überarbeitetes Strategiepapier der Helmholtz-Gemeinschaft zu Quantentechnologien vorgestellt (Quantenstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft). 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.

Materialforschungsstrategie

2021 wurde auch die Helmholtz-Materialforschungsstrategie veröffentlicht, mit der die Gemeinschaft auf diesem Gebiet in PoF IV forschungsbereichsübergreifend voranschreiten möchte. Der Forschungsbereich Materie ist daran in großer thematischer Breite beteiligt und bringt insbesondere die Möglichkeiten und Perspektive der Nutzergroßgeräte mit ein. Die Materialforschungsstrategie nutzt als Basis die komplementären Kompetenzen aller Forschungsbereiche und setzt auf ein hohes Maß an Synergie durch die Zusammenarbeit. Durch den forschungsbereichsübergreifenden 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

Strategie der beschleunigerbasierten Photon Science

Die drei Zentren DESY, HZB und HZDR haben eine gemeinsame Zukunftsplanung für die Forschung mit den von ihnen betriebenen wissenschaftlichen Lichtquellen in Hamburg, Berlin und Dresden entwickelt, die Helmholtz Photon Science Roadmap. Die in ihrer Strategie vorgeschlagenen Upgrades PETRA IV, BESSY III und DALI stärken den Forschungsstandort Deutschland und werden für Innovationen und Anwendungen in vielen Bereichen sorgen, von der Physik, Chemie, Biologie, Medizin, Material-, Energie-, Erde- und Umweltwissenschaften, über die verschiedensten Richtungen der Informationstechnologien bis hin zu den Ingenieur- und Altertumswissenschaften. Zur Gesamtstrategie der Helmholtz Photon Science Roadmap zählt außerdem die kontinuierliche Modernisierung des Freie-Elektronen-Lasers FLASH2020+ in Hamburg sowie die weitere Beteiligung an dem internationalen Röntgenlaser European XFEL in Schenefeld bei Hamburg. Die geplanten Lichtquellen ergänzen sich komplementär und garantieren damit, auch zukünftigen Herausforderungen aus Wissenschaft und Industrie gewachsen zu sein und so international eine Spitzenstellung inne zu haben. Das Strategiepapier *Nationale Strategie zur Weiterentwicklung beschleunigerbasierter Nutzereinrichtungen für die Forschung mit Photonen und mit hohen elektromagnetischen Feldern* (kurz: Helmholtz Photon Science Roadmap) wurde anlässlich des Helmholtz-Symposiums „Forschungsinfrastrukturen der Zukunft“ am 28. Juni 2021 als Bestandteil der Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen vorgestellt.

Programmübergreifende Senatsempfehlungen

Der Senat der Helmholtz-Gemeinschaft unterstützt die Programmplanung des Forschungsbereichs Materie ausdrücklich wie beantragt. Auf Ebene des Forschungsbereichs gibt er folgende zusätzliche programmübergreifende Empfehlungen:

Offen bleiben für neue Forschungslinien und neue Themen

Zur strategischen Förderung von programm- und forschungsbereichsübergreifenden Wegbereiterprojekten, die gesellschaftlich hochrelevante Themen bearbeiten, wurde der Innovationspool des Forschungsbereichs Materie etabliert. In mittlerweile zwei Ausschreibungsrunden (2019-2020 und 2021-2023) wurden eine Reihe von innovativen Aktivitäten gefördert, die einen stark interdisziplinären Charakter haben. Aufbauend auf den Forschungsergebnissen der ersten Ausschreibungsrunde werden einige der Pilotprojekte auch in der zweiten Runde gefördert. Der Innovationspool speist sich aus 1% der LK I-Mittel aller Zentren (für 2021 ca. 4,5 Mio. Euro). Zusätzlich werden Eigenmittel der Zentren des Forschungsbereichs Materie (für 2021 ca. 2,2 Mio. Euro) sowie Mittel von externen Kooperationspartnern (für 2021 ca. 0,6 Mio. Euro) in die Projekte eingebracht. Die Projektauswahl erfolgt gemeinsam durch die Zentrenvorstände, die Programmsprecher:innen und die Zuwendungsgeber von Bund und Ländern.

Darüber hinaus hat der Forschungsbereich Materie zwei Voranträge für mögliche Helmholtz-Institute ausgearbeitet. Zum einen verfasst das DESY zusammen mit der Universität Göttingen den Antrag für ein Helmholtz-Institute Göttingen for Multiscale and Correlative X-Ray Imaging Technologies (Koordinator: Tim Salditt), zum anderen wird durch das HZDR und der Universität Rostock ein Konzept für das Helmholtz-Institute for High Energy Density in Rostock (Koordinatoren: Roland Redmer und Dominik Kraus) erarbeitet. Beide Ansätze behandeln im internationalen Kontext einzigartige Forschungsthemen, die – als Alleinstellungsmerkmal – nur unter Beteiligung der großen Forschungsinfrastrukturen des Forschungsbereichs möglich sind.

Attraktiv sein für junge und aufstrebende Wissenschaftler:innen, sowie eine Vorbildfunktion übernehmen für durchschlagende Maßnahmen im Umgang mit der gesellschaftlichen Vielfalt

Die Zentren des Forschungsbereichs Materie nutzen eine Vielzahl von Maßnahmen, um Nachwuchswissenschaftler:innen in der Entwicklung ihrer Karrieren zu fördern. Im Blickpunkt stehen dabei neben der Studierenden- und Promovierendenförderung auch Unterstützungsmaßnahmen für Postdocs und Nachwuchsgruppenleiter:innen. Einzelne Maßnahmen richten sich zudem explizit an Mitarbeiter:innen auf Verwaltungsebene. Vermehrte Anstrengungen wurden unternommen, die Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben und die Chancengleichheit zu verbessern (Unterzeichnung der Charta der Vielfalt).

Um seine Expertise auf Arbeitsebene zu bündeln, Synergien zu nutzen und die Abstimmung zwischen den Zentren zu verbessern, hat der Forschungsbereich eine Arbeitsgruppe aus Expert:innen aller beteiligten Zentren gegründet, die AG für Talentmanagement des Forschungsbereichs Materie. Die Arbeitsgruppe nutzt die strategischen Ansätze der einzelnen Zentren und konkretisiert sie Materie-spezifisch. Über die Fortschritte soll in den Gremien des Forschungsbereichs regelmäßig berichtet und diskutiert werden. Eine detaillierte Beschreibung von Maßnahmen und Erfolgen erfolgt im Kapitel 4.1 Talentmanagement.

Industriekontakte innerhalb der verschiedenen Projekte konkret implementieren

Das Innovations- und Transfergeschehen findet in der Helmholtz-Gemeinschaft auf Zentrums-ebene statt. Alle Zentren des Forschungsbereichs Materie nutzen eigene Transferstrategien, die auf die jeweiligen Forschungsthemen, LK II-Anlagen und die regionale Wirtschaft ausgerichtet sind. Darüber hinaus hat die Helmholtz-Gemeinschaft eine eigene, organisationsweite Transferstrategie erarbeitet.

Die Zwischenebene des Forschungsbereichs wird maßgeblich durch die AG für Innovation und Transfer des Forschungsbereichs Materie bespielt. Die Arbeitsgruppe hat eine beratende und koordinierende Funktion für den Forschungsbereich und ist regelmäßiger Gast in allen relevanten Gremien (Managementboard, Forschungsbereichsplattform, Lenkungsausschuss und Strategischer Beirat). Derzeit ist das Papier „Eckpunkte des Forschungsbereichs Materie im Bereich Innovation“ in Arbeit. Zwei klare Fokusthemen stehen dabei im Mittelpunkt. Einerseits die Forschungsgroßgeräte mit ihren einmaligen Analyse- und Experimentiermöglichkeiten sowie das Forschungsthema Quantentechnologien (Quantencomputing, Quantenkommunikation, Quantenmaterialien und Quantensensorik) als Querschnittsaktivität. Die Quantentechnologien sind in der Helmholtz-Gemeinschaft stark von der Grundlagenforschung geprägt und sollen deutlich schneller in die angewandte Forschung und die Industrie überführt werden. Der Forschungsbereich Materie ist hier in der Lage, das Thema aus einer ganzheitlichen Perspektive zu bearbeiten und kann auf ein breites Netzwerk an Nutzer:innen und Kooperationspartner:innen zurückgreifen (u.a. dem Forschungsbereich Information). Bearbeitet wird es auch in der Cross-Cutting Activity Quantentechnologien (siehe Kapitel 2.3.1.3.3).

Eine detaillierte Beschreibung von erfolgreichen Transfermaßnahmen ist im Kapitel 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 Zentren des Forschungsbereichs Materie sind Mitgründer und Mitglied von einer Reihe von nationalen und internationalen Zusammenschlüssen. Darunter fallen insbesondere die

„League of European Accelerator-based Photon Sources“ (LEAPS) und die “League of Advanced European Neutron Sources” (LENS).

Der Forschungsbereich hat zudem eine Beteiligung oder Führungsrolle bei verschiedenen Strategieprozessen inne. Dazu zählen die Digitalisierungsstrategie, Quantenstrategie, Materialforschungsstrategie und die Helmholtz Photon Science Roadmap (siehe oben).

Das Erreichen der Ziele der Helmholtz-Gemeinschaft wird auch durch die forschungsbereichsübergreifenden Cross-Cutting Activities angestrebt. Hier arbeitet der Forschungsbereich Materie an fünf zentralen strategisch wichtigen Querschnittsthemen eng mit anderen Forschungsbereichen zusammen (siehe unten).

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

Das zentrale Element, Datenmanagement und -analyse sowie Digitalisierungsbemühungen im Forschungsbereich Materie zu koordinieren, ist das zum Beginn der PoF IV eingerichtete Topic DMA. Weiterer Bausteine sind die erste forschungsbereichsweite Digitalisierungsstrategie (siehe oben) sowie die Zusammenarbeit mit anderen Forschungsbereichen in Cross-Cutting Activities (siehe unten).

Die Untersuchung des personellen, technischen und finanziellen Bedarfs für die Digitalisierung und Automatisierung vor allem der großen Forschungsinfrastrukturen wird derzeit durch eine Studie untersucht. Ziel der Studie ist, eine breite Datenbasis, um den künftig wahrscheinlich weiter steigenden Anteil von Remote-Access-Messungen und Mail-In-Experimente an Großforschungsanlagen begegnen zu können (siehe oben).

A.2.3.1.3 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.

A.2.3.1.3.1 Information and Data Management

- Koordinierende Sprecher/innen: Michael Bussmann (HZDR), Volker Gülzow (DESY)
- Beteiligte Forschungsbereiche: Materie (MT), Information

Forscher:innen des Forschungsbereichs Materie haben seit jeher die Grenzen existierender Hochleistungsrechner ausgereizt und früh zukünftige Technologien genutzt, um wichtige wissenschaftliche Fragen beantworten zu können. Diese Fragestellungen waren und sind oft Technologietreiber, die neue Anwendungsmöglichkeiten modernster Rechnerarchitekturen eröffnet haben. In Zusammenarbeit mit Expert:innen aus dem Forschungsbereich Information haben sie neue Algorithmen erforscht und für die leistungsfähigsten Rechensysteme optimiert. In den letzten Jahren hat das starke Wachstum des Volumens und der Komplexität der Datenströme aus den Großforschungsanlagen des Forschungsbereichs Materie neue Herausforderungen im Management und Analyse von Forschungsdaten mit sich gebracht. Diese machen eine noch engere Zusammenarbeit zwischen Forschenden, Daten- und Computerwissenschaftler:innen nötig. Die Nutzung zukünftiger Technologien wie Exascalecomputer und Quantencomputer sowie komplexer Algorithmen der künstlichen Intelligenz wird daher in enger Zusammenarbeit der Helmholtz-Zentren DESY, FZJ, GSI, Hereon, HZB, HZDR und KIT für Anwendungen im Forschungsbereich Materie erforscht. Dies wurde im Frühjahr 2022 in einer gemeinsamen Digitalisierungsstrategie des Forschungsbereichs Materie festgelegt. Die Koordination erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Topic DMA des Programms MT.

Neueste Prototypen zukünftiger Rechentechnologien erlaubten vor Kurzem erstmalig die Erprobung neuer Algorithmen für das Exascale- und Quantencomputing. Erste Highlights aus dem CCA sind:

- Die Entwicklung neuer Algorithmen für das Quantencomputing. Grundlegende Algorithmen für Variational Quantum Computing Simulationen wie Variational Quantum Eigensolvers wurden entwickelt und auf Fragestellungen aus der Teilchenphysik angewandt. Diese sollen es in Zukunft ermöglichen, Simulationen durchzuführen, die die Möglichkeiten konventioneller Hochleistungsrechner übersteigen.
- Für den Einsatz künstlicher Intelligenz wurden Algorithmen des Deep Learning wie Graph Neural Networks und Generative Adversarial Networks auf das Quantencomputing angepasst und für Simulationen von Detektoren der Teilchenphysik und die Rekonstruktion von Teilchenspuren eingesetzt.
- Im weltweiten Wettlauf zu einem ersten funktionsfähigen Exascale-System ist die Nutzung des gesamten Exascale-Prototypen JUWELS BOOSTER am FZJ für die Simulation eines Plasmabeschleunigers mit Hilfe des PIconGPU Codes ein wichtiger Schritt gewesen. Hiermit konnte demonstriert werden, dass die Technologien für zukünftige Exascale-Systeme bereits heute durch Algorithmen aus dem Forschungsbereich Materie genutzt werden können.

Wissenschaftliche Highlights:

- 2021 wurden bahnbrechende Algorithmen im Bereich der Quantencomputersimulation sowie des Maschinellen Lernens auf Quantencomputern für Anwendungen in der Teilchenphysik demonstriert (doi: 10.1103/PhysRevLett.126.220501).
- Zudem wurde das erste Mal die realistische Simulation eines kompakten Plasmaelektronenbeschleunigers auf dem gesamten Pre-Exascale System JUWELS-BOOSTER durchgeführt - eine wichtige Grundlage zur Anwendung dieser Beschleuniger als Treiber für kompakte Lichtquellen (<https://www.pro-physik.de/nachrichten/schnellster-rechner-europa>).

A.2.3.1.3.2 Materialforschung

- Koordinierende Sprecher/innen: Andreas Stierle (DESY), Joachim Wosnitza (HZDR)
- Beteiligte Forschungsbereiche: Materie (MML), Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr, Energie, Gesundheit, Information, Erde und Umwelt

2021 wurde unter wesentlicher Beteiligung des Forschungsbereichs Materie die Helmholtz-Materialforschungsstrategie vorgestellt. Die Strategie stellt die mittel- und langfristigen strategischen Ziele zur Entwicklung neuer und verbesserter Materialien dar und hat vor allem die Vernetzung und Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Materialforschung zwischen dem Forschungsbereich Materie und anderen Forschungsbereichen im Blick. Zu diesen Materialien gehören sowohl Nanomaterialien als auch Struktur- und Funktionswerkstoffe zur Lösung drängender gesellschaftlicher Fragestellungen, wie z.B. Materialien für die Energiewende, den Leichtbau sowie die Informationstechnologie, bis hin zu innovativen Materialien für die Gesundheitsforschung. Dies wird innerhalb des Forschungsbereichs Materie insbesondere im Programm MML aufgegriffen. Das Innovationspool-Projekt MaDQuant (siehe unten) ist ein Beispiel für die gelungene Vernetzung verschiedener Helmholtz-Zentren (DESY, FZJ, GSI, HZB und HZDR) und Forschungsbereichen (Materie und Information).

Wissenschaftliche Highlights:

- Ein Forscherteam der Universität Basel, der Taras Shevchenko-Universität Kiew und des HZDR hat ein neuartiges Speichermedium-Konzept entwickelt, das auf der Haftung von antiferromagnetischen Domänenwänden an topographischen Erhebungen einer Cr₂O₃-Oberfläche beruht. Die genaue Position der Domänenwand in Bezug auf die Erhebung wird zur Definition des Bits verwendet. Die Forscher haben eine Patentanmeldung eingereicht (doi: 10.1038/s41567-020-01157-0).
- Forscher von DESY und KIT haben die Oberflächenstruktur und Zusammensetzung und Form eines einzelnen Nanopartikels aus einer PtRh-Legierung auf SrTiO₃ mit kohärenter Röntgenbeugung unter katalytischen Reaktionsbedingungen bestimmt. Die lokale Zusammensetzung ist abhängig von der Facettenorientierung, und die Rh-Anreicherung ist bei der anschließenden Reduktion durch CO nicht umkehrbar. Die Verfolgung der facettenaufgelösten Gitterdehnung und Zusammensetzung unter *operando*-Bedingungen ist entscheidend für ein rationales Design effizienterer heterogener Katalysatoren mit maßgeschneiderter Aktivität, Selektivität und Lebensdauer (doi: 10.5445/IR/1000141940).

A.2.3.1.3.3 Quantentechnologien

- Koordinierende Sprecher/innen: Volker Gülzow (DESY)
- Beteiligte Forschungsbereiche: Materie (MML) Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr, Information, Erde und Umwelt

Im CCA Quantentechnologien arbeiten Wissenschaftler:innen aus drei Forschungsbereichen zusammen. Die Koordination erfolgt dabei maßgeblich durch die Helmholtz Quantum Plattform. Diese wurde zur Förderung des Austauschs und der Zusammenarbeit zum Thema Quantentechnologien durch den Präsidenten beauftragt. Sie wird von Tommaso Calarco (FZJ, Forschungsbereich Information) als Sprecher geleitet und umfasst Vertreter von neun Zentren (HZDR, HZB, HIM, DESY, FZJ, KIT, GSI, UFZ, DLR) und deren Forschungsinteressen. Ausgehend von der Plattform wurde das Update der Helmholtz Quantenstrategie „Researching

the Second Quantum Revolution“ koordiniert und im Sommer veröffentlicht. Vorangegangen war ein intensiver wissenschaftlicher Workshop mit externen Gästen zu den sechs im Papier genannten Fokusfeldern Computing, Kommunikation, Sensorik, Materialien und Grundlagen, Simulation und numerische Methoden, sowie Infrastrukturen. Durch die Plattform wird ein effizienter Austausch zu forschungspolitischen Themen auf nationaler und europäischer Ebene gewährleistet, sowie die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftler:innen unterschiedlicher Forschungsbereiche und Fachrichtungen von den Grundlagen bis zu den Anwendungen gefördert. Darüber hinaus ist die Plattform gut mit den anderen Forschungsorganisationen sowie den Hochschulen der Quantenallianz vernetzt.

Wissenschaftliche Highlights:

- Das Projekt **Ionen-Quantenprozessor mit HPC-Anbindung (IQuAn)** ist am 01.01.2021 gestartet. Darin arbeitet das Forschungsteam um Ferdinand Schmidt-Kaler (HIM) mit der Gruppe von Matthias Müller am FZJ sowie dem EDVZ-Team von André Brinkmann in Mainz, den Firmen TOPTICA und AKKA sowie den Fraunhofer-Instituten IOF und ILT am Bau und Betrieb eines Quantenprozessors auf der Basis von gefangenen Ionen mit Anbindung an den Hochleistungsrechner MOGON II zusammen.

A.2.3.1.3.4 *Strukturbiologie und biologische Prozesse*

- Koordinierende Sprecher/innen: Holger Sondermann (DESY), Manfred Weiss (HZB)
- Beteiligte Forschungsbereiche: Materie (MML), Gesundheit, Information

Für die übergeordnete Koordination des CCAs Strukturbiologie und biologische Prozesse ist Michael Sattler (MHGU) zuständig. Vernetzung und wissenschaftlicher Austausch haben auch angesichts der COVID-19 Pandemie Kooperationen zwischen den Forschungsbereichen Gesundheit, Information und Materie katalysiert. Dies hat zu gemeinsamen Forschungsprojekten und Anträgen zur Struktur-basierten Wirkstoffentwicklung gegen SARS-CoV-2 geführt (HGF, BMBF, DFG). Helmholtz Strukturbiolog:innen haben integrative Strukturbiologie für Fragment-basierte und „repurposing“ Ansätze kombiniert, um eine schnelle Entwicklung von Wirkstoffen zu ermöglichen. In Zusammenarbeiten mit Chemiker:innen und Mediziner:innen wurden vielversprechende Moleküle identifiziert und für eine klinische Testung weiterentwickelt. Erfolge sind auch in Publikationen, Patenten und weiteren Förderanträgen dokumentiert. Das Steering Board sieht die Aktivitäten des CCAs Strukturbiologie und biologische Prozesse als ein wichtiges forschungsbereichsübergreifendes Querschnittsthema, das auch in PoF IV unbedingt weitergeführt und finanziert werden sollten. Im Berichtszeitraum wurden die Roadmap für Strukturbiologie aktualisiert, sowie die weitere Optimierung der P11 Synchrotronstrahlzeit am DESY und weitere Entwicklungen und Optionen für den PETRA IV Ring diskutiert. Der dritte Trainingskurs zu integrierter Strukturbiologie (ursprünglich geplant für November 2021 in Berlin, HZB und MDC) musste wegen der Pandemie erneut verschoben werden und ist nun für 2022 vorgesehen.

Wissenschaftliche Highlights:

- Mittels Hochdurchsatz-Screening von Kristallen der SARS-CoV-2 Mpro Protease mit repurposing Substanzbibliotheken am DESY Synchrotron wurden mehrere interessante Wirkstoffkandidaten identifiziert, die attraktive Targets für die Entwicklung von Medikamenten gegen SARS-CoV-2 darstellen (doi: 10.1126/science.abf7945).

- Mittels Kryo-Elektronenmikroskopie konnten die Strukturen von bakteriellen Transkriptionskomplexen mit Nukleinsäuren und Nus Faktoren und damit wichtige funktionelle Schritte der bakteriellen Transkriptionsregulation aufgeklärt werden ([doi: 10.1126/science.abd1673](https://doi.org/10.1126/science.abd1673)).
- Mittels NMR-Spektroskopie wurden dynamische Konformationszustände der molekularen Hsp90 Chaperone identifiziert, die allosterisch durch ATP Bindung moduliert werden und wesentlich für die funktionale Reifung biomedizinisch relevanter Substratproteine, wie Steroidhormonrezeptoren sind ([doi: 10.1126/sciadv.abl7295](https://doi.org/10.1126/sciadv.abl7295)).
- Zuckermodifikationen an der Oberfläche von Nervenzellmembranen reduzieren die Ausbildung von schädlichen β -Faltblattstrukturen des an der Alzheimer Krankheit beteiligten Amyloid- β -Peptids (A β) und haben so neuroprotektive Wirkung ([doi: 10.1073/pnas.2106210118](https://doi.org/10.1073/pnas.2106210118)).

A.2.3.1.3.5 Strahlenforschung

- Koordinierende Sprecher/innen: Marco Durante (GSI), Thomas Stöhlker (GSI/HI Jena)
- Beteiligte Forschungsbereiche: Materie (MT, MML), Information, Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr, Erde und Umwelt, Energie, Gesundheit

Das CCA Strahlenforschung wurde bereits in Vorbereitung von PoF III ins Leben gerufen, mit der Zielsetzung der Verbesserung der Sichtbarkeit und Vernetzung der einzelnen Aktivitäten in den verschiedenen Programmen und Forschungsbereichen. Für PoF IV hat sich das CCA neu aufgestellt und auch erheblich erweitert, so dass sich nun neun Zentren aus allen sechs Forschungsbereichen der Helmholtz-Gemeinschaft beteiligen. Im Berichtsjahr wurde ein gemeinsamer, virtueller Workshop durchgeführt, um die unterschiedlichen Aspekte der Strahlenforschung in der Gemeinschaft transparent zu machen und insbesondere die verschiedenen zur Verfügung stehenden Infrastrukturen und Einrichtungen vorzustellen. Auf dieser Basis wurde mit der Erstellung eines Strategiepapiers begonnen, das die einzelnen Forschungsrichtungen, geordnet nach zwei großen Linien *Strahlenschutz* (Strahlenökologie, nukleare Entsorgung, nukleare Notfälle, Weltraumstrahlenschutz, Risiken niedrigdosiger Strahlenbelastung) und *Strahlenmedizin* (Bildgebung, bildgeführte adaptive Strahlentherapie, neue Bestrahlungsmethoden, translationale Strahlentherapie und Strahlenbiologie, Radiopharmazeutika und Theranostik), zusammenführt und die Strategie des CCAs für die kommenden fünf bis zehn Jahre aufzeichnet. Dieses Strategiepapier soll im ersten Quartal 2022 finalisiert und der Helmholtz-Gemeinschaft zur Verfügung gestellt werden.

Wissenschaftliche Highlights:

- Strahlentherapie kann Immunreaktionen auslösen, die das Behandlungsergebnis zusätzlich verbessern können, indem sie systemisch das Immunsystem aktivieren. Solche Reaktionen will man sich insbesondere in der Therapie metastasierter Tumore zu Nutze machen und setzt daher auf eine Kombination aus Strahlung und Immuntherapien. In unseren Forschungsarbeiten untersuchen wir das Ansprechen von (strahlenresistenten) Tumorzellen auf Strahlung mit niedrigem und hohem LET (Linearem Energietransfer, Photonen versus Partikel), mit dem Ziel, das Abtöten von Tumorzellen durch die Aktivierung einer Immunantwort zu unterstützen. In einem in vivo Modellsystem (Osteosarkom, spontane Entstehung Metastasen in der Lunge) konnten Forscher:innen des GSI nach-

weisen, dass Kohlenstoffionen – in Kombination mit einer Immuntherapie (sog. Check-point Inhibitoren), aber auch alleine – wirksamer Lungenmetastasen bekämpfen konnten als im Vergleich eingesetzte Photonen (doi: 10.1016/j.ijrobp.2020.09.041).

- Das HZB verfügt nun über einen flexiblen und zuverlässigen Aufbau, der die Protonenbestrahlung eines einzelnen Mauseuges sowohl konventionell als auch unter FLASH-Bedingungen ermöglicht. Im letzteren Fall wurde eine Dosisleistung von 75 Gy(RBW)/s innerhalb von 200 ms erreicht, wobei die übrigen Anforderungen an die spezifische Bestrahlung eingehalten wurden. Das Umschalten zwischen den beiden Modi kann innerhalb einer halben Stunde erfolgen, einschließlich der Einstellung des Strahlstroms, der Neukalibrierung der Dosismonitore und der Überprüfung der Dosisabgabe, während die Mäuse der nächsten Gruppe betäubt werden. Die Ergebnisse des laufenden In-vivo-Experiments, das von der Charité - Universitätsmedizin Berlin durchgeführt wird, werden in Kürze erwartet (doi: 10.1002/mp.14730).
- Der größte Beitrag unerwünschter Dosisverteilung in der Protonentherapie von Tumoren stammt von sekundär erzeugten Neutronen. Hierbei ist die genaue Bestimmung des Neutronenfeldes während der Bestrahlung wichtig für die Gefährdungsbestimmung. Die hierzu verwendeten Detektoren wurden am HZDR auf Ihre Eignung und Antwortfunktion in der Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt mit hoher Genauigkeit charakterisiert (doi: 10.1088/1748-0221/16/03/P03038).
- Eine stabile und kontrollierbare Tiefendosisverteilung ist die Grundvoraussetzung für jedes Bestrahlungsexperiment mit neuartigen Strahlenquellen. Eine verbesserte Lasermetrologie hat es erstmals ermöglicht am DRACO-PW-Laser des HZDR Protonenspektren bis über 60 MeV Energie reproduzierbar zur Verfügung zu stellen, zu transportieren und für eine erste in-vivo Kampagne zu qualifizieren (doi: 10.1038/s41598-021-86547-x).

Innovationspool des Forschungsbereichs Materie

Zur Förderung von programm- und forschungsbereichsübergreifenden Wegbereiterprojekten wurde der Innovationspool des Forschungsbereichs Materie etabliert. In zwei Ausschreibungsrunden (2019-2020 und 2021-2023) 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.

A.2.3.1.3.6 ACCLAIM

- Koordinierende Sprecher:innen: Frank Gaede (DESY), Matt Zepf (GSI/Hi Jena)
- Beteiligte Programme: MT (in Kooperation mit MU, MML)
- Beteiligte Zentren: DESY, GSI/Hi Jena, HZB, HZDR, KIT

Das Innovationspool-Projekt ACCLAIM (ACCeLerating Science with Artificial Intelligence and Machine Learning) der Zentren DESY, GSI/Hi Jena, HZB, HZDR und KIT hat im Januar 2021 begonnen und läuft bis Ende 2023. ACCLAIM basiert auf den erfolgreichen Arbeiten von Accelerating MAchine LEarning for Physics (AMALEA), ein Projekt des Innovationspools der ersten Ausschreibungsrunde (2019 bis 2020). In AMALEA wurden Potentiale der Anwendung modernster Machine Learning Methoden auf allen Bereichen der beschleunigerbasierten For-

schung systematisch untersucht. ACCLAIM fügt nun neue Themenstellungen, wie die Anwendung Künstlicher Intelligenz auf Laser-getriebene Beschleuniger, Anomalie-Erkennung und vorausschauende Wartung hinzu. Sprecher des Projektes sind Frank Gaede (DESY) und Matt Zepf (GSI/HI Jena). Im ersten Jahr wurden die Mittel verwendet um Stellen zu besetzen, sowie erste erfolgreiche Arbeiten in allen Themengebieten durchgeführt und in einem zweitägigen Annual Meeting im Dezember vorgestellt.

A.2.3.1.3.7 ADC-MAPP

- Koordinierende Sprecher:innen: Andreas Haungs (KIT)
- Beteiligte Programme: MU (in Kooperation mit MT)
- Beteiligte Zentren: DESY, KIT

Das Ziel von ADC-MAPP (Analysis and Data Centre for Multi-Messenger Astroparticle Physics) ist ein globales und nutzerbasiertes Analyse- und Datenzentrum für die Multi-Messenger Astroteilchenphysik zu initiieren. Die Aktivitäten dienen der Digitalisierung dieses datenintensiven Forschungsfeldes und fokussierten sich in diesem Projekt auf spezifische Aufgaben in den Bereichen Forschungsdaten-Management, Big-Data und Multi-Messenger Analysen, Dienste für eine breite Nutzergemeinde, sowie Netzwerke und Training. Innerhalb von ADC-MAPP in der ersten Ausschreibungsrunde des Innovationspools (2019 bis 2020) wurden Observatorien-übergreifende Entwicklungen des Simulationsprogramms CORSIKA und zur Verwendung des Softwaretools Gammapy verfolgt, die mit Hilfe von maschinellem Lernen nun auch von Nutzer:innen angewendet werden. Erfolgreiche Softwarepakete aus der Teilchenphysik für eine effiziente Infrastruktur-Nutzung wurden in die Astroteilchenphysik adaptiert und angewendet. Als weiterer Meilenstein ist nun das IceCube Neutrino Observatorium in die föderierte Infrastruktur GridKa aufgenommen. Die Arbeitsgruppen in ADC-MAPP der zweiten Runde (2021 bis 2023) arbeiten eng mit weiteren Initiativen wie der NFDI, ErUM-Data, oder EOSC auf dem Gebiet der Digitalisierung der Astroteilchenphysik, dem Forschungsdatenmanagement und der nachhaltigen Veröffentlichung wissenschaftlicher Daten zusammen

A.2.3.1.3.8 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

Hochfluss-Photonen- und Neutronenquellen in Kombination mit Hochgeschwindigkeits-Pixel-Array-Detektoren und zunehmender Automatisierung der Bilderfassung ermöglichen eine effiziente Bildgebung mit hohem Durchsatz, von intrinsischen bis hin zu Operando-Eigenschaften grundlegender und angewandter Materialien und Prozesse. Solche Experimente liefern sowohl immens hohe Datenraten als auch Datenmengen. Eine intelligente Datenverarbeitung ist erforderlich und langfristig wirtschaftlicher und umweltschonender als die Speicherung aller Daten. Der Kern von Data-X (Data reduction for photon and neutron science) besteht darin, die Menge der gespeicherten Daten zu reduzieren und gleichzeitig die Menge an wissenschaftlicher Information zu maximieren, die in den gespeicherten Daten enthalten ist. Data-X nutzt Synergien zwischen Helmholtz-Zentren, um die Menge der gespeicherten Rohdaten zu reduzieren und gleichzeitig die zugänglichen wissenschaftlichen Informationen zu maximieren.

Dazu wird das Projekt Echtzeitverarbeitung für Schlüsselanwendungen in der Photonen- und Neutronenforschung an den beteiligten Helmholtz-Zentren implementieren. Data-X arbeitet eng mit MML, MT, dem Forschungsbereich Information und dem European XFEL zusammen.

Projektstart war am 1. Januar 2021, während einer Lockdown-Phase der andauernden COVID-Pandemie. Die Rekrutierung von geeignetem Personal für das Projekt gestaltet sich aufgrund der Auswirkungen von Corona deutlich schwieriger als erwartet. Dies hat zwangsläufig das Arbeitsprogramm verzögert. Die Möglichkeit, sich persönlich zu treffen, um Synergienetze vollständig zu entwickeln, wurde ebenfalls beeinträchtigt. Dennoch machte Data-X weiterhin Fortschritte, da bestehendes Personal (Promovierende und Postdocs) die Lücken neben ihren normalen Aufgaben füllt. In Zusammenarbeit zwischen DESY, HZB und dem Team für Photonendiagnostik von FLASH wurde eine „intelligente Datenkomprimierung“ mithilfe der Elektronen-Flugzeitspektroskopie entwickelt. Die hochdimensionalen Rohdaten werden durch das ausgearbeitete neuronale Netzwerk bereinigt, d. h. alle Artefakte werden entfernt und die Daten werden entrauscht. Der um den Faktor 120 kleinere komprimierte Zustand stellt eine vom Menschen direkt interpretierbare Form dar, z. B. die Photonenenergie/Wellenlänge der Strahlung oder deren Intensität. Fortschritte gab es beim Training neuronaler Netze, um Merkmale aus 2D-Detektoren für die Ereignisauslösung zu extrahieren, und erwarten, dass Timepix4-Detektoren noch in diesem Jahr in Betrieb gehen. Da das Timepix4-System der erste Detektor sein wird, der gebaut wurde, um Datenströme zu senden, die über 100-Gigabit-Ethernet-Verbindungen laufen, folgte die Entwicklung für die Xilinx Alveo-Karte (mit eingebauten 100-GBE-Verbindungen), um die Daten zu empfangen und die ersten Schritte in der Datenkorrektur durchzuführen.

A.2.3.1.3.9 FISCOV

- Koordinierende Sprecher:innen: Manfred Weiss (HZB), Alke Meents (DESY)
- Beteiligte Programme: MML (in Kooperation mit den Forschungsbereichen Gesundheit, Information, Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr)
- Beteiligte Zentren: DESY, HZB, KIT, FZJ, GSI/Hi Jena, HZDR (in Kooperation mit HZI, HMGU, MDC, DLR)

Das Innovationspoolprojekt FISCOV (Der Einsatz von großen Forschungsinfrastrukturen (FIS) im Kampf gegen epidemische Ausbrüche am Beispiel von Covid-19) der zweiten Ausschreibungsrunde (2021 bis 2023) basiert auf den Arbeiten von SX-FRAGS (Serielle Kristallographie für Fragmentscreening), welches von 2019 bis 2020 durch den Innovationspool gefördert wurde. Die meisten der berichteten Aktivitäten von FISCOV konzentrieren sich auf das Arbeitspaket 1, das sich mit 3D-Strukturen der jeweiligen Proteine, Komplexe und Protein-Ligand-Wechselwirkungen beschäftigt. DESY hat Ergebnisse aus dem kristallographischen Screening von SARS-CoV-2 Mpro, PLPro, nsp13 und Cathepsin L vorgelegt, während sich das HZB auf nsp1 und nsp15 sowie auf zwei RNA-Strukturen konzentriert hat. Screening-Ergebnisse von DESY wurden für Mpro veröffentlicht, sind für PLpro in Vorbereitung und werden für nsp13 und Cathepsin L noch analysiert. Kristalle von nsp1 und nsp15 wurden am HZB erhalten, müssen aber noch optimiert werden, bevor groß angelegte Screening-Experimente durchgeführt werden können. KIT und HZB arbeiten an einer neuen Substanzbibliothek auf Basis der KIT-Substanzen. Eine erste Auswahl hat bereits stattgefunden. Für das Arbeitspaket 2 sind keine Fortschritte zu verzeichnen. Für das Arbeitspaket 3 wurden erste Inaktivierungsversuche mit dem murinen Influenzavirus durchgeführt, das eine geringere Sicherheitsstufe

als SARS-CoV-2 aufweist. Ein anschließender Agglutinationstest zeigte, dass die Oberflächenproteine der Viruspartikel durch das Inaktivierungsverfahren kaum beeinträchtigt wurden. Dies ist ein wichtiger erster Schritt und Voraussetzung für die Nutzung der Methode für die spätere Impfstoffentwicklung. Für das Arbeitspaket 4 ist der Stand der Dinge, dass das ethische Votum für die Bestrahlungsexperimente noch in der Überarbeitung ist. In der Zwischenzeit wird ein pneumatisches Zellkulturmodell aufgebaut. Für das Arbeitspaket 5 berichtet DESY, dass künstliche Peptide synthetisiert wurden, die Anti-CORONA-Medikamente stabilisieren können. Anschließende Röntgenuntersuchungen haben gezeigt, dass diese Peptide komplexe Netzwerke bilden, in die die Medikamente eingebettet sind.

A.2.3.1.3.10 HBS-2

- Koordinierende Sprecher:innen: Thomas Brückel (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 eines Prototyps 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. 2021 konnten trotz der durch die Corona-Pandemie zu beachtenden Einschränkungen die Arbeiten in den fünf Arbeitspaketen des Projekts erfolgreich weitergeführt bzw. aufgenommen werden. So ist für die Strahldynamik von low-b cw-H-Mode Kavitäten deren Berechnung soweit abgeschlossen worden, dass die technischen Spezifikationen erstellt werden konnten und der Bau eines Prototyps nun begonnen wird. Das Multiplexersystem zur Strahlverteilung auf mehrere Targetstation ist mit erfolgreichen Tests der Komponenten vorangebracht worden. Die Ergebnisse sind u.a. in einer abgeschlossenen Doktorarbeit dokumentiert. Ebenso ist das am JCNS (FZJ) entwickelte Neutronentarget erfolgreich getestet worden. Erstmals konnte hier eine Kühlleistung von mindestens 1 kW/cm² durch eine im Material eingebrachte Mikrokanalkühlung erreicht werden, wodurch die Zielvorgabe eines Neutronentargets mit einer Leistung von 100 kW realisiert werden kann. Die Konstruktionsarbeiten für den Bau kompakter kryogener Moderatoren wurden abgeschlossen und mit deren Fertigung begonnen. Erste Arbeiten für die Entwicklung einer Imagingstation für diese Art von Neutronenquellen wurden aufgenommen sowie die Arbeiten für die Realisierung eines Flugzeitdiffraktometers fortgeführt. Desweiteren ist mit der Erstellung der Technical Design Reports für die Realisierung einer HBS begonnen worden.

A.2.3.1.3.11 InnoVEEA

- Koordinierende Sprecher:innen: Steffen Grohmann (KIT)
- Beteiligte Programme: MT
- Beteiligte Zentren: DESY, GSI, HZB, KIT

Das Innovationspool Projekt InnoVEEA (Innovation pool project for Energy Efficient Accelerators) beschäftigt sich mit der Nachhaltigkeit und Energieeffizienz von Teilchenbeschleunigern und adressiert dabei insbesondere Komponenten mit hoher Leistungsaufnahme in der Kryo-, Hochfrequenz- und Magnettechnik sowie das flexible Lastmanagement unter Einsatz von KI-

Methoden. Im Rahmen einer Fallstudie eines supraleitenden FELs wurde am KIT ein Vergleich zwischen dem Einsatz einer zentralen Kryoanlage gegenüber dem Einsatz von dezentralen Kryokühlern untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass der zentrale Ansatz energetisch deutlich günstiger ist und dass es gerade bei den Stromzuführungen noch ein erhebliches Potential für Effizienzverbesserungen gibt. Eine erhebliche Energieeinsparung kann weiterhin realisiert werden, wenn supraleitende Kavitäten statt bei 2K bei 4K betrieben werden. Hierzu wurden am HZB Kupfer-Beschichtungen von Niobium-Kavitäten mit verschiedenen Elektrolyten untersucht, die vielversprechende Ergebnisse zeigen. Aufgrund unterschiedlicher Haft Eigenschaften und Abscheidungsraten wird ein zweistufiger Prozess weiter untersucht. Vom KARA Forschungsbeschleuniger am KIT wird ein komplettes digitales Modell erstellt. Dies erlaubt dann die Anwendung, z.B. von Maschine-Learning Algorithmen, um den Betrieb des Beschleunigers im Hinblick auf seinen Energieverbrauch zu optimieren. Dazu mussten die Beschleuniger mit einer deutlich verbesserten Diagnostik ausgerüstet werden, um relevante Parameter in Echtzeit messen zu können. Die Integration der Sonden in das DAQ System und in die Simulation des Beschleunigers hat begonnen.

A.2.3.1.3.12 LUXE-QED

- Koordinierende Sprecher:innen: Beate Heinemann (DESY)
- Beteiligte Programme: MU, MT, MML
- Beteiligte Zentren: DESY, HZDR, GSI/Hi Jena

LUXE-QED (LUXE-Quantum-computing and advanced Experimental Detectors) ist ein Experiment zur Untersuchung der Quantenelektrodynamik (QED) im Limit starker Felder. Solche Felder können im Labor durch Kollisionen intensiver Teilchenpakete mit leistungsstarken Laserpulsen erzeugt werden. Die grundlegende Reaktion ist die Absorption von Licht durch Licht zusammen mit der Erzeugung eines Elektron-Positron-Paares; diese sollte die Messung des kritischen Schwinger-Feldes erlauben, das die Grenze zwischen linearer und nicht-linearer QED markiert. Das Innovationspoolprojekt LUXE-QED ist die Fortführung des Projekts LUXE der ersten Ausschreibungsrunde (2019 bis 2020). Ziel von LUXE in der ersten Runde war es, ein Konzept für den Laser und dessen Diagnostik für das LUXE-Experiment zu entwickeln. Dieses Ziel wurde erreicht: es wurde ein konzeptioneller Designreport für LUXE erstellt und verschiedene Diagnostikmethoden für die Diagnose der Laserintensität für verschiedene Lasershots entwickelt. In der zweiten Ausschreibungsrunde des Innovationspools soll LUXE-QED nun die absolute Intensität des Lasers kalibriert werden und neuartige Methoden der Spurrekonstruktion mithilfe von Quantencomputing für LUXE entwickelt werden. Die Genehmigung des LUXE-Experimentes sollte 2022 erfolgen, so dass das Experiment 2025 in Betrieb gehen kann.

A.2.3.1.3.13 MaDQuant

- Koordinierende Sprecher:innen: Joachim Wosnitza (HZDR)
- Beteiligte Programme: MML (in Kooperation mit dem Forschungsbereich Information)
- Beteiligte Zentren: DESY, FZJ, GSI, HZB, HZDR

Die Realisierung des einzigartigen Potentials von Quantentechnologien für die Gesellschaft erfordert außerordentliche Anstrengungen speziell in der Materialforschung, um eine geeig-

nete Materialplattform zu identifizieren. Durch die Bündelung der spezifischen Expertisen sowohl innerhalb des Programms MML als auch im Forschungsbereich Information streben wir an, ein mikroskopisches Verständnis von relevanten Quantenmaterialien, -strukturen, -zuständen und deren dynamische Kopplung zu entwickeln. Ziel des Projekts MaDQuant (Materials Dynamics for Future Quantum Technologies) ist dabei die Identifikation relevanter Quantenmaterialien, das Erzielen eines mikroskopischen Verständnisses der Materialien und Anregungen, die Untersuchung dynamischer Zustände und deren Kopplung an die Umgebung sowie die Identifikation möglicher technologischer Anwendungen. Das Projekt ist zum 1. Januar 2021 gestartet. Die Suche nach geeignetem, im Rahmen des Projekts finanziertem Personal hat sich Corona-bedingt länger als gewünscht hingezogen. Mittlerweile arbeiten in allen beteiligten Zentren Mitarbeiter:innen (Promovierende und Postdocs) zusammen an den Zielstellungen des Projekts. Erste Ergebnisse sind in hochrangigen Journalen erschienen. So konnte ein Forscherteam unter Beteiligung des FZJ und HZDR zeigen, dass ein neuer Quantenzustand mithilfe eines Magnetfeld gezielt eingestellt werden kann (doi: 10.1103/PhysRevLett.127.157204). Ebenso hat ein Forscherteam der GSI zusammen mit Kooperationspartnern eine neue Methode vorgestellt, um ein dreidimensionales Nanodraht-Netzwerk herzustellen, was spannende Perspektiven für zukünftige Anwendungen bietet (doi: 10.1002/a-el.m.202001069). HZDR und GSI untersuchen derzeit den Einfluss von hoch lokalisierten Ionen Spuren im Nanometer-Bereich auf die magnetischen Eigenschaften von Quanten-Materialien.

A.2.3.1.3.14 TANGERINE

- Koordinierende Sprecher:innen: Ingrid Gregor (DESY)
- Beteiligte Programme: MU, MT
- Beteiligte Zentren: DESY, GSI, KIT

Im Innovationspoolprojekt TANGERINE (Towards Next Generation Silicon Detectors) der Zentren DESY, GSI und KIT werden Silizium-Pixeldetektoren der nächsten Generation zur Spurmessung geladener Teilchen entwickelt. Die Schlüsseltechnologie, um beste Ortsauflösung zu erzielen, ist die der CMOS monolithic active sensors (MAPS). Bisher unerreichte Zeitaufösungen sollen mit der „low gain avalanche diode“ Technologie erreicht werden. Im Berichtsjahr wurde am KIT die Charakterisierung eines neuen LGADs mit 50 µm Pitch und einer Dicke von 50 µm abgeschlossen. Der nächste Schritt ist die Integration des Front-End-Chips und eine Untersuchung im Teststrahl des KARA-Beschleunigers. An der GSI untersucht TANGERINE die Elektron-Proton-Separation an einem Mimosi-1 Prototyp. Parallel laufen Untersuchungen mit Betastrahlung. Der erste Prototyp eines 65 nm MAPS am DESY wurde an Teststrahlen am DESY, SPS und MAMI in Betrieb genommen und erfolgreich einem Funktionstest unterzogen.

A.2.3.1.3.15 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)

Im Innovationspoolprojekt VQCS (Variational Quantum Computer Simulations for complex quantum systems and optimization problems) wurden im ersten Jahr sehr erfolgreich neue

Methoden entwickelt, um die (Quanten-) Elektrodynamik (QED), also die Wechselwirkung zwischen Elektronen mit Photonen auf dem Quantenniveau, für einen Quantencomputer zu entwickeln. Die neue, im Projekt eingesetzte Methode erlaubt es, mit weniger Qubits zu rechnen und ist daher Ressourcen schonend. Damit kann das System im Prinzip bereits auf heute existierenden Quantencomputer-Plattformen gerechnet werden. Dazu wird in der Zukunft die QED auf einem Quantencomputer implementiert werden, um Rechnungen auf einer echten Quanten-Hardware durchzuführen.

A.2.3.1.4 Strategische Themen

A.2.3.1.4.1 *Talentmanagement*

DESY

Im Rahmen des Helmholtz-Nachwuchsgruppenprogramms war Dr. Lydia Beresford mit ihrem Vorschlag "The LHC as a photon collider: casting light on new phenomena" erfolgreich (Programm MU).

Am 1. Oktober 2021 trat die Teilchenphysikerin Freya Blekman ihre neue Stelle als Leitende Wissenschaftlerin bei DESY an. Sie ist eine international hoch anerkannte Wissenschaftlerin auf dem Gebiet der experimentellen Teilchenphysik und wird in die CMS-Gruppe bei DESY einsteigen. Die gebürtige Niederländerin kommt von der Freien Universität Brüssel und folgt einer gemeinsamen Berufung mit der Universität Hamburg im Rahmen des Helmholtz Distinguished Professorship-Programms.

FZJ

Die Leitung des neu strukturierten Neutron SimLab wurde von Frau Dr. Marina Ganeva übernommen, womit eine junge Wissenschaftlerin eine Führungsposition erhielt.

Das Tasso Springer Fellowship hat das Ziel, die nächste Generation herausragender ForscherInnen auszubilden und den Nachwuchsforscher:innen die Möglichkeit zu geben, ihre wissenschaftliche Exzellenz weiterzuentwickeln. Der neue Call wurde im August 2021 veröffentlicht und 80 KandidatInnen haben sich beworben.

Im Februar 2021 fand die LENS Machine Learning School statt. Über 80 TeilnehmerInnen aus europäischen Forschungseinrichtungen haben daran teilgenommen. Die Machine Learning School wurde von Dozenten aus Einrichtungen in ganz Europa, darunter ISIS, PSI, ESS, ILL und MLZ (JCNS), mit zusätzlicher Unterstützung durch die SciML-Gruppe des STFC und das Jülich Supercomputing Centre durchgeführt.

GSI

In dem Programm GET_INVolved und darin enthaltene Förderlinien erhalten Studierende und Nachwuchswissenschaftler:innen aus aller Welt die Möglichkeit, Praktika, Traineeships und Forschungsprojekte bei GSI an FAIR-Themen zu absolvieren. Das Programm wuchs nach einer Pandemie-bedingten Stagnation in 2020 und ermöglichte 102 Personen aus 23 Ländern einen Forschungsaufenthalt in 2021.

Bei GSI wird die Internationalität der Mitarbeitenden auch auf Verwaltungsebene verstärkt berücksichtigt; die offizielle Unternehmenskommunikation erfolgt i.d.R. bilingual (Deutsch und

Englisch). Außerdem wurde 2021 ein Welcome Day als Teil des Onboardingprozesses eingeführt. Im Bereich der Personalentwicklung wurden in 2021 interne Online-Kurse zu verschiedenen Führungsthemen angeboten. Auch externe Maßnahmen, wie von der Helmholtz-Akademie wurden wahrgenommen.

Im Bereich Chancengleichheit wird in den Zentren die Leitlinie der Helmholtz-Gemeinschaft zu Diversität und Inklusion umgesetzt, was z.B. auch die Unterzeichnung der Charta der Vielfalt beinhaltet. Um den Frauenanteil in Führungspositionen zu erhöhen, wurden für die neue Periode des Pakts für Forschung und Innovation von allen Zentren für das Jahr 2025 neue Zielquoten für den Frauenanteil in Führungsebenen und Vergütungsgruppen festgelegt. Bei GSI wurde 2021 in der offiziellen Unternehmenskommunikation und in internen Verfahrensanweisungen konsequent auf eine gendersensible Sprache umgestellt.

HZB

Die virtuelle HZB-Photonenschule 2021 fand vom 22. März bis 1. April 2021 auf dem Wilhelm-Conrad-Röntgen-Campus (Berlin-Adlershof) statt mit insgesamt 95 Teilnehmenden aus 31 Ländern und 5 Kontinenten; 45% der Teilnehmenden waren weiblich. Das virtuelle Format ermöglichte es, ein breiteres internationales Publikum als in den Vorjahren anzuziehen.

Der HZB ML-Hackathon/Summerschool hat im September 2021 wieder sehr erfolgreich mit 52 internationalen Teilnehmenden stattgefunden. Mit dedizierten Programmen für Anfänger und Fortgeschrittene konnte diesmal ein noch breiterer Teilnehmerkreis angesprochen werden. Durch dieses Format konnten bereits 2 Promovierende für DMA am HZB gewonnen werden.

Der HZB Beschleuniger- und Kontrollsystemexperte Roland Müller hat auf einer Fachkonferenz den ICALEPCS Lifetime Achievement Award für seine langjährigen Aktivitäten in der Entwicklung von Kontroll- und Steuerungssystemen erhalten.

HZDR

Im Rahmen des Helmholtz European Partnering-Projekt "Crossing borders and scales – an interdisciplinary approach (CROSSING)" ermöglicht das HZDR in Kooperation mit dem Jožef Stefan Institut (JSI), Slowenien, Doktorand:innen ihre Promotionsarbeiten grenzübergreifend durchzuführen.

Doktorand:innen des HZDR können das Angebot der TU Dresden Graduiertenakademie nutzen, die sich an Postdocs wie auch Doktorand:innen richtet. Hier werden insbesondere Qualifizierungsprogramme angeboten.

Gemeinsam mit der TU Dresden betreibt HZDR ein Postdoc Center. Das Angebot umfasst neben spezifischen Qualifizierungsmöglichkeiten über die Graduiertenakademie der TU Dresden, die zusätzlich auch verschiedene Förderangebote im Portfolio hat, auch Beratung und Coaching, Mentoring sowie Vernetzungsveranstaltungen und Programme bzgl. möglicher Karrierepfade.

Außerdem hat das HZDR 2021 ein High Potential Programm aufgesetzt, das sich explizit an Postdocs richtet. Das Programm, das zweimal im Jahr ausgeschrieben wird, bietet eine Finanzierung von jährlich 100.000 Euro über drei Jahre mit der Option der Verlängerung um zwei weitere Jahre oder die Möglichkeit auf Tenure-Track bei besonders herausragenden Leistungen. Die erste Ausschreibungsrunde ist im Spätherbst letzten Jahres gestartet.

Das HZDR hat sein zentrumseigenes Nachwuchsgruppenprogramm 2021 neu aufgesetzt. Im Rahmen öffentlicher themenoffener Ausschreibungen können sich Kandidat:innen im Herbst

jedes Jahres auf eine solche Position mit einer Laufzeit von drei, nach erfolgreicher Zwischenevaluierung bis zu fünf Jahren bewerben. Bei besonders herausragenden Leistungen in der Laufzeit besteht die Option auf Tenure-Track. Neben der Leitungsstelle wird die Nachwuchsgruppe mit einer Doktoranden- und einer Postdoc-Stelle ausgestattet und hat Zugriff auf die Infrastruktur des Instituts des HZDR, an dem sie angesiedelt ist. Im Programm Materie und Technologie wurde im Berichtsjahr keine neue Gruppe etabliert.

Im Kontext von DRESDEN-concept hat Dr. Ellen Adams Ende des Jahres 2021 die Leitung einer Nachwuchsgruppe zum Thema „Physical Chemistry of Biological Condensates“ übernommen. Die Position wird gemeinsam von HZDR und dem Exzellenzclusters “Physics of Life – The Dynamic Organization of Living Matter“ (PoL) finanziert und ist mit der Aussicht auf eine Professur (tenure track) verbunden. Ziel der Aktivitäten ist es, die physikalischen Prozesse, die der Organisation des Lebens in Molekülen, Zellen und Geweben zugrunde liegen, zu beschreiben.

KIT

Dr. Miriam Brosi ist im Berichtsjahr für ihre 2020 mit Auszeichnung abgeschlossene Dissertation mit dem Titel „In-Depth Analysis of the Micro-Bunching Characteristics in Single and Multi-Bunch Operation at KARA“ mit dem Helmholtz-Doktorandenpreis des Forschungsbereichs Materie ausgezeichnet worden.

Meghana M. Patil, Forscherin in MT und Doktorandin am KIT, hat den internationalen Innovationspreis “Faraday Cup Award 2021” für das Strahldiagnose R&D-Team in ARD und DTS am KIT erhalten. Der Award wird für einen herausragenden Beitrag zur Entwicklung eines innovativen Strahldiagnose-Instruments mit durch Veröffentlichungen belegter Funktionalität und nachgewiesener Geräte-Performanz verliehen. Das Instrument für die fs-laserbasierte, elektrooptische Messung des Elektronenbunchprofils und der Ankunftszeit nutzt die dafür speziell entwickelte ultraschnelle Zeilenkamera KALYPSO mit hoher Datentransferrate von GB/s. Diese Strahldiagnose ist am European XFEL, sowie bei DESY, HZDR und KIT im Einsatz. Der Award ging hiermit in seiner knapp 30-jährigen Geschichte erst zum vierten Mal nach Deutschland.

Das KIT konnte 2021 Belina von Krosigk mit ihrer Emmy-Noether-Gruppe „Direkte Suchen nach dunkler Materie“ im Programm MU begrüßen. In den kommenden 3,5 Jahren wird Belina von Krosigk mit ihrem Team die Suchen nach leichter dunkler Materie, Axion Like Particles und Dunklen Photonen verfolgen unter Zuhilfenahme von Optimierungen von FPGA-basierten Triggeralgorithmen.

A.2.3.1.4.2 Vernetzung

DESY

Gemeinsam ausbilden, forschen, entwickeln – und neue Perspektiven schaffen: das DESY und die Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW Hamburg) haben am 28. September 2021 eine neue strategische Kooperation für Anwendung und Innovation (KAI) vereinbart. Im Zentrum der Zusammenarbeit stehen Duales Studium und Lehre, Forschung und Entwicklung sowie Innovation, Technologie- und Wissenstransfer. KAI stärkt die gemeinsame Ausbildung dringend benötigter hochqualifizierter Ingenieur:innen und Wissenschaftler:innen. Durch angewandte Forschung und Entwicklung nachhaltiger und digitaler Technologien gestaltet KAI den Strukturwandel Hamburgs zur Wissenschafts- und Innovationsmetropole im Norden mit. Die Stadt Hamburg unterstützt die Zusammenarbeit mit einer Anschubfinanzierung.

Wasser ist die Grundlage des Lebens; das Wassermolekül, ein Schlüssel zu neuen Erkenntnissen und nachhaltigen Technologien. Das enorme Potential der molekularen Wasserforschung zu entfalten, steht im Fokus des „Centre for Molecular Water Science“ (CMWS). Im von DESY initiierten Zentrum für molekulare Wasserforschung (CMWS) bündeln führende nationale und internationale Wissenschaftler:innen ihre Kräfte, mit dem ambitionierten Ziel, ein detailliertes molekulares Verständnis von Wasser und der dynamischen Prozesse an Wassergrenzflächen zu erreichen, das von höchster Relevanz für Biologie, Erde und Umwelt sowie für die viele Zukunftstechnologien ist. Mehr als 50 Forschungseinrichtungen unterstützen und beteiligen sich bei CMWS. Im Jahr 2021 wurde das CMWS White Paper veröffentlicht, in dem das wissenschaftliche Programm der molekularen Wasserforschung bei CMWS detailliert dargestellt ist und ein Strategiepapier zur molekularen Wasserforschung, mit Fokus auf die nationale Ebene, erstellt.

Der sich rapide entwickelnde Bereich der Quanten Technologien wurde als neue strategische Richtung identifiziert und eine eigens eingesetzte Task Force analysierte die bei DESY vorhandenen Kompetenzen, Infrastruktur und Möglichkeiten für herausragende Entwicklungen. Divisionsübergreifend umfasst das sogenannte DESY Quantum drei Säulen: das Quanten Computing mit Pionierarbeiten in Methoden-Entwicklung und Anwendung, Forschung für Quanten Materialien mit DESYs einzigartigen Photonenquellen für maßgeschneiderte Quanten Anwendungen, sowie Quanten Sensoren zur Ermöglichung einer bisher unerreichten Präzision und damit neuartiger Experimente. Für den zeitnahen Technologie Transfer ist die DESY-Gruppe ITT Mitglied in der Task Force. Erste Pionierarbeiten wurden erfolgreich abgeschlossen und publiziert. Daraus haben sich weitergehende Projekte entwickelt, wie z.B. in Zusammenarbeit mit dem CERN Openlab, Zypern mit dem Helmholtz International Fellow, Constantia Alexandrou (MIT) dem etablierten Quanten Computer Hersteller IBM und neue Start-Ups wie etwa Qruise.

FZJ

Die Regierungen von Deutschland, Frankreich und Großbritannien haben im September ein Zusatzübereinkommen unterzeichnet, mit dem sie ihre Unterstützung für das Institut Laue-Langevin um weitere zehn Jahre bis 2033 verlängern.

Das JCNS ist als Mitglied in LENS an allen LENS Arbeitsgruppen beteiligt. In der „European Low Energy accelerator-based Neutron facilities Association (ELENA)“ werden die entsprechenden Aktivitäten auf Europäischer Ebene gebündelt. Im September fand der siebte internationale Workshop zu Hochbrillanz-Neutronenquellen auf Basis eines kompakten Beschleunigersystems statt, welcher um das "Focal Area Meeting" von ELENA erweitert wurde.

GSI

In dem EU Projekt ESCAPE (European Science Cluster of Astronomy & Particle physics ES-FRI research infrastructures) adressieren die beteiligten ESFRI Facilities (SKA, CTA, KM3Net, EST, ELT, HL-LHC, FAIR) und weitere Pan-Europäische Einrichtungen (CERN, ESO, JIVE) die Herausforderungen von Open Science in Astro- und Teilchenphysik. In ESCAPE werden gemeinsame Lösungen zur Handhabung großer Datensätze an Forschungsinfrastrukturen nach neuesten Standards entwickelt. Im Ergebnis wird eine modernste Dateninfrastruktur verbunden mit der EOSC (European Open Science Cloud) die Daten und Analysemethoden der Grundlagenforschung zur Verfügung stellen.

Hereon

Martin Müller ist seit dem 1. Januar 2021 wissenschaftlicher Direktor des MLZ für die HGF und für zwei Jahre Sprecher des Direktoriums.

HZB

Bei einem Online-Workshop anlässlich des 20. Jubiläums des Russisch-Deutschen Labors an BESSY II diskutieren 50 Wissenschaftler:innen über die Zukunftsperspektiven der russisch-deutschen Zusammenarbeit sowie über innovative Projekte und neue Ziele des Labors.

Das Interesse am BESSY II-Nutzertreffen ist trotz der Pandemie ungebrochen. In 2021 nahmen 480 Forschende aus 36 Ländern und 32 Industrieaussteller am virtuellen Nutzertreffen teil.

Mit LearnCatSpec ging das HZB einen Kooperationsvertrag mit der Uppsala University ein mit dem Ziel, ein neues Soft X-Ray Spektrometer unter Anwendung von Machine Learning zu entwickeln. Erste Experimente zur Justierung des Spektrometers mittels eines neuronalen Netzwerks als Surrogat Modell waren erfolgreich.

Das HZB leitet die Task Force LEAPS-IDEA (Inclusion, Diversity, Equity and Anti-Discrimination), die ihre Aktivitäten mit der Veröffentlichung der „Toolbox of Best Practices“ und einer ersten Reihe von Seminaren zu IDEA-Themen vorantreibt.

Für die Entwicklung eines supraleitenden Photoinjektors für den POLFEL kooperiert das HZB mit dem Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) in Swierk, Polen.

HZDR

Das HZDR plant in allen seinen Forschungsbereichen die Stärkung der Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen und Universitäten in Osteuropa und Kleinasien (Dreiländereck CZ-D-PL, Georgien, und andere). Dies beinhaltet gemeinsame Workshops, wie auch Austauschprogramme für Forschende. Langfristig sind auch gemeinsame Berufungen anvisiert. Nach der Unterzeichnung zahlreicher Kooperationsvereinbarungen mit osteuropäischen Institutionen (z.B. Charles University, Wroclaw University) ist derzeit ein *Memorandum of Understanding* zur Beteiligung des HZDR an der Georgian-German Science Bridge in Vorbereitung. Die Zusammenarbeit mit der Wroclaw University of Science and Technology wird aufgebaut und bei einem Kooperationstreffen zwischen HZDR und dem Heyrovsky-Institut Prag gab es einen Austausch zu Möglichkeiten der grenzübergreifenden wissenschaftlichen Zusammenarbeit. Über das Helmholtz European Partnering-Projekt "Crossing borders and scales – an interdisciplinary approach" (CROSSING) wird eine langfristige strategische Partnerschaft mit dem Jožef Stefan Institut (JSI) in Slowenien aufgebaut. Das Projekt umfasst vier Teilbereiche in interdisziplinären Forschungsfeldern. Dazu gehören die Einbindung von Ionentechniken bei der korrelativen analytischen Mikroskopie, die Untersuchung der Ausbreitung und Wechselwirkung von Nanopartikeln im Erdreich, die Nutzung von Hochleistungsrechnern für die Simulation komplexer Prozesse zur Erhöhung der Sicherheit in großtechnischen Anlagen und die Bündelung der komplementären Kompetenzen auf dem Gebiet der Ionenstrahlforschung in einem virtuellen Ionenstrahlzentrum.

Im Jahr 2021 wurde mit ChETEC-INFRA (Chemical Elements as Tracers of the Evolution of the Cosmos – INFRAstructures) eine "Starting Community of Research Infrastructures" mit insgesamt 13 Forschungsinfrastrukturen (Teleskope für astronomische Beobachtungen, Kernlaboratorien zur Messung nuklearer Eigenschaften und Raten und Supercomputer zur Berechnung komplexer stellarer Modelle) und 32 Partnerinstitutionen aus 17 europäischen Staaten

unter der Koordination des HZDR geschaffen. Von 2021 bis 2025 bietet das von der EU geförderte ChETEC-INFRA Forschern aus allen Ländern freien Zugang zu diesen Infrastrukturen. Darüber hinaus verbessern spezielle Arbeitspakete die Nutzbarkeit und Zugänglichkeit der drei Arten von Infrastrukturen und vernetzen sie untereinander mit der Gemeinschaft der nuklearen Astrophysik und mit anderen wissenschaftlichen Disziplinen. ChETEC-INFRA beinhaltet weiterhin eine starke Komponente der Öffentlichkeitsarbeit mit Unterstützung sowohl etablierter als auch neuer wissenschaftlicher Schulen im Bereich der nuklearen Astrophysik, der Öffentlichkeitsarbeit bei Schüler:innen, der Detektorindustrie und anderen Interessengruppen.

Das vom HZDR initiierte EU-Netzwerkprojekt „Fokussierte Ionentechnologie für Nanomaterialien – FIT4NANO“ bringt Forscher:innen und Unternehmen aus ganz Europa (80 Gruppen aus 30 Ländern) zusammen, um die Technologie fein fokussierter Ionenstrahlen (Focused Ion Beam, FIB) gemeinsam weiterzuentwickeln und neue Anwendungen zu erschließen. Mit dem Werkzeug FIB lassen sich im Nanobereich Oberflächen flexibel strukturieren oder lokale Materialeigenschaften gezielt verändern. Auch in der Analytik spielt FIB eine Rolle. Diese Möglichkeiten sind für den Einsatz in der Quantentechnologie, der Halbleiterindustrie und in zweidimensionalen Materialien von Bedeutung. Allerdings werden FIBs auch bei Anwendungen in der Medizin zukünftig eine wichtige Rolle spielen.

Auch 2021 konnte das von HZDR koordinierte Projekt CALIPSOplus (Convenient Access to Light Sources Open to Innovation, Science and to the World) erfolgreich abgeschlossen werden. Ziel des CALIPSOplus-Projekts war es, das Potenzial der weltweit führenden europäischen beschleuniger-basierten Lichtquellen allen Akteuren der akademischen wie der Industrieforschung zu erschließen. Rund 80.000 Stunden Zugang zu diesen Anlagen inklusive einer Erstattung der Reisekosten wurden in den 4,5 Jahren der Projektlaufzeit bereitgestellt. Zielgruppenspezifische Unterstützungsangebote adressierten insbesondere die Nutzergemeinden der neueren EU-Mitgliedsstaaten und KMUs.

KIT

Im Helmholtz AI Projekt „Autonomous Accelerator: Machine learning for autonomous accelerators“ arbeiten die beiden Teams am DESY und KIT am autonomen Beschleunigerbetrieb. Die am KIT entwickelten und trainierten Typen von Reinforcement-Learning-Agenten konnten nahtlos am ARES-Beschleuniger eingesetzt und während der Strahlzeit getestet werden. Diese Beschleunigeraktivitäten wurden auch monatlich und im Jahresmeeting des Innovationpool-Projekts ACCLAIM (Accelerating Science with Artificial Intelligence and Machine Learning) vorgestellt.

Die langjährige Kooperation des KIT mit den argentinischen Institutionen UNSAM und ITeDA wurde durch die „Helmholtz International Research School for Astroparticle Physics and Enabling Technologies (HIRSAP)“ entscheidend gestärkt. Im Rahmen von MT wird an einer vertieften Kooperation im Bereich der supraleitenden Sensoren gearbeitet. Das Potential supraleitender Sensoren für eine Vielzahl zukünftiger physikalischer Experimente wie QUBIC ermöglicht eine langfristige Perspektive der Kooperation. Auch das vereinbarte Cotutelle-Programm „Doctoral degree in Electrical Engineering and Information Technology (DDEIT)“ wird für viele Jahre zu einer intensiven und engen Kooperation zwischen KIT und UNSAM führen.

Die Experimentierstation HIKA wurde 2021 vom KIT an PETRA III transferiert. Im Zuge dessen wurde ein Kooperationsvertrag über Einrichtung und dem Betrieb zwischen den beiden Partnern KIT und DESY geschlossen.

Zentren- und Programmübergreifend

Um den steigenden Ansprüchen an Nutzer- und Proposal-Managementsysteme für Forschungsinfrastrukturen gerecht zu werden, werden diese immer komplexer. Entsprechend werden Synergien des Forschungsbereichs genutzt, was die Entwicklung solcher Systeme angeht. So beruht das vom HZDR verwendete Tool für den Zugang externer Nutzer zu seinen Anlagen auf dem vom HZB entwickelten und genutzten „General Access Tool to the Experimental infrastructures“ (GATE). Inzwischen kooperieren auch HZB und GSI bezüglich GATE, das 2021 bei GSI erstmals für einen sog. „Call for Proposals“ eingesetzt wurde.

Ein wichtiger Vernetzungsschritt zwischen verschiedenen Teildisziplinen der Programme MU und MT (insbesondere dem neuen Topic DMA) sowie zwischen verschiedenen Wissenschaftsorganisationen gelang mit der Einwerbung der Förderung des PUNCH4NFDI-Konsortiums in der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur NFDI. Zusammen mit Partnern aus Helmholtz, Universitäten, Max-Planck-Gesellschaft und Fraunhofer-Gesellschaft konnte eine umfangreiche Förderung für das PUNCH4NFDI-Konsortium (PUNCH = Particles, Universe, NuClei & Hadrons) von der DFG gewonnen werden. Das Konsortium hat sich die Errichtung eines nachhaltigen Datenmanagements nach den *FAIR*-Prinzipien (*findable, accessible, interoperable, reusable*) in den beteiligten Wissenschaftsdisziplinen von Teilchenphysik, Astroteilchenphysik, Astronomie und Hadron und Kernphysik zur Aufgabe gemacht und wird dafür für zunächst fünf Jahre mit insgesamt fast 17 Millionen Euro gefördert. Das Konsortium steht unter der Führung DESYs, bindet aber auch die Zentren GSI, KIT und FZJ ein. Ebenfalls im Rahmen der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur NFDI wird das Konsortium "DATA aus PHotonen- und Neutronenexperimenten für NFDI" (DAPHNE4NFDI) gefördert, welches die Programme MT und MML verbindet (siehe auch unten). DAPHNE4NFDI vereint unter der Koordination von DESY Wissenschaftler:innen der Zentren FZJ, Hereon, HZB, KIT sowie von weiteren Universitäten, Forschungsinstituten, Großgeräten und der Industrie und arbeitet insbesondere eng mit den Nutzervertretungen KFS und KFN zusammen. DAPHNE4NFDI adressiert die gemeinsamen Herausforderungen der Neutronen- und Photonennutzer:innen in Deutschland, dem steigenden Bedarf an der schnellen Analyse großer Datenmengen und Datentransferraten gerecht zu werden und diese nach den *FAIR*-Prinzipien zu organisieren.

A.2.3.1.4.3 *Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft*

DESY

Mit der Eröffnung der Start-up Labs Bahrenfeld im September 2021, ein Gemeinschaftsprojekt von DESY, der Universität Hamburg und der Stadt Hamburg, steht nun ein weiterer Ort ganz im Zeichen von Innovation und Gründung. Der Inkubator für Deeptech Start-ups bietet an einem Ort auf 2.700 Quadratmetern komplexe Labore und Werkstätten, Büros und Meetingräume, um innovative Hightech-Produkte herzustellen. Die thematische Diversität der jungen Unternehmen mit physikalischem oder bio-physikalischem Hintergrund reicht dabei von Laser Synchronisationssystemen bis hin zu individualisierten Tests zur Krebsdiagnostik. Sie werden in den kommenden Jahren ihr Geschäft, u.a. mit Unterstützung des DESY Start-up Office, weiter aufbauen mit der Perspektive, sich mittelfristig im erweiterten Ökosystem, dem Innovationspark Altona, anzusiedeln.

Das Innovationsprojekt „Sunny Cellulose“ hat eine 30-monatige Förderung des Bundesministeriums für Inneres, Bau und Heimat (BMI) erhalten. Ziel ist die Entwicklung einer auf Cellulose basierenden Stoff-Jalousie mit integrierter Solarzelle. Die Bauweisen der Zukunft sollen um-

weltfreundlich, ressourcensparend und kosteneffizient sein. Hier kann das Projekt Impulse setzen. Die Forschenden wollen neuartige Polymersolarzellen, die bessere Wirkungsgrade erreichen und somit über herkömmlichen Silizium-Solarzellen liegen, auf ein eigens entwickeltes flexibles Material aus Nano-Zellulosefasern von einem Quadratmeter Größe aufsprühen. Die Kombination der beiden Materialien ist absolutes Neuland. Projektpartner ist der Bundesverband deutscher Gartenfreunde e.V., in dessen Zentrale das neuartige Hightech-Rollo erstmals zum Einsatz kommen wird.

Im Rahmen des dreijährigen EU Projekts „Commercial Analytical Research Organisations Transnational Strategy“ – kurz CAROTS (2019-2021) – das DESY als Leadpartner verantwortete, wurde u.a. die CAROTS Start-up School konzipiert und erfolgreich pilotiert. Auf Basis eines strukturierten Marktverständnisses über Potenziale und Herausforderungen von Scientific Service Companies (SSC) an Synchrotron-Einrichtungen in den Bereichen Life Science, Neue Materialien & Nanotech, welches durch das Projekt entwickelt wurde, ist ein maßgeschneidertes Mentoring-, Coaching- und Webinar Programm hervorgegangen. Es sind zwei Gründungen aus der ersten Kohorte entstanden und Business Portfolia bestehender Gründungen konnten erweitert werden. Neben dem Aufbau eines europaweiten Netzwerks von SSC, ist auch ein Praxishandbuch für Unternehmen in diesem Marktsegment entstanden. SSC sind ein wichtiger Hebel, wenn es darum geht, Synchrotrone auch für Forschungsfragen von Unternehmen effektiv einzusetzen und Industrie an die Möglichkeiten heranzuführen.

FZJ

2021 wurde die Kooperation mit Astra-Zeneca fortgeführt und Anträge für Experimente im Bereich der Corona-Forschung eingereicht.

GSI

GSI bietet für innovationsaffine Wissenschaftler:innen, Studierende und Promovierende eine Reihe von internetbasierten Seminaren im Rahmen von HepTech zu Transfer-Themen an. Ferner bietet GSI seit 2021 einen internen Innovationsfonds zur Überprüfung von Innovationspotenzial von Projekten an. Der Fonds wird nachhaltig aus den Gewinnen (Verkauf, Auftragsforschung, Dienstleistung etc.) und anteilig aus den Lizenzerlösen gespeist.

Einem Beratungsauftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) folgend verabschiedete die Strahlenschutzkommission im Juni 2021 eine Stellungnahme zum nationalen Kompetenzerhalt in der Strahlenforschung und -anwendung. Claudia Fournier (GSI) ist Mitglied des Hauptausschusses der Strahlenschutzkommission.

Die pandemiebedingte Ausweitung von digitalen Events für die interessierte Öffentlichkeit steigert die Reichweite um ein Vielfaches. Zum Beispiel verzeichneten die in deutscher und englischer Sprache stattfindenden Online-Besichtigungen von GSI/FAIR in 2021 einen enormen Teilnehmer:innenzuwachs mit durchschnittlich 150 Teilnehmenden pro Event. Die Möglichkeit sich durch Fragen zu wissenschaftlichen Themen, Diskussionen zu gesellschaftlich relevanten Fragestellungen und direktem Feedback interaktiv an dem Online-Event zu beteiligen, werden von der Zielgruppe in verschiedenen Veranstaltungsreihen, wie auch dem Parlamentarischen Frühstück, verstärkt genutzt.

Hereon

Im Interreg-Projekts CAROTS (DESY, Hereon) wurde ein Startup-School-Programm ins Leben gerufen, um interessierte Wissenschaftler:innen bei der Gründung von wissenschaftlichen Dienstleistungsunternehmen zu unterstützen. Die CAROTS Startup School konzentrierte sich

auf den praktischen Wissenstransfer. Sechs erfahrene Gründer und Geschäftsführer etablierter wissenschaftlicher Dienstleistungsunternehmen gaben von Ende März bis Ende Juni 2021 ihr Wissen in Webinaren und zusätzlich in 1:1-Coachings an die Teilnehmer weiter. Fünf Teilnehmer sind auf dem Weg, ein Unternehmen zu gründen, entweder als eigenständiges Start-up oder als Spin-off innerhalb eines Instituts.

Im Rahmen des wissenschaftlichen Zentrums dtec.bw entsteht seit Anfang 2021 in Kooperation zwischen der Helmut-Schmidt-Universität und dem Helmholtz-Zentrum Hereon das vom BMBF geförderte „Digitale Tomographie-Zentrum für funktionale Komposite“. In dem auf vier Jahre angelegten Projekt wird neue digitale und experimentelle Infrastruktur für Tomographie-Untersuchungen funktionaler Komposite geschaffen. Laborbasierte Tomographieranlagen an der HSU werden mit der Nanotomographie-Beamline P05 an PETRA III von Hereon kombiniert und in ein digitales Ökosystem mit der nötigen Kompetenz und Rechenkapazität eingebunden, um große Mengen an Tomographiedaten effizient und zentral zu speichern und zu analysieren. In einer ersten Phase wird das Zentrum sich mit der Mikrostrukturentwicklung von Metallhydrid-basierten Wasserstoffspeichern sowie additiv gefertigten Präzisionswerkzeugen auseinandersetzen. In Verbindung mit Modellierung werden die neuen Möglichkeiten eingesetzt, um die Morphologieentwicklung der Wasserstoffspeicher über alle relevanten Längenskalen während der Lade- und Entladevorgänge zu verfolgen und zu simulieren, um so neue Speicherkonzepte mit optimiertem Massen- und Wärmetransport entwickeln zu können.

HZB

Eine neue kostengünstige Transmissionskammer für hohe Dosisleistungen für Flash-Bestrahlungen von organischem Gewebe (z.B. Augen) mit Protonen wurde zum Patent angemeldet. Ferner wurden am HZB Strahlenhärtetests von Elektronikbestandteilen für Luft- und Raumfahrt für mehrere Firmen und Forschungseinrichtungen durchgeführt.

Ein ehemaliger HZB Mitarbeiter – jetzt am IKZ angestellt – hat im April 2021 das Startup Unternehmen „TXproducts“ mitgegründet. Die Produkte basieren auf früheren Forschungsarbeiten in der gemeinsamen Forschergruppe „Ultraschnelle Dynamik“ (Matias Bargheer, Universität Potsdam) am HZB. Das Start-up ist im „Innovation Village“ des DESY angesiedelt.

HZB und Research Instruments (RI) haben zwei weitere Kooperationsvereinbarungen abgeschlossen. Themen der Projekte sind die Entwicklung eines supraleitenden Hochleistungselektronenbeschleunigers zur Herstellung von Mo-99/Tc-99m für die Medizin und die Risikominimierung bei der Kommerzialisierung von kryogenen Undulatoren.

HZDR

Magnetokalorische Werkstoffe sind insbesondere für die Anwendung für energieeffiziente und ökologisch nachhaltige Kühlprozesse und der Nutzung von Niedrigtemperaturabwärme relevant. Entsprechend hat die Forschung an diesen Systemen ein hohes Transferpotential. Dies zeigt sich gerade auch in der Verleihung des Nicholas-Kurti-Wissenschaftspreis 2021 an Tino Gottschall (Hochfeld-Magnetlabor Dresden, HZDR), der von dem Gerätehersteller Oxford Instruments NanoScience für seine innovativen Arbeiten zu magnetokalorischen Materialien im Bereich der Grundlagenforschung und angewandten Wissenschaften geehrt wurde.

In Zusammenarbeit mit der Firma DEMCON (Niederlande) ist an ELBE (HZDR) ein wegweisendes Bestrahlungsexperiment zur beschleuniger-basierten Produktion von ^{99}Te für die medizinische Diagnostik geplant. Für dieses Leuchtturmprojekt, SMART, wurden 2021 die technischen Voraussetzungen für die Bestrahlung von Mo100-Targets geschaffen. Außerdem wurde

eine spezielle Strahlführung zum Experimentaufbau von DEMCON aufgebaut und charakterisiert. Testbestrahlungen mit kleiner Strahlleistung sowie mit voller Strahlleistung über einen kurzen Zeitraum (einige Sekunden) wurden erfolgreich absolviert. Ein erster Versuch einer vollen Bestrahlung (über 5 Tage), bei dem dann auch Mo99-Produktion erfolgt, musste im Dezember nach kurzer Zeit aus technischen Gründen abgebrochen werden. Die Experimente werden 2022 fortgeführt.

KIT

Die am KIT in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Bilfinger Noell entwickelte Technologie der Supraleitenden Insertion Devices ist auf dem Markt verfügbar und nachgefragt. Das KIT unterstützt den Industriepartner bei der Einführung der Produkte beim Kunden, u.a. in den USA und in Australien. Die erfolgreiche Kooperation wird in weiteren gemeinsamen Projekten fortgeführt.

Seit Juli 2021 steht das KATRIN-Experiment den Besucher:innen und Studierende jederzeit offen – mittels einer neuen Virtual-Reality-Umgebung ist das Neutrino-Experiment KATRIN des KIT für alle zugänglich. Durch Virtual Reality kann das physikalische Innenleben des internationalen Großexperiments KATRIN nun erkundet werden. Dank interaktiver Elemente können die Besucher:innen sogar selbst experimentieren. Entstanden ist die VR-Umgebung in Kooperation mit dem Nationalen Institut für Wissenschaftskommunikation (NaWik). Die VR-Umgebung ist online verfügbar unter <https://vr.nawik.de/>. In einer weiteren Entwicklung wird das KATRIN-Experiment auch in einem Praktikumsversuch für Studierende im Master-Studium des KIT integriert.

Durch das beschleunigt voranschreitende Artensterben sind Insekten in den Blickpunkt des öffentlichen Interesses gerückt und damit auch die Intensivierung wissenschaftlicher Forschung zu ihrer Rolle für die Biodiversität unseres Planeten und die aus dem Artensterben entstehende Bedrohung unserer Ökosysteme. An der UFO-Experimentierstation der KIT Light Source werden deshalb gegenwärtig große Mengen unterschiedlichster Insekten mit Hochdurchsatztomographie untersucht, um besser zu verstehen, welche morphologischen Anpassungen im Körperbau den jeweils entscheidenden evolutionären Vorteil zur Ausprägung großer Artenvielfalt einzelner Insektengruppen gebracht haben und welche Umweltveränderungen im Umkehrschluss diese Vorteile eventuell wieder zunichtemachen könnten. Eine vergleichende Studie gemeinsam mit dem Naturkundemuseum Stuttgart deckte dabei einen bereits entscheidenden Evolutionsschritt bei Insekten auf: Die Präzisionsmechanik flexibler Mundwerkzeuge ermöglichten extremen Artenreichtum winziger Erzwespen. In diesem Zusammenhang wird ein lebensechtes Modell einer solchen Wespe, das auf Mikrotomographiedaten des KIT beruht, in die Dauerausstellung des Naturkundemuseum Stuttgart integriert.

Zentren- und Programmübergreifend

2021 jährte sich der 200. Geburtstag des Namensgebers der Helmholtz-Gemeinschaft, Hermann von Helmholtz, der am 31. August 1821 geboren wurde. Aus diesem Anlass haben alle Forschungsbereiche große wissenschaftliche Herausforderungen formuliert und in sogenannten *Challenges* nach und nach über ein Jahr verteilt veröffentlicht. Darunter finden sich auch zahlreiche Herausforderungen aus dem Forschungsbereich Materie (siehe oben).

A.2.3.1.4.4 Drittmittelinwerbung

DESY

Das vom BMBF geförderte Projekt WIKOOP-INFRA konzentriert sich auf die Zusammenarbeit an sogenannten großen Forschungsinfrastrukturen wie komplexen Teilchenbeschleunigern und modernen Röntgen-, Laser- und Neutronenquellen in China und Europa. Das Forschungsprojekt soll Leitlinien für die wissenschaftliche Kooperation mit China erarbeiten und damit dringend benötigte Hilfestellung bieten.

Das Bundesland Brandenburg unterstützt die Erforschung und Entwicklung von Anwendungen für neuartige Quantencomputer bei DESY in Zeuthen. Mit einer Fördersumme von 12,8 Millionen Euro für fünf Jahre aus dem Zukunftsinvestitionsfonds des Landes Brandenburg wird am Standort ein neues Zentrum für Quantentechnologie-Anwendungen (Centre for Quantum Technology Applications, CQTA) eingerichtet. In dem Zentrum werden Forscher:innen von DESY, aber auch auswärtigen Partnern aus Forschung und Industrie Zugang zu Quantencomputern gewährt, um bestehende Probleme zu berechnen und neue Anwendungen für Quantencomputer zu konzipieren und zu optimieren.

Der Theoretische Physiker Till Bargheer erhielt 2021 ein Emmy-Noether-Stipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) in Höhe von 1,5 Millionen Euro für sein Forschungsprojekt in der DESY-Theorie-Gruppe. Mit dem Emmy-Noether-Programm werden exzellente Nachwuchswissenschaftler:innen gefördert, um wissenschaftliche Eigenständigkeit zu erreichen. Das Stipendium ermöglicht Till Bargheer die Leitung einer eigenen Forschungsgruppe mit drei Doktoranden und zwei Postdocs. Über einen Zeitraum von sechs Jahren werden Herr Bargheer und sein Team das ambitionierte Projekt „Solving Field Theory with Integrability“ durchführen.

Der Teilchenphysiker Frank Tackmann erhielt für seine Projektidee „High Precision Global Analysis of Color-free LHC processes at small recoil“ den ERC Consolidator Grant in Höhe von 2 Millionen Euro. Ab Herbst 2021 kann Herr Tackmann sich mit einem eigenen Team von drei Postdocs und vier Doktoranden die nächsten fünf Jahre dem Projekt COLORFREE widmen.

Erstmals haben zwei Wissenschaftler bei DESY erfolgreich EU Projekte für die Entwicklung von visionären und radikal neuen Technologien initiiert (FETopen/PATHFINDER Programm). Franz Kärtner als Koordinator eines Konsortiums von sechs Partnern (inkl. zwei aus der Industrie) erhielt zur Entwicklung von Femtosekunden Laser auf Chips (FEMTOchip) 3,4 Millionen Euro über drei Jahre. Patrik Vagovic als Koordinator eines Konsortiums von acht Partnern, davon ein Start-up, für die Entwicklung eines MHz Puls, multiple Projektion X-ray Mikroskop, das beim European XFEL getestet und eingesetzt werden soll (MHz Tomoscopy). Dafür erhält das Konsortium 3,5 Millionen über die nächsten 3,5 Jahre.

Positiv beschieden durch die EU und mit ca. 800.000 Euro gefördert wurde das AIDAInnova-Projekt, bei dem in vier Jahren neue Detektortechnologien wie integrierte CMOS-Sensoren, aber auch Technologien wie maschinelles Lernen untersucht werden sollen. Dabei sollen insbesondere die Synergien zwischen verschiedenen Communities und Projekten gestärkt werden, die Qualität und Effizienz von Teststrahlzeiten verbessert werden und europäische Firmen auf die Produktion großer Mengen von Detektorelementen für die Hochenergiephysik vorbereitet werden.

Das EU-geförderte EOSC-Future-Projekt will e-Infrastrukturen, Forschungsgemeinschaften und einzelne Initiativen im Bereich der „Open Science“ unterstützen und die Entwicklung des

EOSC-Portals und anderer Elemente der European Open Science Cloud EOSC voranbringen. Es wird für zunächst zwei Jahre mit 370.000 Euro gefördert

Im Rahmen des Aktionsprogramms Aufholen nach Corona für Kinder und Jugendliche des bundesweiten Schülerlabor-Förderprogramms erhält DESY 30.000 Euro Förderung vom BMBF, um Kindern und Jugendlichen Spaß am Lernen, am Experimentieren und an den MINT-Themen zu vermitteln.

FZJ

Im Herbst 2021 startete das GNeuS („Global Neutron Scientists“) Programm, ein von der EU und den MLZ Partnern finanziertes MSCA-COFUND-Projekt für Postdoktorand:innen. 45 Post-docs können im Rahmen des fünfjährigen Projektes erstmals ein jeweils 24-monatiges strukturiertes, interdisziplinäres und sektorübergreifendes internationales Trainingsprogramm durchlaufen.

Das aus dem Impuls- und Vernetzungsfond geförderte Helmholtz AI Projekt „AI for Neutron and X-ray scattering“ startete in 2021. Ziel des Projekts ist, AI Methoden und Algorithmen für die Optimierung der Nutzung von Neutronen (sowohl in der Vorbereitung und Durchführung eines Experimentes als auch in der Bearbeitung der Experimentaldaten) zu entwickeln und anzuwenden

GSI

Die in Atomkernen vorhandenen Einzelteilchen- und Kollektivzustände sind die Ursache verschiedener exotischer Phänomene. Das in 2021 bewilligte ERC Projekt LISA plant Untersuchungen, wie kollektives Verhalten aus einzelnen Protonen- und Neutronenanregungen entsteht, um eine wichtige offene Frage der Kernphysik zu beantworten. Die Forschenden werden ein neuartiges Verfahren zur Messung der Lebensdauer angeregter Zustände in Atomkernen einsetzen. Dieses könnte in Verbindung mit Gammastrahlendetektoren nach Stand der Technik dazu beitragen, die gegenwärtigen Probleme zu lösen, die Lebensdauermessungen mit Strahlen geringer Intensität an instabilen Kernen zu verhindern.

HZB

Das HZB hat mit Partnern aus Österreich und der Tschechischen Republik das Projekt NECESSITY aufgesetzt, um im Hochdurchsatzverfahren mit Hilfe makromolekularer Kristallographie Verbindungen zu untersuchen und Wirkstoffe gegen COVID-19 zu entwickeln. Im Rahmen der Kooperation werden mehrere virale Zielproteine untersucht. Das Projekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft sowie den entsprechenden Förderorganisationen in Österreich und der Tschechischen Republik für 36 Monate mit insgesamt knapp 800.000 Euro gefördert.

HZDR

Die Sächsische Aufbaubank fördert seit 2021 mit EFRE-Mitteln die Entwicklung und Erstellung einer Magnetpuls-Prototyp-Therapieanlage zur Behandlung neurodegenerativer Erkrankungen (NeuroMaX) mit einer Summe von über 1.140.000 Euro. Das Hochfeld-Magnetlabor des HZDR arbeitet in diesem interdisziplinären Projekt eng mit Partnern des Instituts für Radio-pharmazeutische Krebsforschung (HZDR) sowie der TU Dresden zusammen und nutzt hierbei seine Kompetenzen in der Entwicklung von Pulsfeldmagneten und zugehörigen Energieversorgungsanlagen.

KIT

Die am Mu3e-Experiment beteiligten deutschen Gruppen von den Universitäten Heidelberg und Mainz sowie vom KIT werden im Rahmen der von der DFG neu eingerichteten Forschergruppe 5199 gefördert. Im Rahmen des Experimentes am PSI wird die von MT-Forschern entwickelte HVCMOS-ASIC Technologie für den Mu3e-Detektor zum Einsatz kommen.

Wissenschaftler des Programms MU waren im mehreren internationalen Antragsverfahren erfolgreich: Dr. Tim Huege und Dr. Markus Roth (KIT) zusammen mit Komiko Kotera (Institut d'astrophysique de Paris) und Olivier Martineau (Laboratoire physique nucléaire et hautes énergies) im Verfahren „ANR-DFG French-German Collaboration for Joint Projects in Natural, Life and Engineering Sciences“ und Dr. Andreas Haungs (KIT) mit zahlreichen internationalen Institutionen unter der Koordination des INFN Sezione di Frascati im Horizon-2020 Call: H2020-MSCA-RISE-2020 (Marie Skłodowska-Curie Research and Innovation Staff Exchange).

Im Berichtsjahr konnten am KIT drei DFG Projekte mit einer Gesamtfördersumme von 833.000 Euro eingeworben werden. Ein Projekt beschäftigt sich mit der Untersuchung der elektronischen Struktur von $\text{Fe}_x\text{Ni}_{100-x}(\text{OH})_y$ Elektrooxidationskatalysatoren mittels operando Synchrotronmethoden für ein besseres Verständnis der katalytischen Prozesse. In einem weiteren Projekt werden fundamentale Mechanismen der Strukturbildung bei der Laserfragmentation von Kolloiden zur Herstellung aktiver Cluster erforscht, welche neue Eigenschaften z.B. in der Katalyse und in biologischen Anwendungen aufweisen. Zudem werden im dritten Projekt nicht-invasive Strategien zur Manipulation von Silber-Nanostrukturen mit Hilfe röntgenbasierter und komplementärer in situ Methoden zur Herstellung ultradünner Silberkontakte entwickelt.

Zentren- und Programmübergreifend

Das Konsortium DAPHNE4NFDI ("DAta aus PHotonen- und Neutronenexperimenten für NFDI) wird im Rahmen der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur NFDI unter der Koordination von DESY durch die DFG ab dem 01.10.2021 für fünf Jahre gefördert (siehe auch oben). In DAPHNE4NFDI arbeiten Wissenschaftler:innen von DESY, FZJ, Hereon, HZB, KIT mit 17 weiteren universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Großgeräten und Partnern aus der Industrie zusammen. DAPHNE4NFDI ist zudem eng mit den Nutzervertretungen KFS und KFN verbunden. Das Konsortium adressiert die gemeinsamen Herausforderungen der Neutronen- und Photonnutzer:innen in Deutschland, um dem steigenden Bedarf an der schnellen Analyse großer Datenmengen und Datentransferraten zu begegnen und gemeinsame Standards für das Datenmanagement an Photonen- und Neutronen-Großgeräten zu entwickeln (siehe oben).

A.2.3.1.4.5 *Forschungsinfrastrukturen*

Eine Übersicht zu den Nutzeranlagen des Forschungsbereichs findet sich in Teil B.

Strategieprozesse zur Integration von Forschungsinfrastrukturen in nationale und internationale Netzwerke

DESY

DESY ist Mitgründer und Mitglied der „League of European Accelerator-based Photon Sources“ (LEAPS). Im Zusammenhang mit LEAPS startete im April 2021 das von DESY koordinierte Projekt LEAPS-INNOV, über das 10 Millionen Euro des EU Programms Horizon 2020

eingeworben wurden. LEAPS-INNOV wird über vier Jahre hinweg gemeinsame Technologieentwicklungen in starker Zusammenarbeit mit Europäischen Technologie-Firmen betreiben.

FZJ

Das Vorhandensein von JCNS an mehreren Hauptquellen bietet Stabilität für JCNS als Neutronennutzereinrichtung. Zusätzlich, in dem Bestreben, mittel- und langfristig eine vielseitige Alternative für die Bereitstellung von Neutronen für Wissenschaft und Industrie anzubieten und den Verlust reaktorbasierter Neutronenquellen rechtzeitig auszugleichen, treibt JCNS die Entwicklung von beschleunigergesteuerten HBS voran. Dies ist ein strategisches Ziel im Forschungsbereich und eine Priorität in den Forschungspolitischen Zielen für PoF IV. JCNS stärkt seine Vernetzung u.a. durch die Teilnahme an WGs in LENS und BrightnESS2.

GSI

GSI ist Mitglied im EURO-LABS Konsortium (EURO European Laboratories for Accelerator Based Sciences), um Forschung auf dem neuesten Stand der Technik zu betreiben. EURO-LABS hat zum Ziel, einen übergreifenden Forschungsinfrastrukturdienst einzurichten, der auf der Komplementarität des Zugangsangebots in den teilnehmenden FIS, dem Austausch von Informationen und bewährten Verfahren und der Durchführung gezielter synergetischer Aktivitäten in Bezug auf die Verbesserung des Service des Datenmanagements und der Ausbildung beruht.

Hereon

Hereon ist mit GEMS in die nationalen und internationalen Netzwerke integriert. Frau Griewatsch von Hereon organisiert die Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation bei den nationalen Komitees KFN und KFS, die die Interessen der Nutzer-Communities von Neutronen- und Synchrotronstrahlungsquellen vertreten. GEMS ist auch in die internationalen Netzwerke LEAPS und LENS integriert. Martin Müller wurde im Juni zum Vice Chair von LENS gewählt und vertritt dort das MLZ. Hereon ist auch Teil des im Rahmen der Nationalen Forschungsdaten-Infrastruktur von der DFG geförderten Konsortiums DAPHNE4NFDI.

HZDR

Das IBC koordiniert seit 2019 das EU-Projekt RADIATE und ist gleichzeitig Sprecher des Europäischen Netzwerks der Ionenstrahlzentren gleichen Namens "RADIATE". Das RADIATE-Netzwerk partizipiert in ARIE (Analytical Research Infrastructures in Europe) und hat hier aktiv in zwei EU Anträgen, ARIE4GD und ReMade@ARI, mitgewirkt, wobei HZDR beim zweiten sogar Koordinator ist.

Über ELBE ist das HZDR Mitglied in LEAPS und auf diesem Wege auch in das ARIE-Netzwerk eingebunden. Mit Schwerpunkt auf den THz-Beamlines koordinierte das HZDR das europäische Projekt CALIPSOplus, das alle relevanten beschleunigerbasierten Lichtquellen in Europa und im Nahen Osten zusammenbrachte und Ende Oktober 2021 zu Ende ging. CALIPSOplus ist eine Art Vorläufer von LEAPS und geht mit seinen Aktivitäten und Erfolgen in LEAPS auf. Auch ELBE ist, mit Schwerpunkt auf pELBE, in entscheidender Rolle in ReMade@ARI involviert.

Das HLD ist Gründungsmitglied des EMFL (ESFRI-Landmark), welches zusammen mit den Partnereinrichtungen in Grenoble, Toulouse und Nijmegen in 2015 geschaffen wurde. Seit 2020 ist das EMFL, und damit auch das HLD, ein Mitglied des ARIE-Konsortiums, bei dem als Zusammenschluss von sieben Forschungsinfrastrukturkonsortien u.a. auch LEAPS und LENS dabei sind. Darüber hinaus beteiligt sich auch HLD als Access-Provider an ReMade@ARI.

KIT

Mitarbeitende von GridKa wirken u.a. im Computing-Gremium des KET (Kommittee für Elementarteilchenphysik) mit, sind Vorsitzende des Federation Board von PUNCH4NFDI sowie Vorsitzende des Ressource Provider Board von DIGital transformation in the research on Matter and Universe (DIG-UM), sind in den CERN-Gremien zum WLCG (Overview Board, Collaboration Board, Resources Review Board) vertreten. Darüber hinaus ist GridKa mit seinen Mitarbeitenden sowie das KIT Teil von PUNCH4NFDI, Mitglied im NFDI e.V. sowie der EOSC Association.

Leitende Wissenschaftler:innen von KATRIN / TLK sind eng in den Strategieprozess der Astroteilchenphysik in Deutschland eingebunden, insbesondere als gewählte Vertreter im Komitee für Astroteilchenphysik (KAT). Dies beinhaltet sowohl direkten Dialog mit dem BMBF als auch Beiträge zu verschiedenen Roadmaps, zum Beispiel organisiert von APPEC (Astroparticle Physics European Consortium), oder von IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics). Der derzeitige Vorsitzende der General Assembly von APPEC ist ein Wissenschaftler des KIT.

Mitarbeitende an der Forschungsinfrastruktur KARA sind im Komitee für Beschleunigerphysik aktiv bei der Gestaltung der Strategieprozesse im Dialog mit dem BMBF im Bereich Beschleunigerforschung und der Ausschreibungen in ErUM-Pro sowie in der Entwicklung des ErUM-Data-Hub und Ausschreibungen beteiligt. Die Forschungsinfrastruktur ist in europäisch geförderte Projekte unter Führung von CERN und der Roadmap-Entwicklung der Teilchenphysik eingebunden.

Zentren- und Programmübergreifend

Die Helmholtz-Gemeinschaft hat auf dem Symposium „Forschungsinfrastrukturen der Zukunft“ am 28.06.2021 ihre aktualisierte Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen vorgestellt. Die Helmholtz-Roadmap wurde im Dialog mit wissenschaftlichen Partner:innen und Nutzer:innen erarbeitet und stellt die thematische Schwerpunktsetzungen, die zeitliche Reihung, sowie die Nutzerbedarfe der strategischen Forschungsinfrastrukturplanungen der Helmholtz-Gemeinschaft vor. Für den Forschungsbereich Materie sind elf gemeinsame Forschungsvorhaben in drei Kategorien gelistet (siehe oben).

HZB, HZDR und DESY haben eine gemeinsame Zukunftsplanung für die Forschung mit den von ihnen betriebenen beschleunigerbasierten Lichtquellen entwickelt. Die in ihrer Strategie vorgeschlagenen Upgrades ihrer Spitzenforschungs-Anlagen stärken den Standort Deutschland und werden in vielen Bereichen für Innovationen sorgen. Das Strategiepapier wurde auf dem Helmholtz-Symposium „Forschungsinfrastrukturen der Zukunft“ am 28.06.2021 als Bestandteil der Helmholtz-Roadmap vorgestellt (siehe oben).

Der Forschungsbereich Materie stellte den Zuwendungsgebern auf der Forschungsbereichs-plattform am 29.09.2021 eine detaillierte Analyse seiner Forschungsinfrastrukturen vor. Dazu wurden für sieben LK I- und zwölf LK II-Anlagen des Forschungsbereichs Steckbriefe mit Informationen zum wissenschaftlichen Profil und technischen Life Cycle, zur Rolle und strategischen Bedeutung sowie zu Ressourcen und Nutzung erarbeitet. Die Landscapeanalyse stellt eindrucksvoll dar, dass die Großforschungsanlagen des Forschungsbereichs Materie stark international geprägt sind und eine sehr hohe Nutzung durch externe Forscher:innen, in der Regel von Universitäten, aufweisen (siehe oben).

DESY

Das DESY Photon Science Nutzertreffen fand 2021 online und mit über 2000 Anmeldungen statt. In Vorbereitung auf die ErUM-Pro-Ausschreibung des BMBF veranstaltete DESY einen Nutzer-Workshop, um Informationsfluss und Austausch zu fördern. Das Portfolio der Strahlführungen des Upgrade-Projektes PETRA IV wurde 2021 mit Forschenden und Industrievertreter:innen der Gremien IAC und PSC sowie im Rahmen eines Nutzerworkshops mit über 500 Teilnehmenden diskutiert und entwickelt.

FZJ

Der FRM II am MLZ ist das Rückgrat der Forschung mit Neutronen in Deutschland mit großer internationaler Wirkung. Der wissenschaftliche Nutzerbetrieb am FRM II wird durch die Kooperationsvereinbarung zwischen TUM, FZJ und Hereon mit finanzieller Unterstützung des BMBF im Rahmen des MLZ sichergestellt. Am SNS in Oak Ridge hat JCNS das NSE bis Ende 2020 betrieben. Die ESS wird in den kommenden Jahren in Betrieb genommen. FZJ ist deutscher Stakeholder am Institut Laue-Langevin und betreibt Instrumente.

GSI

Die Beschleunigeranlagen von GSI werden als Injektor für die künftige FAIR-Anlage vorbereitet, mit der künftige Bedarfe der Nutzergruppen nach höheren Strahlintensitäten und -energien erfüllt werden. Bis diese in Betrieb gehen, stehen die GSI-Beschleuniger in FAIR Phase-0 seit 2019 mit einem jährlichen Betrieb von drei Monaten zur Verfügung und werden stark nachgefragt.

Das mit der Europäischen Weltraumorganisation ESA seit einigen Jahren bestehende Abkommen zur Erforschung kosmischer Strahlung und ihrer Wirkung auf Menschen und Material wird voraussichtlich ab der Strahlzeit 2023 um Bestrahlung von Elektronik erweitert.

Hereon

Der Austausch mit den Nutzergruppen aus Wissenschaft und Industrie der GEMS-Instrumente findet u.a. auf dem jährlich stattfindenden GEMS Satellite Workshop und dem Industrie Workshop im Rahmen des DESY Photon Science User Meetings in Hamburg statt, sowie auf dem MLZ User Meeting in Garching. Das geplante Upgrade von PETRA III auf PETRA IV mit dem entsprechenden Umbau der Beamlines wird in enger Kooperation mit externen Nutzergruppen diskutiert und geplant. Zudem wird eruiert, welche Scientific Instrument Proposals zu PETRA IV für die Nutzung durch die Industrie relevant sind.

HZB

Mit dem Aufbau von an die Bedürfnisse der Katalyse - Forschungsplattform CatLab optimierten Synthese- und Charakterisierungsmöglichkeiten an BESSY II erfolgt eine Profilierung auf dem Gebiet der in-situ/operando Untersuchung von Dünnschichtkatalysatoren und katalytischen Prozessen. Ziel von CatLab ist die Entwicklung neuartiger Katalysatormaterialien, insbesondere für die Erzeugung von grünem Wasserstoff. Dabei soll eine Brücke zwischen Grundlagenforschung und Industrie geschlagen werden.

HZDR

HZDR arbeitet mit ACDC (ACcelerator-Driven multipurpose ion beam Complex) an einem Konzept für ein Upgrade des IBC. 2021 wurde der Pre-CDR intensiv vorangetrieben, der im Sommer/Herbst 2022 in den Helmholtz-FIS-Roadmap-Prozess eingebracht werden soll.

Das in Planung befindliche Projekt DALI (Dresden Advanced Light Infrastructure) stellt die Weiterentwicklung der derzeitigen, erfolgreichen Nutzeranlage ELBE des HZDR dar. 2021 wurde der PreCDR im Rahmen des Helmholtz-FIS-Roadmap-Prozesses erfolgreich evaluiert, so dass der Senat nun die Beantragung zur Aufnahme auf die Nationale Roadmap empfohlen hat. In dem Konzept werden bisherige Anwendungen, wie die superradiante THz-Strahlung, IR-FEL-Strahlung und Positronenstrahlen für die Materialforschung, durch einen Laser im VUV-Wellenlängenbereich, zeitaufgelöste Elektronenstreuung und möglicherweise Isotopenproduktion ergänzt werden. Im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung des Science Case und der Ausarbeitung eines CDR wurde mit dem Kreis potentieller zukünftiger Nutzer:innen Kontakt aufgenommen und mögliche Anwendungen für DALI diskutiert.

KIT

GridKa wird jährlich gemäß den Anforderungen der wissenschaftlichen Communities aus der Teilchen- und Astroteilchenphysik über die etablierten Prozesse und Gremien weiterentwickelt - technologisch wie auch bezüglich der Hardware-Ressourcen (incl. der Abschaltung alter Hardware). Die Vorbereitungen für den Run 3 des LHC befinden sich derzeit in der aktiven Phase. Die Planungen zur Verarbeitung der Daten des HL-LHC werden angegangen, u.a. durch den Eintrag in die Helmholtz-FIS-Roadmap „Upgrade TIER-Zentren für HL-LHC“.

KARA soll nach aktueller Planung zu einem Testbett für Beschleunigerforschung weiterentwickelt und einer breiteren Community aus der Industrie als Teil der Accelerator Technology Platform (ATP) durch das noch zu installierende ATP-Industrieforum zugänglich gemacht werden. Derzeit existieren verschiedene Nutzergruppen mit rein wissenschaftlicher Nutzung und mit rein industrieller Nutzung, z.B. durch die Firma microworks.

Strategien im Umgang mit den Chancen und Risiken der digitalen Transformation für Forschungsinfrastrukturen

DESY

Zentral ist die richtige Balance zwischen nachhaltigem Nutzerbetrieb durch "Mail-in"-Option, "Remote"-Betrieb und KI-gestützte Datenauswertung und andererseits dem Aufrechterhalten des Austauschs zur Nutzergemeinschaft vor Ort. Ein nachhaltigerer Nutzerbetrieb erfordert jedoch Verstärkung des Personals sowie Investitionen. Bereits in 2021 wurde eine Person für Mail-in eingestellt und DESY entwickelt mit anderen Helmholtz-Zentren eine detaillierte Strategie, um dieser Herausforderung weiter zu begegnen.

FZJ

Die Gründung vom Neutronen SimLab für die Überwachung der vorhandenen Software zur Analyse von Streudaten, für die Unterstützung der Benutzer sowie für die Entwicklung eines dezentralen Datamanagement-System für JCNS. Remote-access zu den Experimenten am MLZ wird angeboten: dies ermöglicht den fern-Start und die fern-Kontrolle des Experiments, den Zugang zu den Roh-Messdaten in „Echtzeit“ sowie zu Datenreduktion und Auswertesoftware. JCNS ist sehr aktiv in Projekten für die Anwendung von AI für Neutron- und X-ray Streuungsexperimenten (Impuls- und Vernetzungsfonds) sowie bei Data Processing, Instrument Control und Joint Software Webpage innerhalb des WG4 in LENS.

GSI

Einführung des Beschleunigerkontrollsystems für FAIR. Dies ist ein objektorientiertes dezentral verteiltes System, das durch ein White Rabbit Timing-System synchronisiert wird. Auf der Ausrüstungsebene sind tausende von Aktoren, Sensoren und Messgeräte über verschiedene

Arten von Front-End-Ausrüstungssteuerungscomputern mit dem Steuerungssystem verbunden. Im Herzen des Steuerungssystems hosten leistungsstarke Linux-Server die Datenbanken und führen die Dienste und Anwendungen aus. Auf der Ebene des Kontrollraums ermöglichen Konsolen mit grafischen Benutzeroberflächen (GUI) den Maschinenbedienern die Steuerung und Optimierung der Strahlen und die Überwachung des Zustands der wichtigsten Industriesysteme.

Hereon

Der durch die Corona-Pandemie zunehmend wichtige Remote-Zugang zu den Instrumenten wird zurzeit am MLZ und an den PETRA III-Beamlines vorbereitet. Für ein standardisiertes Angebot an Messungen an den GEMS-Beamlines, bei denen die industriellen Nutzer per Videokonferenz zugeschaltet werden, um während der Messkampagne Anpassungen am Experiment vornehmen zu können, fehlt derzeit jedoch noch das Personal.

HZB

Aus den Nutzer:innen-Communities gibt es weiterhin eine deutlich gestiegene Nachfrage nach Remote Access sowohl bei der Experimentdurchführung als auch beim Datenzugriff der schnellen – in-time – Datenanalyse. Im Berichtsjahr hat das HZB die "Remote-Fähigkeit" der BESSY II Instrumente weiter ausgebaut, was zu einer hohen Belastung insbesondere der Mitarbeitenden an den Instrumenten geführt hat.

HZDR

Das HZDR hat zum Umgang mit den Herausforderungen der digitalen Transformation 2021 eine Digitalisierung-AG gegründet, die sich auch mit den entsprechenden Fragestellungen an den Nutzereinrichtungen des Zentrums befasst. Weiterhin existiert seit 2021 auch eine AG zum Umgang mit den Auswirkungen der Corona-Pandemie an den LK II-Einrichtungen. Diese haben bei den Fragen zum "Remote"-Betrieb, Datenzugang, etc. einen großen thematischen Überlapp und sind entsprechend miteinander verzahnt.

Für den Betrieb in der akuten Pandemiesituation wurden für alle drei Anlagen, ELBE, HLD und IBC, auch digitale Konzepte für die Nutzung der Anlagen ohne direkten Zugang durch die Nutzer:innen erstellt, evaluiert und teilweise auch bereits umgesetzt. Diesen sind aber in vielen Punkten insbesondere aus sicherheitstechnischen Gründen enge Grenzen gesetzt. So ist beispielsweise für HLD ein Remote-Betrieb aufgrund von hohen elektrischen Spannungen und der Havariegefahr beim Pulsen der Hochfeldmagneten nicht möglich. Dagegen sind für den ELBE-Beschleunigerbetrieb in den vergangenen zwei Jahren Softwaretools etabliert worden, um den Zustand des Beschleunigers und seiner Sekundärstrahlanlagen über Ferndiagnose beurteilen zu können. Darüber hinaus können ausgewählte Anlagenkomponenten über Remote Control von außerhalb bedient und optimiert werden. Damit war es möglich, dass die persönliche Anwesenheit von bestimmten Spezialisten vor Ort, insbesondere während der Lockdowns, nicht notwendig war. Ein vollständiger Remotebetrieb von ELBE ist wegen der damit verbundenen hohen Risiken nicht möglich. Auch von Nutzerseite wurden technische und organisatorische Maßnahmen zum Remote-Betrieb der Nutzeranlagen etabliert, die es auch nach dem Abklingen der Covid-19-Pandemie erlauben werden, teilweise auf die persönliche Anwesenheit auswärtiger Nutzer:innen zu verzichten. Arbeitsteilig kann in vielen Fällen die Fernüberwachung der Datennahme mit den vor Ort anwesenden Beamline-Wissenschaftler:innen erfolgen und die Qualitätssicherung der Messungen durch *on-the-fly* Analysen durchgeführt werden.

KIT

Das LK-II Großgerät GridKa ist als Daten- und Analyse-Rechenzentrum für die Teilchen- und Astroteilchenphysik eine digitale Infrastruktur in sich selbst. Daher sind alle Aspekte von GridKa seit Anbeginn bereits digital, was den Zugang, die Datenbearbeitung, etc. angeht. Eine Vor-Ort-Nutzung durch die internationalen Nutzerinnen und Nutzer findet daher nicht statt.

KATRIN, als wesentlicher Bestandteil des Helmholtz-Programms MU, profitiert von den strategischen Entwicklungen im Programm bzw. im Forschungsbereich Materie. Es wird eng mit dem Programm MT und dem LK-II Großgerät GridKa zusammengearbeitet. Analysen der Experimentdaten werden unter Nutzung modernster digitaler Technologien durchgeführt und weiterentwickelt. Allerdings ist aufgrund der speziellen Sicherheitsanforderungen aufgrund des Tritium-Betriebs in KATRIN kein remote operating möglich.

Ein umfassender Remote-Betrieb an KARA wurde realisiert und somit ein durchgängiger Betrieb trotz COVID-Pandemie ermöglicht. Handlungsfelder sind Künstliche Intelligenz, Betriebssicherheit, Nutzerhandling, Remote-Betrieb, Remote-Training und digitales Outreach.

Zentren- und Programmübergreifend

Zur Untersuchung der kurz-, mittel- und langfristigen Auswirkungen der Covid-19-Pandemie und des damit erhöhten Remote-Zugriffs auf Forschungsinfrastrukturen zu erfassen, hat der Forschungsbereich Materie eine Studie angestoßen. In dieser werden u.a. die LK II-Kennzahlen vor, während und nach der Pandemie untersucht (Zeitraum zunächst von Anfang 2019 bis Ende 2021 mit optionaler Verlängerung). Ein Ziel der Studie ist eine breite Datenbasis, um den künftig wahrscheinlich weiter steigenden Anteil von *Remote-Access*-Messungen und *Mail-In*-Experimenten begegnen zu können. Erste Ergebnisse der Studie legen in der Tat nahe, dass der Remote-Zugang von den Nutzer:innen gut angenommen und stark nachgefragt wird, der weitere Ausbau aber nur mit steigendem Aufwand, zusätzlichem Personal und größeren finanziellen Belastungen zu erreichen ist, in Verbindung weiterer Automatisierung und Digitalisierung (siehe oben).

[Maßnahmen zur Erhöhung der Nutzung bestehender Anlagen durch Industriepartner bzw. zur Erhöhung des Technologietransfers](#)

DESY

Am Messplatz P25 bei PETRA III ist eine Strahlführung mit zwei Stationen geplant, davon eine für hochauflösende Pulverbeugung und eine für medizinische Bildgebung sowie Optik- und Detektortests. Diese Beamline soll schwerpunktmäßig von der Industrie genutzt werden, und die Planungsphase soll bis zum Frühjahr 2022 abgeschlossen sein.

FZJ

Die Nutzer aus der Industrie, welche die Neutronenstreuungsinstrumente des JCNS nutzen, werden immer von einem „local contact“ begleitet und betreut (plug & play). Sie benötigen kein fundiertes Fachwissen der Instrumente, um diese zu nutzen. Die JCNS Industrieverbindungsstelle bietet Interessenten aus der Industrie und von kommerziellen Instituten verschiedene Modelle zur Nutzung unserer Möglichkeiten an, etwa im Rahmen von Kooperationen, Drittmittelprojekten bis hin zu bezahlter Strahlzeit. Außerdem ist das JCNS aktiv in der Entwicklung neuartiger Methoden und Techniken für die Neutronenstreuung, wie für die zukünftige Neutronenquellen ESS und HBS, sowie ein NSE am NIST.

GSI

Die Möglichkeiten zur Bestrahlung von Materialien und Elektronik an den Anlagen von GSI sind für Unternehmen der Weltraumbranche durch den abgedeckten Energiebereich und die Vielzahl möglicher Teilchenarten sehr interessant. Da wegen der Vorbereitungen auf FAIR das Strahlzeitangebot allerdings knapp ist und diverse Anfragen abgelehnt werden mussten, bestehen Überlegungen, künftig einen dedizierten Industriestrahlszeitblock anzubieten; eine Kosten-Nutzen Abwägung ist in Vorbereitung.

Hereon

Der "Industrial Liaison Officer" von Hereon, der seit Jahren erfolgreich die Planung und Durchführung von Auftragsmessungen aus der Industrie sowie internationale Projekte zur Verbesserung der Industrienutzung koordiniert, ist Mitglied in der zentrenübergreifenden AG Innovation und Transfer des Forschungsbereichs Materie, in der neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit zur Steigerung der Nutzung der Anlagen durch die Industrie diskutiert werden (siehe oben).

Die Firma Xploraytion ist ein Dienstleister auf dem Gebiet der Tomographiemessungen für Industriekunden. Xploraytion hat Testmessungen an der GEMS-Beamline P07 durchgeführt, um eventuell in Zukunft eigenständig Messungen für Industriekunden durchzuführen können.

Ein Block Allocation Group Proposal mit Beteiligung des Fraunhofer-Instituts ILT zur Untersuchung von Laserschweißen wurde positiv evaluiert.

HZB

Im Rahmen von LEAPS-INNOV beteiligt sich das HZB an einem speziell auf KMU zugeschnittenes, niederschwelliges Zugangsprogramm, das KMU die Nutzung der analytischen Möglichkeiten an BESSY II, den angeschlossenen Laboren sowie die damit verbundene Expertise ermöglicht. Der mit Beginn der Pandemie eingeführte "Rapid Access Mode" für Covid-19 Forschung besteht weiterhin.

HZDR

Das IBC ist (mittelbar über die HZDR Innovation GmbH) Weltmarktführer beim Angebot von Ionenstrahlzeiten für die Industrie. Um den erhöhten Bedarf der Industrie für Hochenergieimplantation bedienen zu können, wurde am IBC in 2021 der 24/6 Schichtbetrieb eingeführt. Gegenüber dem letzten Jahr konnte u.a. dadurch die Strahlzeit für die Industrie um mehr als 15% gesteigert werden.

Weiterhin wird seit 2021 auch eine Schwesteranlage an der Slovenská Technická Univerzita v Bratislave in Trnava in der Slowakei, deren Aufbau das HZDR intensiv unterstützt und begleitet hat, als weitere Produktionsstätte der HZDR Innovation GmbH genutzt, die die Möglichkeiten des IBC im industriellen Umfeld vermarktet. Damit sind die Voraussetzungen geschaffen, um die Hochenergie-Produktionskapazitäten auszubauen und am neuen Standort in der Slowakei künftig die Nachfrage der Industrie decken zu können.

Für industriell relevante Anwendungen an ELBE spielt die Positronenannihilationsspektroskopie pELBE eine besondere Rolle. Die dort angebotenen analytischen Möglichkeiten sind hier von besonderem technologischen Interesse. Im Rahmen einer "Field Study Fellowship" des Helmholtz-Enterprise-Programms wurde ein Konzept zur kommerziellen Nutzung von pELBE erarbeitet. Weiterhin wurde in Zusammenarbeit mit den Transferexpert:innen des HZDR ein

Projekt zur digitalen Aufarbeitung der Infrastruktur für die erweiterte interne und externe Nutzung abgeschlossen. Auch steht für pELBE seit 2021 ein Industrial Liaison Officer, der auch Task Leader ist, zur Verfügung, der sich um die Interaktion mit der Industrie kümmert.

Das HLD arbeitet intensiv an Maßnahmen zur Erhöhung des Industrienutzeranteils. Dieses wird auch durch Aktivitäten im Rahmen des seit November 2020 von der EU geförderten ISABEL-Projekts ("Improving the Sustainability of the European Magnetic Field Laboratory") unterstützt. Die Nutzung der Forschungsinfrastrukturen durch kleine und große Industrieunternehmen spielt auch eine zentrale Rolle in dem 2021 gestellten EU-Projektantrag ReMade@ARI zu recyclebaren Materialien, der von HZDR koordiniert wird und in dem ELBE, IBC und HLD gleichermaßen vertreten sind. Der Antrag mit 46 Teilnehmer:innen aus Europa dient der Vernetzung und Förderung akademischer Nutzer und Industriepartner an den Forschungsanlagen der beteiligten Institutionen.

KIT

KARA ist bereits sehr ausgelastet u.a. durch Industriepartner zur Produktion von Mikrosystemtechnik. Durch Gründung des Industrieforums der ATP soll eine zentrale Schnittstelle entstehen, die sämtliche Beschleuniger-relevanten Aktivitäten aus dem KIT nach außen hin vertreten und somit in Industrie und Gesellschaft einbringen, sowie den Zugang zu den Infrastrukturen erleichtern soll.

Entwicklungen bei der Einbindung der Öffentlichkeit bei Planung, Bau und Betrieb der FIS

DESY

DESY, HZB und HZDR haben eine gemeinsame Zukunftsplanung für die Forschung mit den von ihnen betriebenen wissenschaftlichen Lichtquellen entwickelt, die Helmholtz Photon Science Roadmap (siehe oben). Das entsprechende Strategiepapier wurde auf dem Helmholtz-Symposium „Forschungsinfrastrukturen der Zukunft“ am 28. Juni 2021 als Bestandteil der Helmholtz-FIS-Roadmap vorgestellt. DESY-Forschende beteiligten sich 2021 auch am online Format von "Wissen vom Fass", u.a. mit einem Vortrag zu Forschung mit Photonen an Großgeräten.

FZJ

Das FZJ hat sich im Rahmen seiner Öffentlichkeitsarbeit intensiv an einer Reihe von internationalen sowie themenübergreifenden Konferenzen wie z.B. der LENS-Kampagne COP26 beteiligt. Im Bereich Wissenstransfer stand u.a. die Ausbildung von Nutzer:innen und Wissenschaftler:innen, wie z.B. durch das Tasso Springer Fellowship, Lab Course oder das neulich finanzierte GNeUS Projekt (ein MSCA co-funded programme) im Fokus.

GSI

Die Planungs- und Baumaßnahmen von FAIR werden seit Beginn an mit öffentlichkeitswirksamen Maßnahmen begleitet (Bürgerinformationsabende, Pressearbeit, Medienerstellung). Besondere Meilensteine, wie z.B. der Ringtunnelschluss, erhalten ganze Themenseiten in großen Nachrichtenmagazinen.

Die Forschung an den Beschleunigeranlagen werden der Öffentlichkeit durch diverse Maßnahmen vorgestellt (Pressearbeit, Print- und Soziale Medien, Veranstaltungen, Fernsehbeiträge, Besichtigungen, etc.). Die aufgrund der Covid-Pandemie ausschließlich online durchgeführte Vortragsreihe "Wissenschaft für Alle" konnte einen deutlichen Zuhöreranstieg im Ver-

gleich zu Präsenzveranstaltungen verzeichnen, mit Spitzenwerten von bis zu 480 Teilnehmenden. Auch die in 2021 regelmäßig virtuell durchgeführten Besichtigungen wurden stark nachgefragt.

HZB

Anlässlich des 200. Geburtstags von Hermann von Helmholtz hat das HZB seinen Namensgeber mit einer Festveranstaltung geehrt. Der Universalgelehrte inspiriert die Forschenden auch heute noch, ganz besonders bei der Planung einer Lichtquelle der neuesten Generation, BESSY III, die das HZB auf der Veranstaltung vorgestellt hat. Sie soll Licht besonderer Qualität für die Forschung erzeugen. Der Regierende Bürgermeister Berlins, Michael Müller, betonte dabei die künftige herausragende Stellung von BESSY III für den Forschungsstandort Berlin.

HZDR

Die Upgrade-Pläne zu IBC mit ACDC (ACcelerator-Driven multipurpose ion beam Complex) und ELBE mit DALI (Dresden Advanced Light Infrastructure) wurden im Rahmen des Helmholtz-Symposiums „Forschungsinfrastrukturen der Zukunft“ am 28. Juni 2021 als Bestandteil der Helmholtz-FIS-Roadmap einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Zusätzlich wurde DALI im Rahmen einer Vortragsveranstaltung auch dem lokalen Netzwerk um die TU Dresden mit außeruniversitären Partnern aus Forschung und Kultur nähergebracht. Mit der Helmholtz Photon Science Roadmap (siehe oben), die gleichermaßen in ausführlichen wissenschaftlicheren Variante als auch in Form einer Kurzbroschüre mit dem Fokus auf Politik und Öffentlichkeit vorliegt, wird DALI neben den Anlagen PETRA IV und BESSY III nicht nur der Politik und dem Zuwendungsgeber, sondern darüber hinaus auch der interessierten Öffentlichkeit nähergebracht.

KIT

Verschiedene Formate zur Einbindung der Öffentlichkeit im Rahmen von stadtweiten Festivals, abhängig von der Corona-Situation, durch Ausstellungen, Vorträge und Online-Kontext u.a. durch Videobeiträge für verschiedene Zielgruppen wie Bürger:innen, Studierende, Wissenschaftler:innen werden durch KARA verfolgt und beständig aktualisiert.

Zentren- und Programmübergreifend

Die Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen wie auch die Helmholtz Photon Science Roadmap wurden auf dem Helmholtz-Symposium „Forschungsinfrastrukturen der Zukunft“ am 28.06.2021 einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Die Helmholtz-Roadmap wurde im Dialog mit wissenschaftlichen Partner:innen und Nutzer:innen erarbeitet und stellt die strategischen Forschungsinfrastrukturplanungen der Helmholtz-Gemeinschaft vor (siehe oben).

A.2.3.1.4.6 Sonstiges

Zentren- und Programmübergreifend

Im Sommer 2021 wurde der Antrag Helmholtz Distributed Detector Laboratory (DDL) zum Aufbau einer nationalen Forschungsinfrastruktur zur Produktion und zur Entwicklung von Hochtechnologieelementen für Detektoren bei der Helmholtz-Gemeinschaft als „Strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. EUR“ eingereicht. Sie wird als eine verteilte Einrichtung aufgebaut, in der die Kernkompetenzen strategisch zwischen den beteiligten Zentren DESY, GSI/Hi Jena, HZB, HZDR und KIT aufgeteilt sind und beinhaltet den Aufbau eines Industrienetzwerks. So

werden maximale Effizienz und bestmöglicher Mitteleinsatz ermöglicht. Es ist geplant, Investitionen in drei Schwerpunktbereichen durchzuführen:

- Zugang zu Technologien von höchstauflösenden Sensoren, z. B. im Bereich der supraleitenden Detektoren
- Aufbau von technischen Möglichkeiten, um Halbleitersensoren auf einen spezifischen Einsatzbereich anzupassen, z.B. zum Nachweis extrem niederenergetischer Röntgenstrahlen,
- Ausbau von Teststrahleinrichtungen und Diagnosemöglichkeit

A.2.3.1.5 Quantitative Indikatoren

	Einheit	2017	2018	2019	2020	2021	Veränderung 2021 zu 2020 absolut	Veränderung 2021 zu 2020 prozentual
WoS-, SCOPUS oder Open Research Europe indexierte Publikationen	Anzahl	2.068	2.161	2.312	2.416	2.655	239	10%
... davon Open-Access-Publikationen	Anzahl	1.466	1.556	1.766	1.833		-	-
Andere referierte Publikationen	Anzahl	239	242	340	91	296	205	225%
Drittmittelträge	TEUR	49.658	39.004	38.073	38.906	52.357	13.451	35%
Abgeschlossene betreute Promotionen	Anzahl	166	142	136	141	166	25	18%
Postdocs	Anzahl	447	442	482	513	546	34	7%
Nachwuchsgruppen	Anzahl	26	22	29	25	24	-1	-4%
Ausgewählte koordinierte, nationale und intern. Förderprogramme	Anzahl	104	103	117	134	154	20	15%
Kooperationen mit der Wissenschaft	Anzahl	636	660	709	849	888	39	5%
Kooperationen mit der Wirtschaft	Anzahl	51	68	87	108	106	-2	-2%
Prioritätsbegründende Patentanmeldungen	Anzahl	21	26	8	23	17	-6	-26%
Kapazität der grundfinanzierten Wissenschaftler	PJ	748	778	819	878	1.033	155	18%
Kapazität der drittmittel-finanzierten Wissenschaftler	PJ	153	175	177	198	233	35	18%
Summe Wissenschaftler	PJ	829	882	918	999	1.224	226	23%

Allgemein lassen sich Abweichungen der Indikatoren zu den Vorjahren u.a. aus der Tatsache erklären, dass GSI in der vierten PoF-Periode auch wieder mit ihrem Standort Darmstadt sowie mit ihren früher im FB Gesundheit angesiedelten Aktivitäten am FB Materie beteiligt ist.

Folgende Entwicklungen lassen sich detaillierter erläutern:

Andere referierte Publikationen:

Der starke Aufwuchs der anderen referierten Publikationen resultiert aus den Steigerungen in den Programmen MT und MU. Der Aufwuchs von 2020 zu 2021 ist teilweise durch Beiträge auf großen Konferenzen entstanden, die nur alle zwei Jahre stattfinden (dies betrifft das Programm MU). Ein Großteil des Anstiegs lässt sich durch die Covid-19-Pandemie erklären, denn nach einem Corona-bedingten Rückgang im Jahre 2020 und der damit verbundenen Absage vieler Konferenzen konnten sich diese Zahlen im Jahre 2021 wieder stabilisieren.

Drittmittelerträge:

Die deutlich höheren Drittmittelerträge 2021 im Vergleich zu 2020 stammen maßgeblich von DESY. DESY hat im Jahr 2021 Drittmittel für den PETRA IV TDR erhalten und damit innerhalb des Programms MML eine Steigerung der Drittmittel von 93% bewirkt. Daneben ist im Programm MT eine stetige positive Entwicklung der Drittmittelerträge zu erkennen.

Abgeschlossene betreute Promotionen:

Während innerhalb von MU ein leichter Rückgang zu verzeichnen ist, hat sich die Zahl der abgeschlossenen betreuten Publikationen in MT und MML von 2020 zu 2021 deutlich erhöht. Innerhalb von MT hat sich bei den abgeschlossenen Promotionen 2021 ein Nachholeffekt der pandemiebedingt verschobenen Promotionsabschlüsse ergeben. Sie konnten 2021 verspätet abgeschlossen werden.

Der Anstieg bei MML ergibt sich insbesondere aus dem Effekt, dass der Standort Darmstadt der GSI seit 2015 nicht an der PoF teilgenommen hat. Somit betreffen die Zahlen 2017-2020 ausschließlich das Helmholtz-Institut Jena, erst seit 2021 HI-Jena und GSI. Außerdem sind Aktivitäten der GSI aus dem FB Gesundheit seit PoF IV im FB Materie verankert.

Innerhalb von MU hat sich der Nachholeffekt noch nicht eingestellt. Dort gab es aufgrund von Covid-19 auch 2021 Verzögerungen bei den Promotionsabschlüssen.

Ausgewählte koordinierte nationale und internationale Förderprogramme:

In den letzten Jahren war ein steigender Trend dieses Indikators erkennbar, der sich auch von 2020 zu 2021 weiter fortsetzt.

Patentanmeldungen:

Aufgrund der geringen absoluten Zahlen der Patentanmeldungen ist die prozentuale Steigerung wenig aussagekräftig. Die Zahl der Patentanmeldungen ist im Rahmen der Schwankungsbreite der vergangenen Jahre stabil.

Grundfinanzierte und Drittmittelfinanzierte Wissenschaftler:innen:

Die Zahl der grund- und drittmittelfinanzierten Wissenschaftler:innen ist in allen drei Programmen gestiegen. Dieser Anstieg reflektiert die Anstrengungen der Zentren, die Umsetzung der ambitionierten Ziele der PoF IV erreichen zu können.

Außerdem ist die Steigerung auf den bereits erwähnten Wechsel der Abteilung Biophysik der GSI aus dem FB Gesundheit zu MML im FB Materie zurückzuführen.

Teil B: Assoziierte Forschungsinfrastrukturen

A.2.3.1.6 Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR) im Aufbau

Die Finanzierung des Baus der internationalen Anlage FAIR aus dem Helmholtz-Titel ist ein Sondertatbestand im Forschungsbereich 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 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in diesem Zusammenhang erfolgt in den Programmberichten zu MU, MT und MML.

A.2.3.1.6.1 Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Es liegen keine Finanzierungsempfehlungen vor, da der Bau von FAIR nicht Teil der Programmorientierten Förderung ist.

A.2.3.1.6.2 Entwicklung der Kennzahlen und Ressourcen

Kostenentwicklung: Forschungsinfrastruktur FAIR (GSI)

Senatsempfehlung [in TEUR]	Plan 2021	Plan 2022	Plan 2023	Plan 2024	Plan 2025	Plan 2026	Plan 2027	Summe 2021-2027
Kosten der Forschungsinfrastruktur	63.276	63.276	63.276	63.276	63.276	63.276	63.276	442.932
FAIR (during construction) (GSI)	63.276	63.276	63.276	63.276	63.276	63.276	63.276	442.932

Ist-Kosten Stand: Februar 2022 [in TEUR]	Plan 2021	vorl. Ist 2021	Plan 2022
Ist-Kosten der Forschungsinfrastruktur	63.276	55.758	63.276
FAIR (during construction) (GSI)	63.276	55.758	63.276

Abweichung Ist-Kosten zu Senatsempfehlung [in %]	0%	-12%	0%
FAIR (GSI)	0%	-12%	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 ZFB 2021 erfolgen.

A.2.3.1.6.3 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) während

rund dreimonatiger Messkampagnen durchgeführt. Als Highlights der wissenschaftlichen Ergebnisse aus dem Jahr 2021 seien beispielhaft zwei genannt.

Ein internationales Forschungsteam unter Federführung der Universität Lund in Schweden und unter maßgeblicher Beteiligung der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (JGU) und des Helmholtz-Instituts Mainz (HIM) sowie weiterer Partner haben das mutmaßlich „magische“ Element 114 (Flerovium) daraufhin untersucht, ob es tatsächlich eine abgeschlossene Protonenschale hat. Die Ergebnisse für unterschiedliche Isotope des Elements 114 lassen darauf schließen, dass Flerovium entgegen der Erwartung kein sogenannter „magischer Kern“ ist. Die neuen Ergebnisse werden bei der Suche nach dem Zentrum der Insel der Stabilität von großem Nutzen sein und rücken beispielsweise das noch unentdeckte Element 120 ins Rampenlicht (doi: 10.1103/PhysRevLett.126.032503).

Auf der Basis von Single-Nanopor-Membranen von GSI hat ein internationales interdisziplinäres Team mit Forschenden aus Argentinien, den USA und der GSI Materialforschung ein Testverfahren entwickelt, das SARS-CoV-2 mit der gleichen Empfindlichkeit wie ein qPCR-Test und in nur zwei Stunden im Speichel nachweist, ohne dass die Probe vorbehandelt werden muss. Darüber hinaus kann der Sensor infektiöse von nicht-infektiösen Coronaviren unterscheiden – eine entscheidende Innovation. Diese neue Technik könnte einen Weg für die Entwicklung eines einfachen und schnellen Nachweises von ansteckenden Personen in einer durch Viren verursachten Pandemie weisen (doi: 10.1126/sciadv.abh2848).

A.2.3.1.7 European XFEL

A.2.3.1.7.1 *Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen*

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 Nutzerbetrieb am European XFEL hat 2017 begonnen. Seit 2019 sind drei Freie-Elektronen Laser (FEL) Strahlführungen (SASE1, SASE2, SASE3) mit je zwei Experimentierstationen im Betrieb. Damit verfügt European XFEL zurzeit über sechs Instrumente, an denen Experimente stattfinden können.

Für den Beschleuniger liegt der Fokus auf dem zuverlässigen Betrieb für das Experimentierprogramm. Im Jahr 2021 waren über 3800 Stunden Photonenbetrieb geplant, dieser konnten mit einer exzellenten Verfügbarkeit von ca. 94% durchgeführt werden. Außerdem werden die Methoden zur Erzeugung der Röntgenstrahlung weiter entwickelt, um neue Photonenparameter anzubieten. Hervorzuheben sind hier der Nutzerbetrieb mit „Hard X-Ray Self Seeding“ (HXRSS) bei SASE2, die gleichzeitige Erzeugung von FEL Strahlung mit zwei unterschiedlichen Wellenlängen bei SASE3, und der Transport von hoch-intensiven 24 keV Röntgenstrahlen bis zum Experiment bei SASE1. Studien zur Erzeugung kurzer (< 10 fs) und sehr kurzer (< 1 fs) Photonenpulse wurden begonnen.

Der European XFEL dient einer vielfältigen weltweiten Nutzergemeinschaft. Forschende des Programms MML nutzen den European XFEL und tragen zu experimentellen Entwicklungen, z.B. im Rahmen von Nutzerkonsortien der Helmholtz International Beamline (HIB), bei. Forschende des Seriellen Femtosekunden Kristallographie (SFX) Konsortiums unternahmen Anfang 2021 Experimente am European XFEL, um das dynamische Verhalten der SARS-Cov-2-

Proteasen zu untersuchen. Für das „Heisenberg Resonant Inelastic X-ray Scattering“ (hRIXS) Konsortium wurden Spektrometer und eine Experimentierkammer geliefert und in Betrieb genommen. Neben erfolgreichen technischen Fortschritten (u.a. Implementierung zentraler Lasersysteme) feierte das „Helmholtz International Beamline for Extreme Fields“ (HIBEF) Konsortium 2021 die offizielle Einweihung von HIBEF am European XFEL.

A.2.3.1.7.2 Entwicklung der Kennzahlen und Ressourcen

Kostenentwicklung: Forschungsinfrastruktur XFEL (DESY)

Senatsempfehlung [in TEUR]	Plan 2021	Plan 2022	Plan 2023	Plan 2024	Plan 2025	Plan 2026	Plan 2027	Summe 2021-2027
Kosten der Forschungsinfrastruktur	64.480	65.770	67.085	68.427	69.796	71.191	72.615	479.365
XFEL (DESY)	64.480	65.770	67.085	68.427	69.796	71.191	72.615	479.365

Ist-Kosten Stand: Februar 2022 [in TEUR]	Plan 2021	vorl. Ist 2021	Plan 2022
Ist-Kosten der Forschungsinfrastruktur	79.405	79.405	81.991
XFEL (DESY)	79.405	79.405	81.991

Abweichung Ist-Kosten zu Senatsempfehlung [in %]	23%	23%	25%
XFEL (DESY)	23%	23%	25%

Kommentierung der Abweichung:

Ist-Kosten und Senatsempfehlung weichen voneinander ab, da für den XFEL neben den Senatsempfehlungen zur Programmorientierten Förderung weitere Mittel (14.925 T€ in 2021) dem DESY zur Verfügung gestellt und dafür entsprechend genutzt werden, um den Gesellschafterbeitrag zu decken. Bei Berücksichtigung dieser zusätzlichen Mittel beträgt die Abweichung 0 %.

A.2.3.1.7.3 Wissenschaftliche Highlights

Beispielhaft seien hier zwei Highlights erwähnt: Inzwischen ist der Hochdruck-Aufbau unter Nutzung von „diamond anvil cells“ (DAC) bei HIBEF etabliert und ermöglicht zeitaufgelöste Röntgenbeugungsexperimente während Lasererwärmung oder dynamischer Kompression bei MHz-Wiederholraten (doi: 10.1107/S1600577521002551). Damit eröffnen sich neue Wege zur Erforschung der Dynamik des Planeteninneren oder Forschung rund um neuartige Materialien. Nach dem erfolgreichen Abschluss der internen Inbetriebnahme des „Relativistic Laser at EuXFEL“ (ReLaX) (doi: 10.1017/hpl.2021.47), führte ein internationales Forschungsteam ein erstes Nutzerexperiment durch, das ReLaX mit dem Röntgenstrahl am HED Instrument kombinierte. Mit dieser Studie wurde die Durchführbarkeit von mehreren Röntgentechniken gezeigt und damit der Weg für neuartige wissenschaftliche Experimentiermöglichkeiten in den Forschungsbereichen Laser-Plasma-Wechselwirkung, Hochenergie-Materialwissenschaften, Metrologie, Biologie und Medizintechnik an HED geebnet.

A.2.3.1.8 LK II-Forschungsinfrastrukturen im Forschungsbereich

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 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

A.2.3.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich Materie

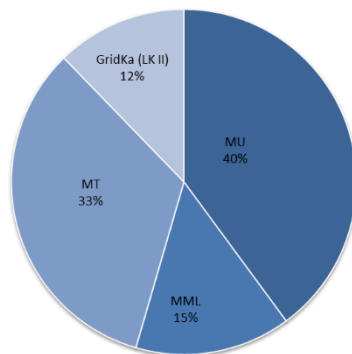
Im Forschungsbereich Materie bündelt die Helmholtz-Gemeinschaft ihre Expertise zur Erforschung der Materie für ein verbessertes Verständnis der Struktur und Eigenschaften von Materie auf allen Größen- und Energieskalen. Komplexe Forschungsinfrastrukturen bieten ein einzigartiges Forschungsumfeld für die Grundlagenforschung sowie angewandte Forschung und Industrie. Essentiell für die Wettbewerbsfähigkeit des Forschungsstandortes Deutschland sind dabei: die kontinuierliche und gezielte Weiterentwicklung der Forschungsinfrastrukturen, vielfältige nationale und internationale Kooperationen, Transfer in Industrie und Gesellschaft, Förderung von Nachwuchs-Talenten sowie die Stärkung von interdisziplinären Kooperationen. Das KIT engagiert sich in allen drei Programmen des Forschungsbereichs Materie: *Matter and the Universe* (MU), *Matter and Technologies* (MT) und *From Matter to Materials and Life* (MML).

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 das LK-II Großgerät „Grid Computing Centre Karlsruhe (GridKa)“ als eines von weltweit 13 Tier1-Daten- und Analysezentren zur Bereitstellung der Rechen- und Speicherressourcen für alle 4 LHC-Experimente am CERN sowie für Belle-II und IceCube. Das KIT baut seine Aktivitäten in der Teilchenphysik und der theoretischen Astroteilchenphysik weiter aus.

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, um *in situ* und *in operando* Charakterisierungen von Nanostrukturen, Energie-Materialien, Geräte 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

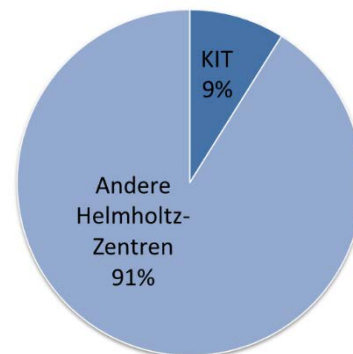


Abbildung 6: Programmanteile des KIT im Forschungsbereich Materie (Der LK I-Anteil des KIT am Forschungsbereich Materie beträgt 20%.)

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, inkl. TransFAIR (FZJ/GSI), sowie in enger Kooperation mit den Universitäten in Deutschland und unseren 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) erforschen die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen des KIT, gemeinsam mit denen vom DESY, die Masse der Teilchen, die Quanten-Struktur des Vakuums sowie die starke und die elektroschwache Wechselwirkung. Es wird nach Physik jenseits des Standard-Modells gesucht und hierbei insbesondere nach dunkler Materie. 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 werden zudem Konzepte für zukünftige Collider sowie Experimente mit Neutrinos und dunkler Materie entwickelt.

Im Topic *Matter and Radiation from the Universe* (MU-MRU) untersuchen die Forschenden des KIT, gemeinsam mit DESY, die Erzeugung, Beschleunigung und Propagation von hoch-energetischen Teilchen im Kosmos, messen die Eigenschaften von Neutrinos und suchen nach dunkler Materie. Das Ziel ist eine umfassende Sicht auf die Rolle der Materie bei der Entwicklung von Galaxien und des ganzen Universums. Hierzu werden im Topic kontinuierlich die Observatorien für geladene kosmische Strahlung, Neutrinos und Gammastrahlung weiterentwickelt, wobei am KIT die Schwerpunkte auf der kosmischen Strahlung und den hochener-

getischen Neutrinos liegen. Unter Führung von oder mit Beteiligung des KIT werden insbesondere das 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 wird die Masse der Neutrinos am KIT untersucht und die Rolle der Neutrinos als mögliche Kandidaten der dunklen Materie. Bei XenonNT und dem Nachfolgeprojekt DARWIN bringt das KIT seine Kompetenzen bei der Suche nach dunkler Materie ein.

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 nutzen wir Synchrotronstrahlungs-Großgeräte am KIT und weltweit, 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 In operando-Ansätze bisher nicht mögliche Einblicke in die elektronische, atomare und chemische Struktur von Materialien zu gewinnen. Am KIT werden seit neuestem hierzu insbesondere zwei kürzlich in Betrieb genommene „Insertion Device“-Strahlrohre – die IMAGE und X-SPEC 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, 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, 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)

Das Programm MT erarbeitet Schlüsseltechnologien für zukünftige Anwendungen im Forschungsbereich Materie. Das KIT beteiligt sich federführend an den Programmenthemen „Accelerator Research and Development“ (MT-ARD) und „Detector Technology and Systems“ (MT-DTS).

Im Programmthema 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 hierbei 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 ultra-kurze Elektronenpakete gespeichert und für neuartige Anwendungen erschlossen werden.

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 ASIC- und Detektorlabor (KIT ADL) oder das Zentrum für Aufbau- und Verbindungstechnologien im Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik. Ein Produktions- und Entwicklungszentrum für hochauflösende supraleitende Sensoren befinden sich im Aufbau.

Grid Computing Centre Karlsruhe (GridKa)

Das KIT betreibt mit GridKa eines der größten Tier-1-Zentren des Worldwide LHC Computing Grid (WLCG) und unterstützt als eines von nur vier 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 Nutzer und Nutzerinnen- sowie Operationssupport im WLCG und darüber hinaus bereit. Des Weiteren werden Workloadmanagement-, Datenmanagement- sowie Monitoringdienste betrieben. 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 als zukünftiges Rohdatenzentrum sowie das Pierre Auger Observatorium und seit dem Frühjahr 2020 auch das IceCube-Experiment.

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

Das Programm MU zeichnet sich durch eine besondere fachliche Breite und gleichzeitige Tiefe bei seinem kohärenten Ansatz aus, das Verständnis in der Elementarteilchenphysik, der Ast-

roteilchenphysik und der Physik der Hadronen und Kerne zu erweitern. Die gemeinsamen Forschungsarbeiten finden mit experimentellen und theoretischen Methoden statt, durch Modellierungen und Beobachtungen, mittels technologischer Entwicklungen und Betrieb von bzw. Messungen an großen Forschungsinfrastrukturen. Die Forschung in MU ist in besonderem Maße von internationalen Kooperationen verschiedener Forschungsinstitutionen geprägt, die sich in (teilweise sehr großen) Kollaborationen organisieren. Ermöglicht werden diese Arbeiten durch weltweit einzigartige Forschungsinfrastrukturen an unseren Helmholtz-Zentren und an anderen internationalen Forschungszentren bzw. -anlagen.

Das Programmtopic 1 - *Fundamental Particles and Forces* - untersucht die grundlegendsten Bausteine der Welt und ihre Wechselwirkungen und adressiert damit fundamentale Fragen der Natur wie etwa den Ursprung der Masse, die Struktur des Vakuums, das Ungleichgewicht zwischen Materie und Antimaterie im Universum oder die Natur der dunklen Materie. Die beteiligten Arbeitsgruppen sind an internationalen Großprojekten wie dem LHC am CERN oder SuperKEKB in Japan beteiligt und verfolgen in internationalen Kollaborationen ein reichhaltiges Programm an kleineren, lokalen Experimenten mit internationaler Beteiligung, u.a. zur Axion-Physik, sowie ein umfangreiches Theorie-Portfolio. Das Topic gliedert sich in drei Subtopics: i) Higgs-Eigenschaften und fundamentale Wechselwirkungen bei hoher Präzision; ii) Suchen nach neuen Teilchen und Phänomenen; iii) Kosmologie und der dunkle Sektor des Universums. Alle drei Subtopics werden querschnittsmäßig von zahlreichen experimentellen und theoretischen Projekten bearbeitet. Unterstützt wird das Topic von experimentnahen Infrastrukturen wie dem GridKa (Tier 1) am KIT oder etwa der *Interdisciplinary Analysis Facility* (IDAF, wird anteilig als Tier-2 für LHC genutzt), der Teststrahl-Anlage oder der *Detector Assembly Facility* (DAF) am DESY.

Das Programmtopic 2 – *Cosmic Matter in the Laboratory* – wird nicht am KIT bearbeitet.

Das Programmtopic 3 – *Matter and Radiation from the Universe* – hat die größten Strukturen des Universums und die Eigenschaften der fundamentalen Bausteine als Forschungsthema. Die Astroteilchenphysik in MU wird an Observatorien an extremen Standorten auf der Erde und an Hochpräzisionsexperimenten in Laboratorien durchgeführt. Die Untersuchung von Neutrinos spielt dabei eine zentrale Rolle. Forschung in der Neutrinophysik beeinflusst dabei auch maßgeblich die Erforschung von dunkler Materie. Die Forschung im Topic 3 liefert Erkenntnisse, 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. Durch neue und verbesserte Forschungsinfrastrukturen wird zukünftig eine Forschungslandschaft geschaffen, welche die ganze Bandbreite der Untersuchung von kosmischen Teilchen und Strahlung bearbeiten kann.

Programmstruktur

Das Programm *Matter and the Universe* wird von Ralph Engel (Sprecher, KIT) und Beate Heinemann (Co-Sprecher, DESY) geleitet. Es gliedert sich in drei große Themenbereiche, die im Folgenden näher beschrieben werden, und zwei sog. LK-II Infrastrukturen, die im Teil B dargestellt werden.

Topic 1: *Fundamental Particles and Forces* (FPF)
(Sprecher: Prof. Dr. Georg Weiglein (DESY), Co-Sprecherin: Dr. Prescilla Pani (DESY))

Das Topic 1 widmet sich der Untersuchung der kleinsten Bausteine der Materie, ihren Wechselwirkungen sowie deren Einfluss auf die Struktur und Entwicklung des Universums. Die wesentlichen Fragestellungen adressieren den Ursprung der Masse, die Struktur des Vakuums, das Ungleichgewicht zwischen Materie und Antimaterie im Universum oder die Natur der dunklen Materie.

Topic 2: *Cosmic Matter in the Laboratory* (CML)
(Sprecher: Prof. Dr. Frank Maas (HIM), Co-Sprecherin: Prof. Dr. Tetyana Galatyuk (GSI))

Das Topic 2 erforscht die Entstehung von Materie aus ihren elementaren Bausteinen und die Rolle der starken Kraft in diesem Prozess.

Topic 3: *Matter and Radiation from the Universe* (MRU)
(Sprecher: Prof. Dr. Christian Stegmann (DESY), Co-Sprecherin: Prof. Dr. Kathrin Valerius (KIT))

Das Topic 3 bearbeitet Fragestellungen zu den Quellen, der Produktion und Propagation von hoch-energetischen und ultra-hochenergetischen kosmischen Teilchen und zu den Eigenschaften von Neutrinos und dunkler Materie. Die beteiligten Arbeitsgruppen gestalten wesentlich bei IceCube die Neutrinoastronomie, bei CTA die Erforschung der hochenergetischen Gammastrahlung oder beim Pierre-Auger-Observatorium die Untersuchung von ultra-hoch-energetischer kosmischer Strahlung mit. Die Eigenschaften der Neutrinos werden mit der einzigartigen Infrastruktur KATRIN bestimmt, und die gewonnene Expertise wird zur Erforschung der dunklen Materie in DARWIN fortgeführt.

Theoretische Forschungen und die Entwicklung neuer Detektions-, Beschleunigungs- und Datenverarbeitungstechnologien zu den jeweiligen Themen ergänzen das experimentelle Programm und bilden eine verbindende Basis für die thematische Weiterentwicklung über die drei Topics hinweg.

A.2.3.3.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms

Aus dem Topic *Matter and Radiation from the Universe*:

Mit dem ständig wachsenden Datensatz des KATRIN-Experiments, das 2019 am KIT den Messbetrieb aufnahm, schreitet auch die wissenschaftliche Auswertung voran. Im Jahr 2021 stellte die KATRIN-Kollaboration, basierend auf den ersten beiden Messkampagnen, eine neue Obergrenze auf die Neutrinomasse von $0.8 \text{ eV}/c^2$ (90% C.L.) vor [1]. Mit höherer Statistik und zugleich reduzierter systematischer Unsicherheit ist KATRIN somit das erste direkte Neutrinomassenexperiment, das zu einer Empfindlichkeit in dem für die Kosmologie und theoretische Elementarteilchenphysik relevanten sub-eV-Bereich vordringt. Auch die Auswertung der hochpräzisen Vermessung des Tritium-Betaspektrums für weitere Fragen jenseits der Neutrinomasse – und jenseits des Standardmodells der Teilchenphysik – hat begonnen. So konnten etwa erste Ausschlussgrenzen auf leichte sterile Neutrinos gesetzt werden [2]. Die Analyse weiterer Daten aus 2020/2021, die selbst unter Pandemiebedingungen planmäßig gewonnen werden konnten, ist in Arbeit, während der Messbetrieb hin zu den insgesamt anvisierten 1000

Tagen Daten weiterläuft. Das KATRIN-Experiment ist seit 2021 in einer Virtual-Reality-Applikation zugänglich, die Nutzerinnen und Nutzer selbst mit der virtuellen Versuchsanlage interagieren lässt [3].

- [1] KATRIN Collaboration, Direct neutrino-mass measurement with sub-electronvolt sensitivity, Nature Physics 18 (2022) 160-166, <https://doi.org/10.1038/s41567-021-01463-1> (arXiv:2105.08533)
- [2] KATRIN Collaboration, Phys. Rev. Lett. 126 (2021) 091803, doi.org/10.1103/PhysRevLett.126.091803
- [3] Virtuelle KATRIN-Applikation, <https://vr.nawik.de>, Web Launch im Juli 2021

Aus dem Topic *Fundamental Particles and Forces*:

Basierend auf dem am KIT entwickelten Resource Manager COBalD/TARDIS [1, 2] und dem Batchsystem HTCondor, wurde am KIT über die letzten Jahre eine experimentübergreifende förderierte Infrastruktur zur transparenten und dynamischen Nutzung von deutschlandweit verteilten heterogenen Computing-Ressourcen [3] aufgebaut. Das Potenzial dieser Infrastruktur wurde im Jahre 2021 in zwei Skalierungstests [4, 5] auf den HPC-Zentren HoreKa (KIT) und CLAIX (RWTH Aachen) eindrucksvoll demonstriert. Über einen Zeitraum von jeweils zwei Wochen stellten diese Rechenzentren ein zusätzliches Rechenzeitkontingent für die Teilchenphysik zur Verfügung. Dadurch konnten die regulären WLCG-Ressourcen, die dem CMS-Experiment am KIT bzw. an der RWTH Aachen auf dedizierten WLCG-Rechenzentren zur Verfügung stehen, jeweils nahezu verdreifacht werden. Dies ist ein entscheidender Meilenstein auf dem Weg zum Produktivsystem für die zukünftigen Herausforderungen des HL-LHC Computings und die geplante Einbindung von NHR-Rechenressourcen in das WLCG.

- [1] M. Fischer et al., <https://doi.org/10.1051/epjconf/202024507038>
- [2] M. Fischer et al., <https://doi.org/10.1051/epjconf/202024507040>
- [3] M. Böhler et al., <https://doi.org/10.1051/epjconf/202125102039>
- [4] https://www.erum-data-idt.de/post/horeka_scale_test/ oder <https://twitter.com/matterminers/status/1400707699239751680>
- [5] R. F. von Cube et al., <https://doi.org/10.1051/epjconf/202125102059>

A.2.3.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen

Die „Forschungspolitischen Ziele des Forschungsbereichs *Matter* 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-Gemeinschaft in dem globalen Feld sollte voll unterstützt werden*

Mitglieder des Programms MU haben auf allen Ebenen (national, EU, international) führende Rollen in den relevanten Strategie-Gremien und Roadmap-Prozessen (national: KET, KAT, KHuK; EU: ECFA Detector Roadmap, Future Colliders Forum, APPEC; international: ICFA, IUPAP-C4). Außerdem nehmen Mitarbeitende zentrale

Management- und Beratungsfunktionen in den wesentlichen internationalen, laufenden und zukünftigen Collider-Projekten ein, sei es in den LHC-Experimenten oder etwa in den Studien zu zukünftigen Higgs-Fabriken. Darüber hinaus sind Mitglieder des Programms MU in Sprecherpositionen oder in weiteren zentralen Positionen der vielen internationalen Kollaborationen der von uns verfolgten Experimente und Observatorien. Durch diese Positionen und das Gewicht der wissenschaftlichen Beiträge aus Helmholtz ist der gestaltende Einfluss von Helmholtz sichergestellt.

- *Ein gewisses Maß an Flexibilität für programmatische Anpassungen während der Laufzeit des PoF IV ist beizubehalten*

Das Programm MU ist geprägt von vielen langjährigen Fragestellungen und Projekten, die nur mit ausreichender Kontinuität erfolgreich bearbeitet werden können. Dennoch bieten die Themenfelder stets neue Entwicklungen, neue aufkeimende Fragestellungen oder auch technologische Entwicklungen, die neue Ansätze in unserer Forschung ermöglichen. Diese Neuerungen werden nach Abwägung gegebenenfalls aufgegriffen und in eine kontinuierliche Gestaltung unserer programmatischen Forschung integriert.

Auf dem Gebiet der Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik liefern bzw. laufen wichtige Strategieprozesse (Europäische Strategien, US Snowmass- und Decadal Survey Astro-Prozesse), die unter anderem die wichtigen Fragen eines nächsten internationalen Collider-Projekts und nach zukünftigen Observatorien für Neutrinos, ultrahoch-energetische kosmische Strahlung und Gravitationswellen adressieren.

Zum anderen werden in den 2020er Jahren die Weichen für die Observatorien der Multi-Messenger Astroteilchenphysik der nächsten 30-40 Jahre gestellt, wobei die Planungen für die beiden Helmholtz-FIS Vorschläge GCOS und Einstein-Teleskop einen wichtigen Beitrag liefern und Deutschland beim R&D und Design der Infrastrukturen eine entscheidende Rolle einnimmt.

- *Eine Teilnahme seitens Helmholtz an künftigen internationalen Forschungsinitiativen zur experimentellen Bestimmung von Gravitationswellen, wie z.B. dem Einstein-Teleskop (ET), ist zu erwägen*

Im Topic 1 werden intensiv die teilchenphysikalisch relevanten Aspekte der Gravitationswellenforschung diskutiert und neuartige Konzepte entwickelt, die es ermöglichen, Gravitationswellen kosmologischen Ursprungs zu studieren unter Berücksichtigung der bestehenden Expertise und Infrastruktur. Diese Studien werden in enger Abstimmung zwischen theoretischen und experimentellen Physikerinnen und Physikern vorgenommen. Es wurden auch neue Berechnungen angestellt, die aufzeigen, welche Schlüsse man aus Gravitationswellen kosmologischen Ursprungs prinzipiell über das frühe Universum (z.B. Inflation oder Higgs-Potential) ziehen könnte.

DESY und KIT haben im Rahmen der Topic 3-Aktivitäten im vergangenen Jahr als führende Zentren auf dem Gebiet der Multi-Messenger-Astronomie in verschiedenen Rollen in koordinierter Weise zur Stärkung des ET-Projekts in Deutschland beigetragen und damit auch eine mögliche Beteiligung der Helmholtz Gemeinschaft vorbereitet. Die Beiträge der Zentren reichen von der direkten experimentellen Beteiligung am Projekt, über die Implementierung des Projekts in der Helmholtz-Gemeinschaft bis hin zu koordinierenden Aufgaben für die deutsche ET-Community und der Unterstützung von Initiativen zur Stärkung der Gravitationswellenastronomie in Deutschland.

Das KIT trägt bereits in einer koordinierenden Rolle im ET Instrument Science Board und e-Infrastructure Board direkt zu ET bei. Des Weiteren laufen die Vorbereitungen für ein MoU mit VIRGO.

Beide Zentren haben gemeinsam mit dem HZDR im vergangenen Jahr einen Antrag auf Aufnahme von ET in die Helmholtz-Roadmap der zukünftigen Forschungsinfrastrukturen gestellt. Der Antrag zum jetzigen Zeitpunkt war notwendig, damit die Helmholtz-Gemeinschaft eine Stellungnahme für den anstehenden nationalen Roadmap-Prozess abgeben kann. Die Helmholtz-Kommission hat die Aufnahme empfohlen und die beteiligten Zentren aufgefordert, einen Vollertrag zu stellen.

Eine besondere Chance, die Gravitationswellenastronomie in Deutschland zu stärken, ergab sich im Frühjahr des Jahres 2021. DESY hat sich gemeinsam mit Partnern aus der Astronomie und Astroteilchenphysik in Deutschland unter der Leitung von Günther Hasinger, dem wissenschaftlichen Direktor der ESA, mit der Idee eines Deutschen Zentrums für Astrophysik in einem offenen Ideenwettbewerb des BMBF für zwei Großforschungszentren in Sachsen beworben. Teil des Antrages ist es, zu untersuchen, ob der Granitstock der Lausitz ein möglicher Standort für das Einstein-Teleskop sein könnte. An diesen seismischen Studien ist auch das KIT signifikant beteiligt. Aus 91 eingereichten Ideen wurden 6 Vorschläge ausgewählt, die bis zum Sommer 2022 einen Vollertrag ausarbeiten sollen. Das Deutsche Zentrum für Astrophysik ist einer von ihnen. Das vom BMBF geförderte sechsmonatige Konzeptionsprojekt hat im November begonnen und ist bei DESY angesiedelt.

- *Die Koordination von theoretischen und experimentellen Ansätzen im gesamten Programm soll gestärkt werden*

In allen Topics des Programms MU ist eine enge Zusammenarbeit zwischen experimentellen und theoretischen Arbeiten unerlässlich. An allen Standorten und in allen Fachbereichen wird daher die Kooperation zwischen eher theoretisch und eher experimentell arbeitenden Gruppen gesucht, was z.B. immer wieder zu gemeinsamen Publikationen führt.

Im Topic 1 ist die Zusammenarbeit von Theoretikern und Experimentalphysikern seit langem fest etabliert; beide befruchten sich wechselseitig und arbeiten eng an gemeinsamen Forschungsfragen. Es wurden mehrere gemeinsame Veröffentlichungen erstellt. Allerdings leidet unter den pandemischen Bedingungen die Zusammenarbeit aufgrund des fehlenden oder schwierigeren direkten Kontakts.

Auch in der Astroteilchenphysik können valide wissenschaftliche Aussagen nur durch das Zusammenspiel von Experiment und Theorie erfolgen. So ist es 2021 in mehreren Studien gelungen, experimentelle Erkenntnisse direkt mit theoretischen Vorhersagen abzugleichen. Das IceCube-Experiment detektierte ein hochenergetisches Neutrino, welches nur durch einen bestimmten Mechanismus in einem „Tidal Disruption Event“ erzeugt werden kann. Diese Annahme wird direkt durch theoretische Berechnungen untermauert. Beim DARWIN-Experiment gibt es sogenannte Physics Cases, die eine direkte Verbindung zwischen Experiment und Theorie aufzeigen.

A.2.3.3.4 Strategische Themen

Zur strategischen Förderung von programm- und forschungsbereichvernetzenden, innovativen Aktivitäten wurden in der ersten Phase des Innovationspools zwei Projekte im Programm MU gefördert. Für beide Projekte der ersten Phase wurden auch Nachfolgeprojekte für die zweite Phase bewilligt. Im Jahr 2021 erreichte „ADC-MAPP – Analysis and Data Centre for Multi-Messenger Astroparticle Physics“ (KIT, DESY) seine Ziele der ersten Phase. Parallel dazu wurden die Arbeiten an den Anschlussprojekten begonnen.

Das Ziel von ADC-MAPP ist es, ein globales und nutzungsbasiertes Analyse- und Datenzentrum für die Multi-Messenger Astroteilchenphysik zu initiieren. Die Aktivitäten dienen der Digitalisierung dieses datenintensiven Forschungsfeldes und fokussierten sich in diesem Projekt auf spezifische Aufgaben in den Bereichen Forschungsdaten-Management, Big-Data und Multi-Messenger-Analysen, Dienste für eine breite Nutzergemeinde, sowie Netzwerke und Training. Innerhalb von ADC-MAPP (Phase 1) wurden observatorien-übergreifende Entwicklungen des Simulationsprogramms CORSIKA und zur Verwendung des Softwaretools Gammapy verfolgt, die mit Hilfe von maschinellem Lernen nun auch von Nutzenden angewendet werden. Erfolgreiche Softwarepakete aus der Teilchenphysik für eine effiziente Infrastruktur-Nutzung wurden in die Astroteilchenphysik adaptiert und angewendet. Als weiterer Meilenstein ist nun das IceCube-Neutrino-Observatorium in die föderierte Infrastruktur GridKa aufgenommen. Die Arbeitsgruppen in ADC-MAPP arbeiten eng mit weiteren Initiativen wie der NFDI, ErUM-Data, oder EOSC auf dem Gebiet der Digitalisierung der Astroteilchenphysik, dem Forschungsdatenmanagement und der nachhaltigen Veröffentlichung wissenschaftlicher Daten zusammen.

Talentmanagement

Das KIT konnte 2021 Dr. Belina von Krosigk mit ihrer Emmy-Noether-Gruppe „Direkte Suchen nach dunkler Materie“ im Programm MU begrüßen. In den kommenden Jahren wird Frau von Krosigk mit ihrem Team die Suchen nach leichter dunkler Materie, Axion Like Particles und Dunklen Photonen verfolgen unter Zuhilfenahme von Optimierungen von FPGA basierten Triggeralgorithmen.

Die Helmholtz-Allianz „Physics at the Terascale“ hat mehrere Online-Schulen für Nachwuchsforschende, z.B. für Machine Learning und Monte-Carlo-Simulationen, mit reger Beteiligung gehalten. Auch Workshops haben online stattgefunden, u.a. der 13. Detektor Workshop und das Annual Meeting.

Die Helmholtz-Allianz für Astroteilchenphysik (HAP) bietet weiterhin das internationale Austausch-Programm „iPROGRESS – Internship Program for Young Research Scientists“ für junge Nachwuchstalente an. Leider fand im Jahr 2021 aufgrund der weltweiten COVID-19-Einschränkungen kein Austausch statt, aber für 2022 hat es bereits erste Interessensbekundungen gegeben.

Vernetzung

Alle Topics im Programm sind per se international – tatsächlich global – aufgestellt; internationale Vernetzung ist für die Erreichung der Forschungsziele essentiell. Dabei spielt auch und gerade die Verbindung zwischen verschiedenen nationalen Akteuren eine wichtige Rolle, so etwa zwischen Helmholtz-Zentren und Universitäten.

Zusätzlich zu den ohnehin bestehenden Vernetzungen ist für 2021 insbesondere folgendes zu berichten:

Ein wichtiger Vernetzungsschritt zwischen verschiedenen Teildisziplinen des Programms, der Programme im Forschungsbereich Materie sowie zwischen verschiedenen Wissenschaftsorganisationen gelang mit der Einwerbung der Förderung des PUNCH4NFDI-Konsortiums in der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur NFDI. Zusammen mit Partnern aus der Helmholtz-Gemeinschaft, Universitäten, der Max-Planck-Gesellschaft und der Fraunhofer-Gesellschaft konnte eine umfangreiche Förderung für das PUNCH4NFDI-Konsortium (PUNCH = Particles, Universe, NuClei & Hadrons) von der DFG gewonnen werden. Das Konsortium hat sich die Errichtung eines nachhaltigen Datenmanagements nach den FAIR-Prinzipien in den beteiligten Wissenschaftsdisziplinen von Teilchenphysik, Astroteilchenphysik, Astronomie und Hadronen- und Kernphysik zur Aufgabe gemacht und wird dafür für zunächst fünf Jahre mit insgesamt fast 17 Millionen Euro für alle beteiligten Partner gefördert. Neben der Koordination des Konsortiums von DESY sind die Zentren FZ Jülich, GSI und KIT signifikant vertreten.

Forschende des KIT arbeiten im Rahmen des SFB Transregio 257 „Particle Physics Phenomenology after the Higgs Discovery“ eng mit den Partnern Aachen, Heidelberg und Siegen zusammen.

Dazu bildet die am KIT angesiedelte Graduiertenschule KSETA - Karlsruher Schule für Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik - Promovierende mit einem breiten Spektrum an Vorlesungen, Kursen und Workshops besonders interdisziplinär aus. Eine internationale Komponente ist durch die HIRSAP – Helmholtz International Research School for Astroparticle Physics and Enabling Technologies – gegeben, eine gemeinsam von KIT und der Universidad San Martín in Buenos Aires getragene Doktoranden- und Doktorandinnenschule, deren Promovierende auch in KSETA integriert sind. Die Schule ermöglicht Promovierenden eine Doppelpromotion in der Astroteilchenphysik oder in der Elektrotechnik und Informationstechnik. Nachdem das Doppelpromotions-Abkommen von KIT und UNSAM für die Astrophysik bereits im Jahr 2013 geschlossen wurde, und auf dessen Basis die HIRSAP gegründet wurde, konnte im Jahr 2021 auch ein entsprechendes Abkommen für die Elektrotechnik und Informationstechnik unterzeichnet werden. Ein wesentliches Element der HIRSAP sind die zwei bzw. drei rund halbjährlichen Aufenthalte der Promovierenden an der jeweiligen Partner-Einrichtung. Diese Aufenthalte konnten aufgrund der COVID-19 Pandemie nicht wie gewünscht durchgeführt werden, aber gegen Ende des Jahres 2021 konnten wieder erste Aktivitäten gestartet werden. Ein Promovierender des KIT konnte seinen zweiten mehrmonatigen Aufenthalt an der UNSAM antreten, sowie drei Promovierende der UNSAM am KIT.

Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft

Im Jahr 2020 wurde von der Helmholtz-Gemeinschaft der 200. Geburtstag ihres Namensgebers Hermann von Helmholtz gefeiert. Alle Forschungsbereiche haben zu diesem Anlass die großen wissenschaftlichen Herausforderungen der Zeit formuliert und in sogenannten Challenges die Forschungsansätze der Helmholtz-Gemeinschaft aufbereitet. So sind auch zahlreiche Herausforderungen aus dem Programm MU beschrieben und bieten den interessierten Internet-Lesern Einblicke in unsere Forschung (<https://www.helmholtz200.de/helmholtz-heute/challenge-200/challenge-materie/>).

Seit Juli 2021 steht das KATRIN-Experiment den Besuchern und Besucherinnen und Studierenden jederzeit offen – mittels einer neuen Augmented-Reality-Umgebung ist das Neutrino-Experiment KATRIN des KIT für alle zugänglich (https://www.kit.edu/kat/pi_2021_062_mit-virtueller-realitaet-den-neutrinos-auf-der-spur.php). Durch Virtual Reality kann das physikalische Innenleben des internationalen Großexperiments KATRIN nun erkundet werden. Dank interaktiver Elemente können die Besucher und Besucherinnen sogar selbst experimentieren. Entstanden ist die VR-Umgebung in Kooperation mit dem Nationalen Institut für Wissenschaftskommuni-

kation (NaWik). Die VR-Umgebung ist online verfügbar unter: <https://vr.nawik.de/>. In einer weiteren Entwicklung wird das KATRIN-Experiment auch in einem Praktikumsversuch für Studierende im Master-Studium des KIT integriert.

Drittmittleinwerbung

Das EU-geförderte EOSC-Future-Projekt will e-Infrastrukturen, Forschungsgemeinschaften und einzelne Initiativen im Bereich der „Open Science“ unterstützen und die Entwicklung des EOSC-Portals und anderer Elemente der European Open Science Cloud EOSC voranbringen. Es wird für zunächst gut zwei Jahre mit 370.000 Euro gefördert.

Die Förderung für das PUNCH4NFDI-Konsortium für zunächst fünf Jahre mit insgesamt fast 17 Millionen Euro für alle beteiligten Partner durch die DFG wurde bereits oben diskutiert.

In dem gemeinsamen französisch-deutschen Antragsverfahren ANR-DFG French-German Collaboration for Joint Projects in Natural, Life and Engineering Sciences waren Dr. Tim Huege und Dr. Markus Roth, beide KIT, erfolgreich und haben zusammen mit den Kollegen Komiko Kotera, Institut d'astrophysique de Paris, und Olivier Martineau, Laboratoire physique nucléaire et hautes énergies, das Projekt „NUTRIG: neuartige Methoden für reine, effiziente und skalierbare autonome Radiodetektion hochenergetischer Neutrinos und kosmischer Strahlung“ mit einer Laufzeit von 36 Monaten eingeworben.

Im Horizon 2020 Call: H2020 MSCA-RISE-2020 (Marie Skłodowska-Curie Research and Innovation Staff Exchange) hat Dr. Andreas Haungs, KIT, erfolgreich mit zahlreichen internationalen Institutionen unter der Koordination des INFN, Sezione di Frascati, das Projekt „Probes of new physics and technological advancements from particle and gravitational wave physics experiments. A cooperative Europe - United States - Asia effort.“ (PROBES) eingeworben.

A.2.3.3.5 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2021 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2021. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2021.

A.2.3.4 Programmanteil From Matter to Materials and Life (MML)

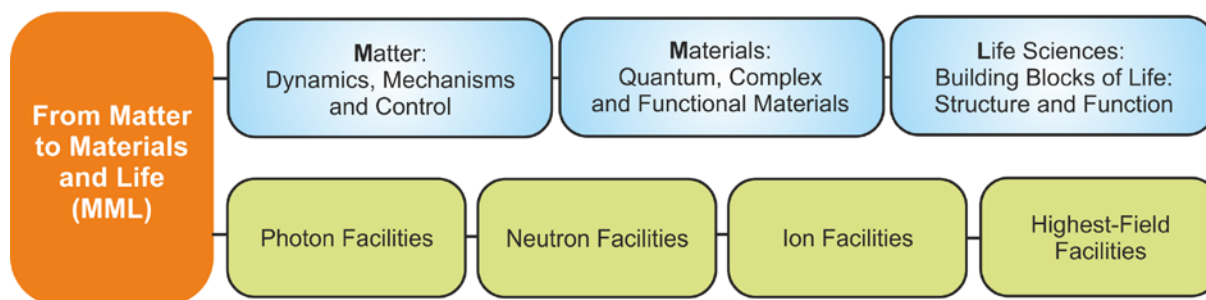
A.2.3.4.1 Das Programm im Überblick

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

Das Programm „From Matter to Materials and Life“ verfolgt als wesentliches strategisches Ziel, einzigartige Einblicke in die Eigenschaften von Materie und Materialien zu gewinnen, um hiermit wesentlich zur Lösung der großen Herausforderungen unserer Gesellschaft beizutragen. Dies wird durch international herausragende, anlagenorientierte Forschung erreicht, die sich über einen großen Längen-, Zeit- und Energiebereich erstreckt, wie er im konventionellen Labormaßstab nicht zugänglich ist. Zudem werden neue Anwendungsfelder und Möglichkeiten für heutige und zukünftige Nutzende erschlossen. Das Programm entwickelt und betreibt

hierzu die großen LK II-Nutzeranlagen für Photonen, Neutronen, Ionen und höchste elektromagnetische Felder. Es ermöglicht einer breiten nationalen und internationalen Nutzergemeinschaft vorwiegend aus den Naturwissenschaften, Lebenswissenschaften und den Ingenieurwissenschaften Zugang zu diesen Anlagen. Die wissenschaftsgetriebenen Entwicklungen von Technologien und Instrumentierungen ("enabling technology") innerhalb des Programms sind eine unverzichtbare Voraussetzung für international herausragende Wissenschaft. Die Forschung ist hierbei auf aktuelle wissenschaftliche Themen fokussiert und strukturell über die beteiligten Zentren hinweg organisiert. Dabei spielt eine enge Kollaboration und Partnerschaft mit benachbarten Universitäten eine wichtige Rolle. Die Forschung deckt eine Vielzahl von wissenschaftlichen Gebieten ab, sie erstreckt sich von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung und betrachtet dabei Struktur und Dynamik wie auch die Funktion der Materie. Das Programm erfüllt damit eine Brückenfunktion zwischen den Großgeräten des Forschungsreichs Materie und den übrigen Forschungsbereichen der Helmholtz-Gemeinschaft.

Programmstruktur



Das KIT ist an den folgenden Research Topics (RTs) beteiligt:

Topic 2: Materialien – Quantum, komplexe und funktionale Materialien
(Sprecher: Prof. Dr. Joachim Wosnitza, HZDR)

Im Topic MML-Materialien nutzen wir Synchrotronstrahlungs-Großgeräte, um die grundlegenden Eigenschaften kondensierter Materie zu untersuchen. Das 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
(Sprecherin: Prof. Dr. Claudia Fournier, GSI)

In Kombination mit innovativen technischen und methodischen Entwicklungen bieten die Helmholtz-Großgeräte einzigartige Möglichkeiten, den Aufbau und die Dynamik von grundlegenden molekularen Prozessen bis zu Makromolekülen und deren Interaktionen bis ins atomistische Detail zu untersuchen. Außerdem bieten sie die Möglichkeiten zur Abbildung dreidi-

mensionaler morphologischer Strukturen einzelner Zellen, Gewebe und Organe bis hin zu ganzen Organismen und der Korrelation morphologischer Daten z.B. mit genetischen und anderen molekularbiologischen Daten oder Umweltdaten. Die erzielten Ergebnisse tragen in vielfältiger Weise zum Verständnis und zur Lösung dringender Fragestellungen unserer Gesellschaft bei, von der Klimakrise (z.B. dem Insektensterben und ganz allgemein der Biodiversität in Wechselwirkung mit unseren Ökosystemen) bis hin zu medizinischen Problemstellungen (Genetische Ursachen von Krankheiten, Biokompatibilität von Materialien, Tissue-Engineering, KI-unterstützte Bildanalyse für die SARS-CoV-2 Diagnostik, etc.) bei. Sie ermöglichen außerdem die Entwicklung biomimetischer Systeme für erneuerbare Energien sowie technische Verbesserungen und neue Einsichten in die Wechselwirkung von Teilchenstrahlung und biologischem Gewebe als Basis für deren innovative Anwendung in der Tumorthherapie oder für die dosis-effiziente Bildgebung.

Neue strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Die Corona-Pandemie stellt Forschung und Betrieb von Großgeräten weiterhin vor sehr große Herausforderungen. Am KIT ist es im Programm MML gelungen, eine vernünftige Balance zwischen „in person“ und „remote“ Experimentierbetrieb zu finden. Auch die Umstellung auf Online-Datenverteilung, -Analyse und -Diskussion konnte erfolgreich durchgeführt werden, so dass auch die Fortsetzung der Auswertungen und Interpretation der Experimente sowie ihre Publikation unter Corona-Bedingungen ohne dramatische Einschränkungen möglich war.

A.2.3.4.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms

Topic Materials (RT 2): Quantum, Complex and Functional Materials – Kationenbestimmung in Sulfaten

Sulfatverbindungen formen sich insbesondere beim Altern von energierelevanten Systemen wie Lithium-Schwefel-Batterien, Dünnschichtsolarzellen oder Katalysatormaterialien. Für eine Optimierung der Langzeitstabilität ist es daher von großer Bedeutung, die auftretenden Sulfate genau zu spezifizieren. Dies kann nun mit einer Kombination aus Weichröntgenspektroskopie und Spektrenberechnungen mit Hilfe der Dichtefunktionaltheorie erreicht werden. Weichröntgenspektroskopie ist extrem empfindlich auf die chemische Umgebung einer ausgewählten Atomsorte und damit ideal zur Bestimmung von chemischen Verbindungen in den untersuchten Materialien geeignet. In der vorliegenden Arbeit konnte nun gezeigt werden, dass Sulfatverbindungen nicht nur deutlich von anderen Schwefelverbindungen unterschieden werden können, sondern dass es die Weichröntgenspektroskopie sogar erlaubt, das *Kation* des Sulfates zu bestimmen, was mit

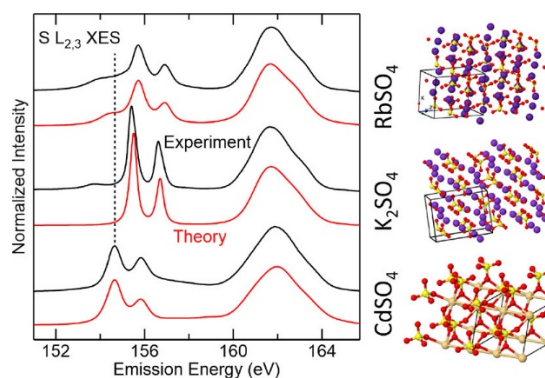


Bild: Experimentelle und berechnete S L_{2,3} Röntgenemissionsspektren (links) von drei beispielhaften Sulfatverbindungen zusammen mit den bei den Berechnungen verwendeten Kristallstrukturen (rechts).

anderen experimentellen Techniken nicht möglich ist. Dabei zeigen die unterschiedlichen Sulfate einen spezifischen „Fingerabdruck“, der mit Hilfe von Spektrenberechnungen im Detail verstanden werden kann.

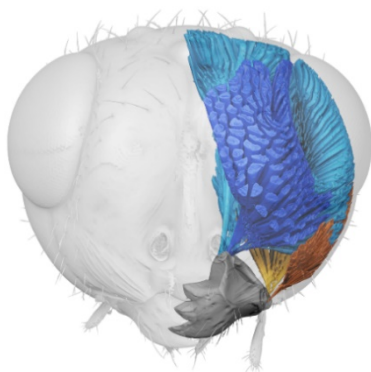
Lothar Weinhardt et al., *Analytical Chemistry* **93**, 8300 (2021), doi: 10.1021/acs.analchem.1c01187

Topic Life Sciences (RT 3): Building Blocks of Life: Structure and Function – Mikrotomographie mit Synchrotronstrahlung deckt entscheidenden Evolutionsschritt bei Insekten auf – die Präzisionsmechanik flexibler Mundwerkzeuge ermöglichten extremen Artenreichtum winziger Wespen

Insekten gehören zu den artenreichsten Organismengruppen der Welt. Aufgrund des gegenwärtigen Insektensterbens und die Bedrohung unserer Ökosysteme gewinnt die Forschung zu ihrer Rolle für die Biodiversität an Bedeutung. An der UFO-Station der KIT Light Source wurden Großserien unterschiedlichster Insekten mit 3D-Hochdurchsatz-Computertomographie (CT) untersucht. In 3D-Bildern von Erzwespen entdeckten die Forschenden einen neuen Typ von Mundwerkzeugen: Flexible Mandibeln, die diesen winzigen Insekten offenbar den entscheidenden evolutionären Vorteil gebracht haben. Erzwespen entwickeln sich parasitisch in oder an anderen Insekten. Die CT ermöglichte eine detaillierte digitale Darstellung des Inneren der Wespenköpfe, ihrer Mandibeln und Muskulatur. Nur den Erzwespen erlaubt der neu entdeckte Mechanismus flexibler Mandibeln mit nur einem, dafür aber *frei drehbaren* Gelenk selbst innerhalb beengtster Schlupfporte ein Schneiden in jeder möglichen Bewegungsrichtung, während dies bei anderen Insekten mit kauenden Mundwerkzeugen nicht der Fall ist. Diese Präzisionswerkzeuge ermöglichten den Erzwespen die Erschließung neuer Wirtsgruppen, welche konkurrierenden Insekten weitgehend verwehrt blieben, ein Schlüssel für ihren Erfolg. Die Entwicklung dieser einzigartigen Mandibeln stellte damit ein evolutionäres Schlüsselereignis und die Grundlage zur Besetzung neuer ökologischer Nischen dar. Bild: Digitale 3D-Rekonstruktion der flexiblen Mundwerkzeuge einer Erzwespe (*Chromeurytoma* sp.).

Thomas van de Kamp et al., *Proc. R. Soc. B* **289**, 20212086 (2022), doi:10.1098/rspb.2021.2086

A.2.3.4.3 Stand der Umsetzung des Programms und seiner Senatsempfehlungen



Die „Forschungspolitische[n] 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:

- *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 Programms MML erstreckt sich, verstärkt durch seinen zentrenübergreifenden Charakter, 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 der verschiedenen in MML aktiven Zentren 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. Zudem sei hier auf die Beiträge zu Green Deal-Fragen in Horizon Europe, dem Strategiepapieren der Helmholtz-Gemeinschaft zur Quantentechnologie wie auch zur Materialforschungsstrategie hingewiesen. Schließlich gilt es die konkreten Forschungsaktivitäten aufzuzeigen, 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), zentrenübergreifend vorangetrieben werden. Das KIT trägt zu den oben genannten Punkten des Programms MML insbesondere mit seinem Fokus auf Hochdurchsatz-, *in situ*, *operando* und *in vivo* Methoden zur umfassenden Charakterisierung von Materialeigenschaften und deren Veränderung in Materialien der Energieforschung und Informationstechnologien sowie zur morphologischen Bildung in Korrelation zu genetischen und Umweltdaten in den Lebenswissenschaften bei.

- *Verbessern Sie die Koordination zwischen Material- und Geräteforschung und Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen an den Großgeräten weiter*

Im Topic *Materialien – komplexe und funktionale Materialien, Quantenmaterialien* wird die Zusammenarbeit zwischen den involvierten Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen an den Großgeräten durch regelmäßige, zentrenübergreifende und thematisch orientierte Workshops gefördert. Zudem wird die Zusammenarbeit weiter gestärkt durch das Engagement in koordinierten Programmen, so z.B. in Rahmen von SFBs und Exzellenzclustern, am KIT auch in einer zunehmenden Anzahl internationaler Kooperationen. 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 2021 veröffentlicht wurde.

- *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 zwischen den involvierten Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen durch regelmäßige, zentrenübergreifende und thematisch orientierte Workshops gefördert. Zudem arbeiten alle beteiligten Zentren eng im forschungsbereichsübergreifenden Innovationspool-Projekt FISCOV zusammen, bei dem die großen Forschungsinfrastrukturen zur Forschung im Kampf gegen Covid-19 eingesetzt werden.

A.2.3.4.4 Strategische Themen

Vernetzung

Die Experimentierstation HIKA wurde 2021 vom KIT an PETRA III transferiert. Im Zuge dessen wurde ein Kooperationsvertrag über die Einrichtung und den Betrieb zwischen den beiden Partnern KIT und DESY geschlossen.

Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft

Durch das beschleunigt voranschreitende Artensterben sind Insekten in den Blickpunkt des öffentlichen Interesses gerückt, und damit auch die Intensivierung wissenschaftlicher Forschung zu ihrer Rolle für die Biodiversität unseres Planeten und die aus dem Artensterben entstehende Bedrohung unserer Ökosysteme. An der UFO-Experimentierstation der "KIT Light Source" werden deshalb gegenwärtig große Mengen unterschiedlichster Insekten mit Hochdurchsatztomographie untersucht, um besser zu verstehen, welche morphologischen Anpassungen im Körperbau den jeweils entscheidenden evolutionären Vorteil zur Ausprägung großer Artenvielfalt einzelner Insektengruppen gebracht haben und welche Umweltveränderungen im Umkehrschluss diese Vorteile eventuell wieder zunichtemachen könnten. Eine vergleichende Studie gemeinsam mit dem Naturkundemuseum Stuttgart deckte dabei einen bereits entscheidenden Evolutionsschritt bei Insekten auf: Die Präzisionsmechanik flexibler Mundwerkzeuge ermöglichten extremen Artenreichtum winziger Erzwespen. In diesem Zusammenhang wird ein lebensechtes Modell einer solchen Wespe, das auf Mikrotomographie-daten des KIT beruht, in die Dauerausstellung des Naturkundemuseum Stuttgart integriert.

Drittmittleinwerbung

Im Berichtsjahr konnten am KIT drei DFG-Projekte mit einer Gesamtfördersumme von 833 TEuro eingeworben werden. Ein Projekt beschäftigt sich mit der Untersuchung der elektronischen Struktur von $\text{Fe}_x\text{Ni}_{100-x}(\text{OH})_y$ Elektrooxidationskatalysatoren mittels *operando* Synchrotronmethoden für ein besseres Verständnis der katalytischen Prozesse. In einem weiteren Projekt werden fundamentale Mechanismen der Strukturbildung bei der Laserfragmentation von Kolloiden zur Herstellung aktiver Cluster erforscht, welche neue Eigenschaften z.B. in der Katalyse und in biologische Anwendungen aufweisen. Zudem werden im dritten Projekt nicht-invasive Strategien zur Manipulation von Silber-Nanostrukturen mit Hilfe röntgenbasierter und komplementärer In situ-Methoden zur Herstellung ultradünner Silberkontakte entwickelt.

A.2.3.4.5 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2021 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2021. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2021.

A.2.3.5 Programmanteil Matter and Technologies (MT)

A.2.3.5.1 Das Programm im Überblick

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

Das Programm *Matter and Technologies* des Forschungsbereichs *Materie* der Helmholtz-Gemeinschaft beschäftigt sich in der PoF IV-Periode mit der Beschleunigerforschung, der Detektorforschung und der Forschung im Bereich Daten und Datenmanagement. 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. Sprecher des Programmes *Matter and Technologies* sind Ties Behnke (DESY) und Anke-Susanne Müller (KIT).

Programmstruktur

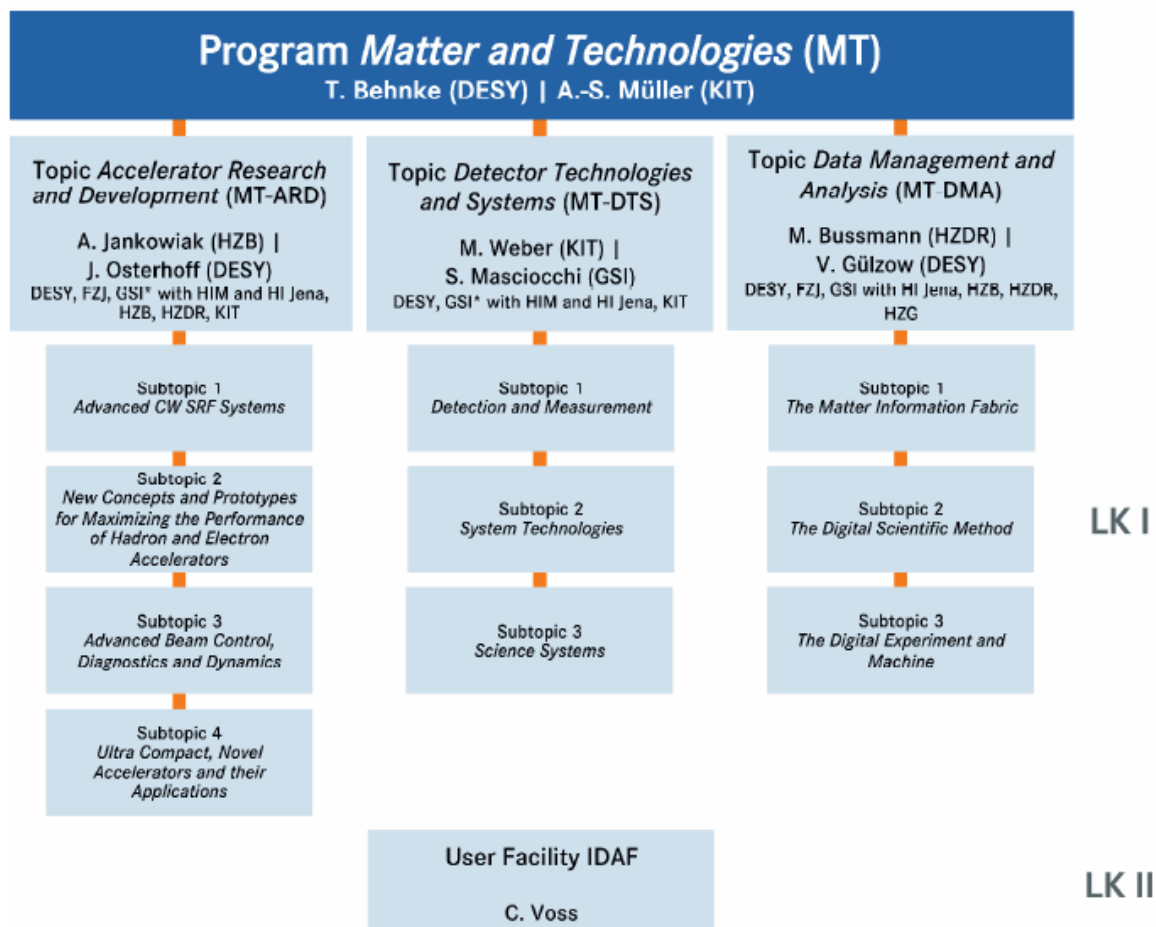


Abbildung 7: Das Programm *Materie und Technologien* mit Topics, Subtopics und assoziierter LK II Infrastruktur.

Das Programm Materie und Technologien gliedert sich in

Topic 1: Beschleunigerforschung und -entwicklung, ARD
(Sprecher Prof. Dr. Andreas Jankowiak (HZB)/ DR. Jens Osterhoff (DESY))

Das Programmthema *Accelerator Research and Development* ist in die Themen *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* aufgeteilt. An ARD beteiligen sich sechs Helmholtz-Zentren mit zwei angegliederten Helmholtz-Instituten. ARD spielt eine zentrale Rolle in der Weiterentwicklung der Beschleuniger, die essenziell für die Forschung in Materie sind. Mit der verteilten Infrastruktur *ATHENA* steht modernste Infrastruktur zur Verfügung, die disruptive Forschung im Bereich neuer Beschleunigertechnologien ermöglicht.

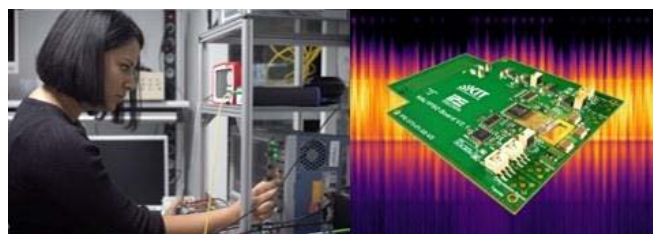
Topic 2: Detektortechnologien und -systeme, DTS
(Sprecher/Sprecherin: Prof. Dr. Marc Weber (KIT), Prof. Dr. Sylvia Masciocchi (GSI))

Das Programmthema *Detector Technologies and Systems* (DTS) beschäftigt sich mit der Neu- und Weiterentwicklung von Detektortechnologien (Sensoren, Auslesesysteme und Datenverarbeitung) und deren Umsetzung in Prototypensysteme für die Forschung im Forschungsbereich Materie. Enorme Fortschritte in den experimentellen Techniken sind notwendig, um die Möglichkeiten der großen Forschungsinfrastrukturen, an denen der Forschungsbereich führend beteiligt ist oder die er betreibt, auszunutzen. DTS ist unterteilt in die Subtopics *Detection and Measurement, System Technologies* und *Science Systems*, in denen die drei an DTS beteiligten Helmholtz-Zentren und die Helmholtz-Institute in Mainz und Jena eng zusammenarbeiten.

A.2.3.5.2 Wissenschaftliche Highlights des Programms

Faraday Cup Award 2021 – Laserbasierte elektrooptische Messung des Bunchprofils und der Ankunftszeit von Elektronenstrahlen mit fs Auflösung

Meghana M. Patil, Forscherin in MT und Doktorandin am KIT, hat während der IBIC'21 den internationalen Innovationspreis "Faraday Cup Award 2021" für ihre Arbeit im Strahldiagnose R&D-Team in ARD und DTS am KIT erhalten. Der Preis wird für einen herausragenden Beitrag zur Entwicklung eines innovativen Strahldiagnose-Instruments mit durch Veröffentlichungen belegter Funktionalität und nachgewiesener Geräte-Performanz verliehen. Das Instrument für die fs-laserbasierte, elektrooptische Messung des Elektronenbunchprofils und der



Links: Meghana M. Patil am fs-laserbasierten, elektrooptischen Messplatz bei KARA am KIT. Rechts: KALYPSO-Board vor Datenplot von Messdaten, aufgenommen bei KARA mit dem weltweit einzigen Nahfeld-Bunchprofil- Messsystem in einem Speicherring. (Quellen Sabine Schwab, Websedge Ltd, Andreas Kopmann, KIT)

Ankunftszeit nutzt die dafür speziell entwickelte ultraschnelle Zeilenkamera KALYPSO mit hoher Datentransferrate von GB/s. Diese Strahldiagnose ist am European XFEL, bei DESY, HZDR und KIT im Einsatz, sowie seit 2021 auch bei SOLEIL in Frankreich. Der Preis ging in seiner knapp 30-jährigen Geschichte erst zum vierten Mal nach Deutschland.

M.M. Patil, et al., *Ultra-fast Line Camera KALYPSO for fs-Laser-based Electron Beam Diagnostics*. Proc. IBIC2021, JACoW Publishing (2021) 2673-5350. DOI: 10.18429/JACoW-IBIC2021-MOOB01

M. Labat, et al., *Fast Measurements of the Electron Beam Transverse Size and Position on SOLEIL Storage Ring*, Proc. IBIC2021, JACoW Publishing (2021) 2673-5350. DOI: 10.18429/JACoW-IBIC2021-TUPP17

Die Auslese von Detektoren erreicht Datenraten im Bereich von Terabit pro Sekunde

Für die Online-Datenverarbeitung von großflächigen Detektorsystemen ist im Programm MT das leistungsfähige Datenerfassungsboard „Serenity-A2577“ entwickelt worden. Es verfügt über 120 optische bidirektionale Verbindungen und erreicht über diese Schnittstelle Datentransferraten von über 6 Terabit pro Sekunde. Für die online Auswertung steht ein zentraler Elektronikbaustein vom Typ Xilinx Virtex UltraScale+ VU9P oder VU13P zur Verfügung (im Bild unter dem Kühlkörper). Der gewählte ATCA-Standard gewährleistet, dass mehrere Baugruppen zur Leistungs- und Durchsatzsteigerung kombiniert werden können. Für die anwendungsspezifische Integration in die Slow Control Systeme der Experimente steht ein Management Board zur Verfügung [1]. Die Leistungsfähigkeit der Plattform wird derzeit für den



Datenerfassungsboard Serenity A2577, developed within DTS.

L1- Track Finder des CMS Upgrades Phase-2 unter Beweis gestellt. Die hohen zeitlichen Anforderungen, bei der alle 25 ns 200 Teilchenkollisionen auszuwerten sind, können durch die vorgeschlagene Architektur erfüllt werden [2]. Parallel dazu haben DESY und KIT gemeinsam im vergangenen Jahr das Board DTS-100G DAQ entwickelt. Ziel dieser Entwicklung ist es, die Datenrate auf einer einzelnen optischen Verbindung weiter auf 100 Gigabit zu steigern. Die Qualität der Übertragung belegt ein fehlerfrei übertragenes Datenvolumen von 1 Petabyte. Diese leistungsfähigen Elektronikbaugruppen werden das Rückgrat von zahlreichen Detektor- und Triggersysteme in den nächsten Jahren bilden.

[1] Calligaris, L., ..., **Ardila Perez, L. E., Sander, O.**, ..., et al. "OpenIPMC: A Free and Open-Source Intelligent Platform Management Controller Software." IEEE Trans. on Nuclear Science 68.8 (2021): 2105-2112.

[2] **Ardila Perez, L. E.**, "Low-Latency Track Triggering in High-Energy Physics". PhD thesis, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 2021.

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 Forschung zur Entwicklung von Teilchenbeschleunigern ist ein Schwerpunkt der Aktivitäten in MT, der in allen vier Subtopics von ARD entlang der definierten Meilensteine verfolgt wird. In allen Subtopics konnten wesentliche Fortschritte erzielt werden. Die Arbeiten sind international sehr sichtbar und anerkannt und haben Helmholtz in den letzten Jahren vielfach in eine Führungsposition gebracht. Hierzu tragen insbesondere die Forschungsmöglichkeiten bei, die durch die an den verschiedenen Helmholtz-Zentren und Instituten betriebenen ARD Testanlagen ermöglicht werden. Diese wurden mit den durch das Projekt ATHENA finanzierten Installationen im Bereich Plasma-basierter Beschleuniger wesentlich erweitert.

- *Ein Meilenstein hinsichtlich energieeffizienter FuE soll aber für zukünftige technische Infrastrukturen und Beschleunigerprojekte hinzugefügt werden.*

In den Planungen von MT ist die Forschung für energieeffiziente Beschleunigertechnologien und entsprechende Konzepte deutlich gestärkt worden. Ein entsprechender Meilenstein wurde für ARD formuliert und in das Forschungsprogramm integriert. Diese Ziele sind auch eng mit dem Innovationspool-Projekt InnovEEA für die Entwicklung von energieeffizienten Technologien und Konzepten im Bereich Kryo-, Hochfrequenz und Magnettechnik, aber auch insbesondere Lastmanagement unter Verwendung von KI, abgestimmt. MT hat sich aktiv mit einem Antrag „Research Facilities 2.0“ an dem Helmholtz Call zur Nachhaltigkeit von Forschung beteiligt.

- *Nachhaltige Karrierestrategien in dem Programm, die auch die Verfügbarkeit von Schlüsseltechnologien (zum Beispiel von ASIC-Ingenieuren) garantieren, sind sicherzustellen.*

An allen teilnehmenden Zentren werden Strategien entwickelt, um eine nachhaltige Personalentwicklung gerade auch im Bereich von Schlüsseltechnologien zu sichern. Auf Programmebene bietet *Matter and Technologies* dem Nachwuchs im Bereich der technischen und physikalischen Themen eine Plattform zum Austausch und zur Entwicklung von Netzwerken mit Personen an anderen Helmholtz Zentren. Dazu trägt auch der jährliche MT Student Retreat bei, in dem sich junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und wissenschaftsnahe Ingenieure und Ingenieurinnen treffen, ihre Projekte diskutieren und Erfahrungen austauschen. *Matter and Technologies* trägt dazu bei, Technologie-Forschung sichtbarer und damit auch für den Nachwuchs attraktiver zu machen.

A.2.3.5.4 Strategische Themen

Talentmanagement

Für alle an Materie und MT beteiligten Institute am KIT gibt es vom Zentrum organisierte Strukturen und Maßnahmen, um die Karriere von jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu unterstützen. Eine besonders wichtige Rolle dabei spielen die Graduiertenschulen wie KSETA am KIT.

Nachwuchswissenschaftler und -wissenschaftlerinnen aus dem Programm MT werden für ihre Arbeiten u.a. international ausgezeichnet, was die Qualität der Nachwuchsarbeit innerhalb des Programms und des KIT bestätigt. Beide nachfolgend aufgeführten Arbeiten verbinden Aktivitäten aus MT-ARD und MT-DTS am KIT.

Dr. Miriam Brosi vom KIT ist im Berichtsjahr für ihre 2020 mit Auszeichnung abgeschlossene Dissertation mit dem Titel „In-Depth Analysis of the Micro-Bunching Characteristics in Single and Multi-Bunch Operation at KARA“ mit dem Helmholtz-Doktorandenpreis des Forschungsbereichs *Materie* ausgezeichnet worden.

Meghana M. Patil, Forscherin in MT und Doktorandin am KIT, hat den internationalen Innovationspreis „Faraday Cup Award 2021“ für das Strahldiagnose R&D-Team in ARD und DTS am KIT erhalten (siehe auch Highlight weiter oben).

Vernetzung

Die an MT teilnehmenden Institute am KIT sind in einer Vielzahl von Kooperationen und Projekten national und international vernetzt. Zwischen den Zentren haben neben den regulären Aktivitäten des Programms MT die MT-geführten Innovationspool-Projekte der ersten (AMALEA und Plasmed X) und zweiten (ACCLAIM, TANGERINE, InnoVEEA) Runde weitere Vernetzungsimpulse geliefert. Zusätzlich ist MT an dem von MML koordinierten Projekt Data-X beteiligt. Das Projekt eines „Helmholtz Distributed Detector Laboratories (DDL)“ wurde im Sommer mit dem zusätzlichen Partner HZB und einem Industriennetzwerk erneut beantragt und wird im Jahr 2022 evaluiert werden. Im Bereich ARD spielt die verteilte Infrastruktur ATHENA weiterhin eine wichtige Rolle in der Entwicklung einer weiteren Vernetzung zwischen den Zentren.

Die Accelerator Technology Plattform (ATP) am KIT fördert forschungsbereichsübergreifende Zusammenarbeiten über Programme hinweg und mit starken internationalen Partnern, vor allem CERN.

Im Helmholtz AI Projekt „Autonomous Accelerator: Machine learning for autonomous accelerators“ arbeiten die beiden Teams am DESY und KIT am autonomen Beschleunigerbetrieb. Die am KIT entwickelten und trainierten Typen von Reinforcement-Learning-Agenten konnten am ARES-Beschleuniger eingesetzt und während der Strahlzeit getestet werden. Diese Beschleunigeraktivitäten wurden auch monatlich und im Jahresmeeting des Innovationspool-Projekts ACCLAIM (Accelerating Science with Artificial Intelligence and Machine Learning) vorgestellt. Die langjährige Kooperation des KIT mit den argentinischen Institutionen UNSAM und ITeDA wurde durch die „Helmholtz International Research School for Astroparticle Physics and Enabling Technologies (HIRSAP)“ entscheidend gestärkt. Im Rahmen von MT wird an einer vertieften Kooperation im Bereich der supraleitenden Sensoren gearbeitet. Auch das vereinbarte Cotutelle-Programm „Doctoral degree in Electrical Engineering and Information Technology (DDEIT)“ wird für viele Jahre zu einer intensiven und engen Kooperation zwischen KIT und UNSAM führen.

Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft

Die am KIT in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Bilfinger Noell entwickelte Technologie der Supraleitenden Insertion Devices ist auf dem Markt verfügbar und nachgefragt. Das KIT unterstützt den Industriepartner bei der Einführung der Produkte beim Kunden, u.a. in den USA und in Australien. Die erfolgreiche Kooperation wird in weiteren gemeinsamen Projekten fortgeführt.

Ultraschall-Computertomographie bietet neue Wege in der Brustkrebsdiagnose: Im Rahmen von MT wurde ein neuartiges Verfahren entwickelt, das mit Verzicht auf ionisierende Röntgenstrahlung Tumore im Brustgewebe erkennen kann. Im letzten Jahr wurde mit der Inbetriebnahme der neuesten Gerätegeneration zusammen mit einem chinesischen Investor ein wichtiges Teilziel erreicht. Die Weiterentwicklung der Technologie wird ab 2022 in einem EU-Projekt im Rahmen des HORIZON-EIC- 2021-PATHFINDER mit Partnern vom KIT, in Barcelona, Spanien und London, UK mit einer Gesamtsumme von knapp 3 Mio. Euro gefördert.

Drittmittleinwerbung

MT-ARD hat sich an der Einwerbung einer ganzen Reihe von Forschungsvorhaben beteiligt. Bereits bewilligt wurde das mit mehreren europäischen Partnern beantragte EU- Projekt „EU-ROLABS“ zur Zusammenarbeit europäischer Labore in der Beschleunigerforschung. Gestartet sind die EU-Projekte „I.FAST“, ein langfristig angelegtes Projekt zur Entwicklung einer neuen und nachhaltigen Beschleunigergeneration und „LEAPS-INNOV“ zur Förderung von Innovationen für langfristige Partnerschaften zwischen der Industrie und den europäischen Strahlungsquellen.

Die am Mu3e-Experiment beteiligten deutschen Gruppen von den Universitäten Heidelberg und Mainz sowie vom KIT werden im Rahmen der von der DFG neu eingerichteten Forschungsgruppe 5199 gefördert. Im Rahmen des Experimentes am PSI wird die von MT-Forschern entwickelte HVCMOS-ASIC Technologie für den Mu3e-Detektor zum Einsatz kommen.

Forschungsinfrastrukturen

Die Accelerator Technology Platform am KIT (ATP) hat sich 2021 erfolgreich an der zusammen von CERN und BMBF veranstalteten Industriemesse „Germany@CERN“ beteiligt und konnte ihr Portfolio einem breiteren Publikum von CERN-Mitgliedern näherbringen.

Im Rahmen der Landscapeanalyse wurden die relevanten Infrastrukturen für die Forschung aus MT erfasst. KIT betreibt in MT die Infrastrukturen der ATP, zu denen die Beschleunigertesteinrichtungen KARA und FLUTE, sowie zukünftig der kompakte cSTART-Speicherring als Demonstrator für Injektoren, beitragen.

Im Berichtszeitraum lag ein besonderer Fokus der Arbeiten im Programm MT-ARD am KIT auf den Themen künstliche Intelligenz sowie maschinelles Lernen, wodurch bereits jetzt schon ein hoher Grad an Digitalisierung und Autonomisierung an den Beschleunigeranlagen vorhanden ist. Dies hat sich während der Pandemie bereits bewährt, sodass der Betrieb der Beschleunigeranlagen ohne Einschränkungen aufrechterhalten werden konnte.

Im Sommer 2021 wurde der Antrag „Helmholtz Distributed Detector Laboratory (DDL)“ zum Aufbau einer nationalen Forschungsinfrastruktur zur Produktion und zur Entwicklung von Hochtechnologieelementen für Detektoren bei der Helmholtz Gemeinschaft als „Strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. EUR“ eingereicht. Sie wird als eine verteilte Einrichtung aufgebaut, in der die Kernkompetenzen strategisch zwischen den beteiligten Zentren DESY, GSI, HZDR und KIT aufgeteilt sind. So werden maximale Effizienz und bestmöglicher Mitteleinsatz ermöglicht. Investitionen werden in drei Schwerpunktbereichen durchgeführt:

- Zugang zu Technologien von höchstauflösenden Sensoren, z.B. im Bereich der supraleitenden Detektoren;

- Aufbau von technischen Möglichkeiten, um Halbleitersensoren auf einen spezifischen Einsatzbereich anzupassen, zum Beispiel zum Nachweis extrem niederenergetischer Röntgenstrahlen,
- Ausbau von Teststrahleinrichtungen und Diagnosemöglichkeiten.

A.2.3.5.5 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2021 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2021. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2021.

A.2.3.6 Nationale und Internationale Wissenschaftsinfrastruktur (Großgeräte der Leistungskategorie II)

GridKa

Im Jahr 2021 wurden die Rechen- und Speicherressourcen von GridKa weiter ausgebaut. Dies folgt traditionell in engster Abstimmung mit dem GridKa Overview Board. Der Betrieb der Compute-Farm verlief reibungslos; notwendige Sicherheits-Updates wurden mit sog. „rolling reboots“ ohne vollflächige Unterbrechung des Nutzungsbetriebs durchgeführt. Die neuen GPU-Systeme mit NVIDIA V100S Karten (insgesamt 56 Stück) wurden erfolgreich integriert und den Experimenten zur Verfügung gestellt. Im 1. Quartal wurde eine Ausschreibung für Compute-Knoten angestoßen, um die Bedarfe der Jahre 2022 und 2023 zu adressieren. Trotz den allgemein bekannten Herausforderungen in den Lieferketten wurden schließlich im November 196 neue Knoten mit rund 50.000 CPU-Kernen und einer Rechenleistung von mehr als 550.000 HEPSPEC06, einem offiziellen, internationalen Benchmark-Wert, geliefert, eingebaut und einem „Burn-In“-Test für die Abnahme unterzogen. Anfang 2022 werden diese neuen äußerst leistungsfähigen und zugleich energieeffizienten Knoten dann schrittweise in Betrieb genommen. Dafür werden rund 900 alte Compute-Knoten bis zum Frühjahr 2022 außer Betrieb genommen.

Für den GridKa Software-Defined-Online-Storage wurde Mitte 2021 eine neue Ausschreibung gestartet, um älteren Speicher zu ersetzen sowie die Bedarfe der Jahre 2022 und 2023 abdecken zu können. Im November erfolgte dann der Zuschlag zu einem Angebot über insgesamt 71 Petabyte mit in Summe mehr als 4600 Festplatten mit planmäßig erwarteter Lieferung im 1. Quartal 2022. Softwareseitig liefen die dCache- und xrootd-Speicherelemente reibungslos und wurden auf neue Versionen aktualisiert, um u.a. besser mit IPv6 zu funktionieren sowie in Vorbereitung der Tape-Challenges im Herbst 2021. Die Tape-Challenges dienen der Vorbereitung der Tier-1 Zentren auf die gestiegenen Anforderungen an die Magnetbandsysteme in LHC Run 3.

Im GridKa Offline-Magnetbandspeicher wurden weitere Bandlaufwerke für die SpectraLogic-Bandbibliothek sowie eine Erweiterung des HPSS Festplatten-Caches beschafft. In der Migration TSM-nach-HPSS wurde die Migration der CMS- und Belle-II-Daten (insg. 23 Petabyte) erfolgreich abgeschlossen; die weiteren Experimente folgen. Weiterhin wurde an der WLCG Tape-Challenge erfolgreich teilgenommen und alle erwarteten Leistungsparameter erreicht bzw. übertroffen. Dabei zeigte sich, dass alle Bandlaufwerke effizient genutzt werden konnten, aber die Festplatten-Caches weiter ausgebaut werden müssen.

Im Bereich des Netzwerkes wurden die Außenanbindungen erfolgreich auf 4x100 Gb/s hochgerüstet. Ein erster Last-Test wurde mit der Network-Challenge sowie anschließenden Tape-Challenge durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass GridKa die höchsten Spitzenwerte in Transfers vom CERN zu einem Tier-1 Zentrum weltweit erreichte. Ende 2021 wurden die Planungen für das Upgrade der GridKa-internen Vernetzung auf 400 Gb/s Technologie angestoßen. Es ist geplant, neue Border-Router mit Support für mehrfache 400 Gb/s Verbindungen sowie neue Speicher-Switches mit mind. 2x400 Gb/s zu beschaffen und 2022 und 2023 zu installieren.

Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Der Senat der Helmholtz-Gemeinschaft unterstützt die Programmplanung des Forschungsbereichs *Matter* und gibt folgende spezifischen Empfehlungen zu den mit dem Programm assoziierten Forschungsinfrastrukturen der LK II.

- *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*

Das GridKa LK II bedankt sich für diese Senatsempfehlung außerordentlich, denn diese stellt eine wichtige Basis dar, um die GridKa Rechen- und Datenspeicher-Ressourcen für den anstehenden Run 3 des LHC sowie für die HL-LHC Phase für die internationale Nutzergemeinde zu betreiben. Für den weiteren Ausbau der Ressourcen von GridKa für die HL-LHC Phase wurde der Eintrag „Upgrade der TIER-Zentren für HL-LHC“ gemeinsam von DESY, GSI und KIT auf der Helmholtz Forschungsinfrastrukturen Roadmap platziert.

A.2.3.7 Strategische Initiativen

A.2.3.7.1 Querschnittsthema Materialforschung – Energieversorgung

Keine Aktivitäten in 2021.

A.2.3.7.2 Innovationspool

Analysis and Data Centre for Multi-Messenger Astroparticle Physics (ADC-MAPP)

Zur strategischen Förderung von Helmholtz-Programm- und Forschungsbereichsnetzwerken innovativen Aktivitäten wurden in der ersten Phase des Innovationspools zwei Projekte im Programm *Matter and the Universe* (MU) gefördert, darunter „ADC-MAPP - Analysis and Data Centre for Multi-Messenger Astroparticle Physics“, welches vom KIT und DESY bearbeitet wurde. Für beide Projekte der ersten Phase (2019 – 2020) wurden Nachfolgeprojekte für die zweite Phase (ab 2021) bewilligt. Im Jahr 2021 erreichten die beiden Projekte, die sich in 2021 in der Phase einer quasi kostenneutralen Verlängerung befanden, somit insbesondere ADC-MAPP ihre Ziele der ersten Phase. Parallel dazu wurden die Arbeiten an den Anschlussprojekten begonnen.

Das Ziel von ADC-MAPP ist es, ein globales und nutzerbasiertes Analyse- und Datenzentrum für die Multi-Messenger-Astroteilchenphysik zu initiieren. Die Aktivitäten dienen der Digitalisierung dieses datenintensiven Forschungsfeldes und fokussierten sich in diesem Projekt auf

spezifische Aufgaben in den Bereichen Forschungsdaten-Management, Big-Data und Multi-Messenger-Analysen, Dienste für eine breite Nutzergemeinde, sowie Netzwerke und Training. Die gemeinsame Nutzung von Forschungsdaten in der Astroteilchenphysik, ggfs. sogar in Echtzeit, ist der nächste große Schritt, um aus den komplementären Beobachtungsdaten von Atomkernen, Neutrinos, Photonen, Gravitationswellen und später Dunkle Materie-Teilchen das Universum zu verstehen. Mit ADC-MAPP wurde vorgeschlagen, dass zu diesem Zweck ein experimentübergreifendes Analyse-, Computing- und Datenzentrum errichtet wird. Das Zentrum wird erstmals systematisch ermöglichen, dass projektübergreifend mit modernsten Methoden (z.B. deep learning) Multi-Messenger Analysen durchgeführt werden können. Auch im Sinne der Umsetzung der Digitalen Agenda der Bundesregierung und Nutzung der European Open Science Cloud Initiativen kommt der Digitalisierung des Forschungsfeldes eine zentrale Bedeutung zu. Das Topic MRU im Helmholtz-Programm MU mit seinen führenden Beteiligungen an den wichtigsten Experimenten zur Messung von kosmischer Strahlung (Pierre-Auger-Observatorium), hochenergetischen Gamma-Teilchen (CTA) und Neutrinos (IceCube), sowie das weit verwendete Simulationstool CORSIKA und der weitsichtigen Beteiligung an zukünftigen Infrastrukturen ist der ideale Ort eines Kristallisationspunktes für solch ein globales Analyse- und Datenzentrum. Im Jahr 2021 konnten in allen fünf Arbeitspaketen des Projekts ADC-MAPP wichtige Meilensteine erreicht werden:

1. Daten-Management: Ziel war die Bestimmung des Formats und der Selektion von Daten der großen Infrastrukturen, sowie Abstimmungen zur Kuration der Daten für eine nachhaltige Zusammenführung. Hier konnten Konzepte für vergleichbare FAIR Datenzyklen bei CTA, Auger, IceCube entwickelt werden, insbesondere gibt es nun eine erste Vereinbarung der Gamma-Observatorien (MAGIC, HESS, CTA, HAWC etc.) über gleiche Datenformate. Ein maschinenlesbarer Katalog aller seit 2008 veröffentlichten Physik-Ergebnisse wurde für das VERITAS Observatorium publiziert. Zudem wurde eine Verallgemeinerung und Öffnung des KCDC Portals für Daten weiterer Experimente erreicht.

2. Big Data Analyse: Insbesondere eine Identifikation von Synergien in der Methodenentwicklung für die „Big Data“ Analyse war hier das Ziel des Arbeitspaketes. In ADC-MAPP konzentrierten wir uns auf die Anwendung von Graph Neural Networks (GNN) in der Simulation und der Datenanalyse in der Astroteilchenphysik.

3. Multi-Messenger Analysen: Im Rahmen von ADC-MAPP konnten wir wichtige Weiterentwicklungen von Realtime- (AMPEL), Analyse- (Gammapy) und Simulations- (CORSIKA) Diensten vorantreiben.

4. Hardware und Services: Anpassungen und Tests von Software für eine effiziente Nutzung der HTC und HPC Infrastrukturen konnten durchgeführt werden. Insbesondere wurden Softwarepakete aus der Teilchenphysik für eine effiziente HTC und HPC Infrastruktur (Container, Docker, ...) für die Astroteilchenphysik adaptiert und angewendet. Als weiterer Meilenstein ist nun das IceCube-Experiment als virtueller Nutzer im WLCG und insbesondere in GridKa aufgenommen, wobei für das IceCube Computing die Ressourcen in Zeuthen und bei GridKa als ein gemeinsames Tier1-Zentrum wahrgenommen werden.

5. Networking and Training: Die ADC-MAPP Gruppen am DESY und KIT arbeiten eng mit weiteren Initiativen wie NFDI, ErUM-Data, EOSC und Helmholtz-Programmen *Matter and Technologies* (Topic DMA) auf dem Gebiet der digitalen Astroteilchenphysik, dem Forschungsdatenmanagement und der nachhaltigen Veröffentlichung wissenschaftlicher Daten zusammen. Die Gruppe am DESY hat mit dem *Zeuthen Data Science Seminar* eine dedizierte Fortbildungsreihe zu Datenmanagement initiiert. Die Entwicklung einer Big Data online-Masterclass beruhend auf öffentlichen Daten von KCDC und deren mehrmaligen Anwendung (z.B. beim International Cosmic Day) sei hier ebenfalls erwähnt.

Die Arbeitspakete sind auf langfristige Anwendung ausgerichtet, um eine "FAIR"-ifikation des Datenzyklus in der Astroteilchenphysik zu fördern und Prozesse nachhaltig festlegen. Alle Ergebnisse und Fortschritte dienen als Basis einer nachhaltigen und effizienten Nutzer-Infrastruktur in der Astroteilchenphysik. In der Wechselwirkung mit den Initiativen PUNCH4NFDI, ErUM-Data und der Digitalisierungsstrategie des FB Materie hat ADC-MAPP bereits entscheidend dazu beigetragen, die Position und Sichtbarkeit der Astroteilchenphysik darzustellen und damit auch zum Erfolg dieser Initiativen beigetragen. Innerhalb dieser Initiativen hat sich eine enge Zusammenarbeit mit der gesamten deutschen Community der Teilchen-, Astroteilchen-, Astro-, Kern- und Hadron-Physik ergeben, die auch nachhaltig weitergeführt werden.

Das KIT hat in der Phase 1 von ADC-MAPP mit folgendem Personaleinsatz zum Erfolg des Projekts beigetragen:

MitarbeiterIn/Position (Zentrum)	Funktion/Tätigkeit	Personenmonate	Finanzierung
KIT 2 Postdocs (w,m)	WP 1,4,5	35 PM	Innopool
KIT 2 PhD (w,m)	WP 2,3, 4	16,2 PM	Innopool
KIT 1 Senior (m)	WP 1	1,2 PM	Innopool
KIT 6 Senior (2w,4m)	all WP	48 PM	Eigenanteil

Allein im Jahr 2021 trugen vier Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Programms MU mit insgesamt 1,2 FTE als Eigenanteil bei, und aus dem Projekt heraus arbeiteten ein Doktorand sowie drei promovierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit insgesamt 1,95 FTE an der Erreichung der Ziele.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass innerhalb von ADC-MAPP (Phase 1) die gesteckten Ziele des Projekts erreicht wurden. Es wurden observatorien-übergreifende Entwicklungen des Simulationsprogramms CORSIKA und zur Verwendung des Softwaretools Gammapy verfolgt, die mit Hilfe von maschinellem Lernen nun auch von Nutzern angewendet werden. Erfolgreiche Softwarepakete aus der Teilchenphysik für eine effiziente Infrastruktur-Nutzung wurden in die Astroteilchenphysik adaptiert und angewendet. Als weiterer Meilenstein ist nun das IceCube-Neutrino-Observatorium in die förderierte Infrastruktur GridKa aufgenommen. Die Arbeitsgruppen in ADC-MAPP arbeiten eng mit weiteren Initiativen wie der NFDI, ErUM-Data, oder EOSC auf dem Gebiet der Digitalisierung der Astroteilchenphysik, dem Forschungsdatenmanagement und der nachhaltigen Veröffentlichung wissenschaftlicher Daten zusammen. In Phase 2 von ADC-MAPP, welche im Jahr 2021 begonnen hat und parallel zum Abschluss der Phase 1 bearbeitet wurde, konzentrieren sich die Arbeiten auf die Arbeitspakete „Data Lake“ (Vorbereitung eines Demonstrators für ein Astroparticle Data Lake), „Community Software“ (FAIR-Daten-Zyklus für Gammapy und CORSIKA), „Long-Term Data Archive2 (Einheitliches Konzept zur Datenarchivierung und Reproduzierbarkeit von Papieren / Doktorarbeiten / Analysen), „Realtime Services“ (Einbindung von LSST, IceCube, und Einstein Teleskop in AMPEL) und die „Integration des Einstein-Teleskops“ in ADC-MAPP.

Im Jahr 2021 wurden am KIT insbesondere in den Bereichen der Realtime-Software (Arbeiten an AMPEL), Data Lake (Einbindung des Open Data Portals KCDC in das Science Data Portal des NFDI Konsortiums PUNCH) und Einstein-Teleskop (Entwicklung eines Datenmanagement-Systems und Computing Modelles mit Anwendung beim Virgo-Experiment) erste Resultate erzielt. Für die Phase 2 arbeiteten aus dem Projekt heraus zeitweise 3 Doktorandinnen und Doktoranden sowie 2 Postdocs (m/w) mit insgesamt 1 FTE und aus dem Programm MU trugen anteilig sechs (Nachwuchs-) Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit 2,9 FTE bei.

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 lösen. Durch Einsatz von KI soll der autonome Betrieb und die Kontrolle von Beschleunigern ermöglicht werden, durch Anomalie-Erkennung und vorausschauende Wartung wird der laufende Betrieb optimiert.

Am KIT-IBPT wurden durch ML-basierte Codes, die ins Kontrollsystem von KARA implementiert sind, die tägliche Injektion des Elektronenstrahls verbessert und zeitlich deutlich verkürzt. Durch das Training von Autoencodern wurden Anomalien von Strahldiagnostikelementen im laufenden Betrieb von KARA detektiert, was Fehler durch einzelne Komponenten im Beschleunigerbetrieb verhindern kann. Im Bereich Kontrolle und autonomer Betrieb von Beschleunigern wurden im Berichtsjahr die Dissertation mit Titel "Micro-bunching control at electron storage rings with reinforcement learning" abgeschlossen. Am Linearbeschleuniger FLUTE wurden erfolgreiche Tests zur Kontrolle der Laserstrahlparameter mit neuronalen Netzwerken durchgeführt zur Optimierung der Elektronenstrahlparameter. Am DESY wurden von KIT entwickelte und am KIT trainierte ML-Skripte erfolgreich am Linearbeschleuniger ARES zur Kontrolle des Elektronenstrahls eingesetzt.

Am KIT-IPE führt ein Doktorand die im Vorläuferprojekt entwickelte FPGA-Plattform für "Reinforced Learning for Accelerator Control" fort. Die vorhandene Plattform wurde für die aktuelle FPGA-Architektur Xilinx Versal adaptiert, einer dedizierten Plattform für KI-Anwendungen. Ohne spezifische Optimierungen konnte gegenüber der bislang genutzten Plattform eine Leistungssteigerung um einen Faktor 4 erreicht werden. Mit einer Latenz in der Größenordnung von nun noch 4 μ s ist die Plattform ideal auch für echtzeit-kritische Anwendungen geeignet. Im nächsten Jahr ist die Integration mit den im Programm MT entwickelten Strahldiagnoseinstrumenten KAPTURE und KALYAPSO sowie die ersten Testmessungen am KIT Forschungsbeschleuniger KARA geplant.

Insgesamt trugen fünf Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen in den Instituten IBPT und IPE zu dem Projekt bei. In Summe wurden 2021 im Innovationspool Arbeiten von 0,6 FTE vom BMBF gefördert und 0,8 FTE aus Eigenmitteln des Zentrums erbracht.

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, supraleitenden Hochfrequenztechnik und Magnettechnologie, sowie flexiblem Lastmanagement. Im Rahmen einer FEL (Freie-Elektronen-Laser) Designstudie wurden die Kühlung mit einer zentralen Helium-Kälteanlage im Vergleich zu individuellen Kryokühlern untersucht. Ein signifikant höherer Energieverbrauch bei Kryokühlern, sowie hohes Potential zur Effizienzsteigerung durch neue Konzepte zur Kühlung der Stromzuführungen konnten in der Studie nachgewiesen werden.

Für die Entwicklung eines digitalen Zwillings des Karlsruhe Research Accelerator (KARA) am KIT aus dem FB Materie in Kooperation mit dem Energy Lab 2.0 am KIT aus dem FB Energie in der Helmholtz-Gemeinschaft und zur Untersuchung/Verbesserung der Energieeffizienz sowie zur Vorbereitung des Einsatzes von Methoden des maschinellen Lernens wurde 2021 die Infrastruktur der Testanlagen KARA (und FLUTE) am KIT nachgerüstet. Die Beschleuniger und die Strahlrohre/Beamlines sowie die umliegenden Labore wurden mit Datenerfassungssystemen für detaillierte und präzise Energiemessungen ausgestattet. Trotz erschwelter Bedingungen durch die COVID-19 Pandemie konnten 50% der Elektroverteiler für die Labore

und Beamlines mit Energiemesswandlern versorgt und zudem multifunktionale Netzanalysatoren und 100 Energiezähler eingebaut und in Betrieb genommen werden und die Integration ins Kontrollsystem von KARA auf Basis von EPICS begonnen werden.

Insgesamt trugen zwei Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen des IBPT zu dem Projekt bei. In Summe wurden 2021 im Innovationspool Arbeiten von 0,9 FTE vom BMBF (44% des Budgets) gefördert und 0,7 FTE aus Eigenmitteln des Zentrums (56% des Budgets) erbracht.

Towards next Generation Silicon Detectors (Tangerine)

Das KIT evaluiert im Projekt Tangerine neue Halbleitertechnologien und Konzepte für zukünftige Detektoren zur signifikanten Verbesserung der zeitlichen und räumlichen Auflösung in physikalischen Experimenten. Eine vielversprechende Technologie ist „Low Gain Avalanche“-Dioden (LGADs), die neue Horizonte bei der Detektion geladener Teilchen eröffnet. Die auf einige 10 ps genaue Zeitauflösung der LGADs übertrifft die Fähigkeiten aktueller Hybrid-Silizium-Detektoren jeweils um mehr als eine Größenordnung. Tangerine zielt darauf ab, eine Führungsrolle in der Entwicklung und Systemintegration dieser Technologie zu erarbeiten.

Im Jahr 2021 wurde zwei ASICs entwickelt und produziert: Zum einen ein monolithischer LGAD-Chip in SiGe IHP 130 nm BiCMOS Technologie, zum anderen wurde eine Teststruktur in 22 nm Fully depleted SOI (FDSOI) von Global Foundries entworfen. Durch die geringe Strukturgröße eröffnet diese Technologie die Option komplexe Logik im einzelnen Pixel zu integrieren. Beide Chips werden zurzeit charakterisiert.

Insgesamt trugen drei Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen im Institut IPE zu dem Projekt bei. In Summe wurden 2021 Arbeiten im Umfang von 0,3 FTE aus dem Innovationspool gefördert und für 43 TEuro ein Messplatz für die entwickelten Systeme erweitert. Aus Eigenmitteln des Zentrums wurden 1,0 FTE erbracht.

Data Reduction for Photon and Neutron Science (Data-X)

Das übergeordnete Ziel ist es, signifikante Fortschritte beim Management und der Analyse der Datenflut in der modernen Photonen- und Neutronenforschung an den Großgeräten zu erzielen, indem wir die Kompetenzen mehrerer Helmholtz-Zentren in den drei synergetischen Schwerpunktbereichen der Auswahl, Vorverarbeitung und Reduktion von Daten bündeln. Das Projekt wird auf diese Weise die Verbindung und Interaktion zwischen Helmholtz-Zentren und Forschungsbereichen in diesem kritischen Bereich der Digitalisierung fördern.

Arbeiten im KIT-IPE in MATTER konzentrieren sich auf die Erforschung der Datenakquisitionsplattform (DAQ), um eine signifikante Aufbereitung und Verarbeitung der Messdaten zu ermöglichen. Die Aktivitäten sind eingebettet in die Entwicklung eines modularen DAQ-Baukastens, der einen effizienten Entwurf maßgeschneiderter Erfassungssysteme ermöglicht. Ausgangspunkt ist die im Programm MT entstandene Serenity Plattform, welche die enorme Bandbreite von 3 Tb/s verarbeiten kann. Mit den Partnern in Data-X wurde der Einsatz zur Vorverarbeitung, zur Filterung und Triggerung von Messdaten unter anderem bei XFEL diskutiert.

KIT-IPS in MML trägt zur effizienten Reduktion und Datenfusion tomographischer Daten bei. Entwicklungen hierzu fokussierten im Berichtszeitraum auf die Verbesserung der Qualität tomographischer Rekonstruktionen und die automatisierte ROI-Identifikation in tomographischen Volumendatensätzen in Vorbereitung weiterer zu automatisierender Bildanalyse tomographischer Großserien.

Insgesamt trugen sechs Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen an den Instituten IPE und IPS zu dem Projekt bei. In Summe wurden 2021 Arbeiten im Umfang von 1,5 FTE aus dem Innovationspool gefördert und 0,5 FTE aus Eigenmitteln des Zentrums erbracht.

A.2.4 Überblick zum Forschungsbereich Erde und Umwelt

A.2.4.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Senat

Koordinator: Prof. Dr. Teutsch (UFZ)

Beteiligte Helmholtz-Zentren: AWI, FZJ, Geomar, GFZ, Hereon, KIT, UFZ

A.2.4.1.1 Der Forschungsbereich im Überblick

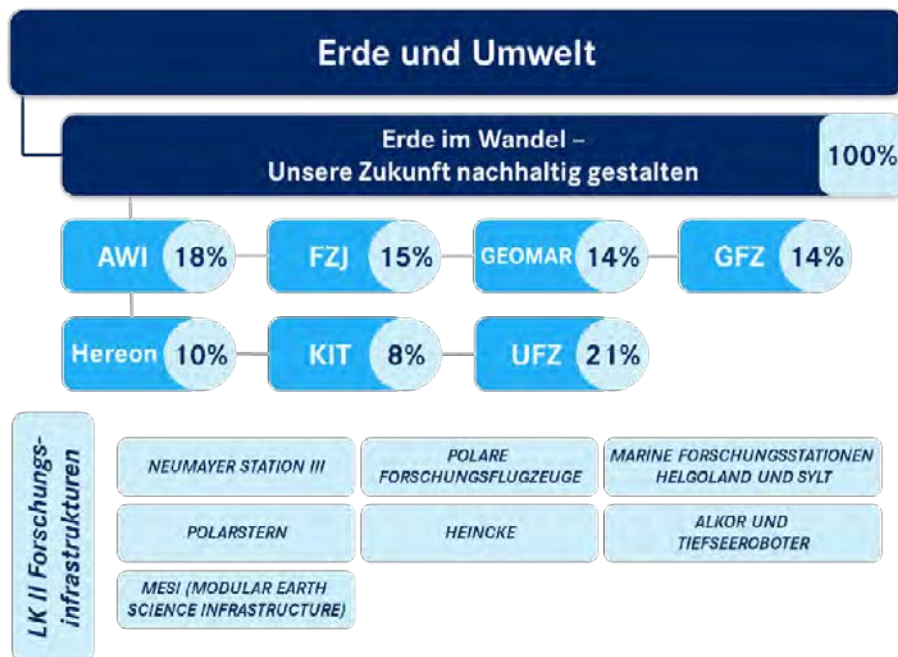


Abbildung 8: Überblick: Forschungsbereich Erde und Umwelt, beteiligte Zentren, LK II Infrastrukturen

Prof. Dr. Georg Teutsch war im Berichtszeitraum Koordinator des Forschungsbereichs Erde und Umwelt (FB EuU) sowie Vizepräsident der Helmholtz-Gemeinschaft. Das Managementboard – Diskussions- und Entscheidungsplattform für den FB – tagte im Jahr 2021 fünf Mal unter seinem Vorsitz. Thomas Jung (AWI) hatte im Berichtszeitraum das Amt des Sprechers des Programmboards inne. Im Jahr 2021 begann die vierte Periode der Programmorientierten Förderung (PoF IV, 2021-2027). In der PoF IV bündelt der FB EuU die Forschungsaktivitäten der sieben beteiligten Helmholtz-Zentren in einem Forschungsprogramm.

Am 14.01.2021 hat der FB EuU den Beginn der PoF IV in einem hybriden Kick-Off im Kubus des UFZ feierlich begangen. Dieses Event haben mehr als 1.000 Gäste online verfolgt. Die im Präsenz-Format im Kongresszentrum bcc Berlin im November geplante General Assembly wurde pandemiebedingt verschoben. Diese Vollversammlung des Programms soll der Vernetzung der Wissenschaftler:innen innerhalb des Programms dienen. Teile des Programms fanden dennoch im virtuellen Format statt. Die General Assembly wird im April 2022 als Präsenzveranstaltung am selben Standort nachgeholt.

Die Helmholtz-Gemeinschaft hat im Herbst 2021 eine neue Helmholtz-Roadmap zu geplanten Forschungsinfrastrukturen veröffentlicht. Die Gremien des FB EuU vereinbarten vorab eine

Strategie und eine zeitliche Priorisierung der geplanten zukunftsrelevanten Infrastrukturvorhaben (vgl. Abschnitt 2.4.1.4.5).

Das Programmboard hat ein Kommunikationskonzept mit einem gemeinsamen Web-Auftritt erarbeitet (Zielgruppe: Wissenschaftler:innen). Seit Januar 2022 ist der Web-Auftritt online, der angebunden ist an die Homepage der Helmholtz-Gemeinschaft (www.helmholtz.de).

In Vorbereitung der Fortschrittsberichterstattung in PoF IV wurden die zu erhebenden Erfolgsindikatoren sowie deren einheitliche Definition in einem HGF-übergreifenden Arbeitskreis abgestimmt. Hierfür wurden die Indikatoren der PoF III als Basis genutzt und modifiziert. Die AG Metrik des FB Erde und Umwelt beschäftigte sich mit der Abstimmung und abschließenden Festlegung der FB-spezifischen PoF IV-Indikatoren.

Zur Stärkung von Transferaktivitäten im Klima- und Umweltschutz hat die FB-Plattform EuU in der Sitzung am 17.03.2021 einen gemeinsamen Arbeitskreis mit Vertreter:innen des BMBF und des FB EuU ins Leben gerufen, der einen offenen Austausch und Synergien zwischen FB-Plattform und BMBF ermöglichen soll.

Der Arbeitskreis beschäftigte sich neben technischen Fragen zur Erdsystemmodellierung, zu Destination Earth ² und Impact-Modellen mit der Definition von zentralen Leitfragen und -themen. Besonders der Wissenstransfer aus den besprochenen Themen in die Anwendung wird adressiert.

Im Jahr 2021 begann der Prozess zur Integration des Instituts für transformative Nachhaltigkeitsforschung (IASS, Sitz: Potsdam) in die Helmholtz-Gemeinschaft/GFZ. Das IASS soll in einem wissenschaftsgeleiteten Prozess in die Helmholtz-Programmatik überführt werden. Die Rahmensetzung erfolgt durch einen Governanceausschuss sowie einen Integrationsausschuss auf fachlicher Ebene, um die wissenschaftliche Anbindung des IASS bis zum Start der PoF V zu vollziehen.

Auch das Jahr 2021 war auf vielen Ebenen geprägt durch die Corona-Pandemie und die Maßnahmen zu deren Eindämmung. Folgen der Pandemie waren Einschränkungen des Forschungsbetriebs, wie der Ausfall/Verschiebung von Forschungsreisen und -projekten sowie Wartungsarbeiten an Observatorien und Bodenstationen und die Absage von Konferenzen, Sommerschulen und Workshops. Die Folgen der Pandemie machten sich auch im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit durch Einschränkungen von Veranstaltungen für Besucher:innen bemerkbar. Durch die Umstellung von Veranstaltungen ins virtuelle Format konnten die Zentren die Auswirkungen der Kontakt- und Reisebeschränkungen abmildern.

A.2.4.1.2 Stand der Umsetzung der programmübergreifenden Senatsempfehlungen

In den folgenden Abschnitten A.2.4.1.2.1 und A.2.4.1.2.2 wird über die Umsetzung der programmübergreifenden Senatsempfehlungen berichtet. Die Umsetzung der FB-spezifischen

² Destination Earth (DestinE) ist eine Initiative der Europäischen Union zur Schaffung eines digitalen Zwillings - einer interaktiven Computersimulation - unseres Planeten, koordiniert von der Europäischen Kommission. Ziel von DestinE ist die Entwicklung eines hochpräzisen digitalen Modells der Erde zur Modellierung, Überwachung und Simulation von Naturphänomenen und damit verbundenen menschlichen Aktivitäten. Als Teil des "Green Deal" der Europäischen Kommission und der digitalen Strategie wird DestinE dazu beitragen, die Ziele des doppelten Übergangs - grün und digital - zu erreichen.

forschungspolitischen Ziele wird in den Abschnitten A.2.4.1.2.3 - 2.5 adressiert. Über die Umsetzung der Empfehlungen zum Programm (LK I) und den zugehörigen wissenschaftlichen Infrastrukturen (LK II) wird im Fortschrittsbericht des Programms informiert.

A.2.4.1.2.1 Die Governance Struktur des Programms soll weiterentwickelt werden.

Die besondere Stärke des FB EuU besteht in seinem exzellenten Personal, das in Kombination mit der vorhandenen Forschungsinfrastruktur eine in Größe und Komplexität im nationalen und internationalen Maßstab einzigartige und spezialisierte Struktur zur Erforschung des Erdsystems mit allen seinen Kompartimenten bildet, die zur Attraktivität und Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Wissenschaftsstandorts wesentlich beiträgt. Mit der Neuaufstellung in der PoF IV in einem gemeinsamen Forschungsprogramm „Die Erde im Wandel – unsere Zukunft nachhaltig gestalten“ und zahlreichen übergreifenden Aktivitäten werden die Kompetenzen der sieben beteiligten Zentren gebündelt. Durch diesen ganzheitlichen Ansatz kann unser Verständnis von globalen Veränderungen im Kontext der Dynamik des Erdsystems entscheidend verbessert und ein Portfolio an Lösungsansätzen für die drängendsten Probleme bereitgestellt werden.

Der Managementrahmen des Programms „Die Erde im Wandel – unsere Zukunft nachhaltig gestalten“ ist schematisch in Abb. 9 dargestellt und wurde in einem Papier festgelegt, das im Herbst 2020 zuletzt aktualisiert wurde (vgl. Anhang 1 des Koordinatorenberichts). Das Programm-Manual regelt konkreter die Zusammenarbeit im neuen gemeinsamen Programm (vgl. Anhang 2 des Koordinatorenberichts). Der/die Vizepräsident:in des FB EuU führt den Vorsitz im Managementboard. Im FB EuU wechselt das Amt des Vizepräsident:in in der Regel alle 2 Jahre. Für die Wahl des/der Vizepräsidenten:in macht das Managementboard einen Vorschlag aus dem Kreis der ihm angehörenden wissenschaftlichen Vorstände. Das Amt der/des Sprechers:in des Programmboards wechselt mit dem des/der Vizepräsidenten:in. Der/die Sprecher:in kommt nicht aus dem Zentrum des amtierenden Vizepräsidenten:in.

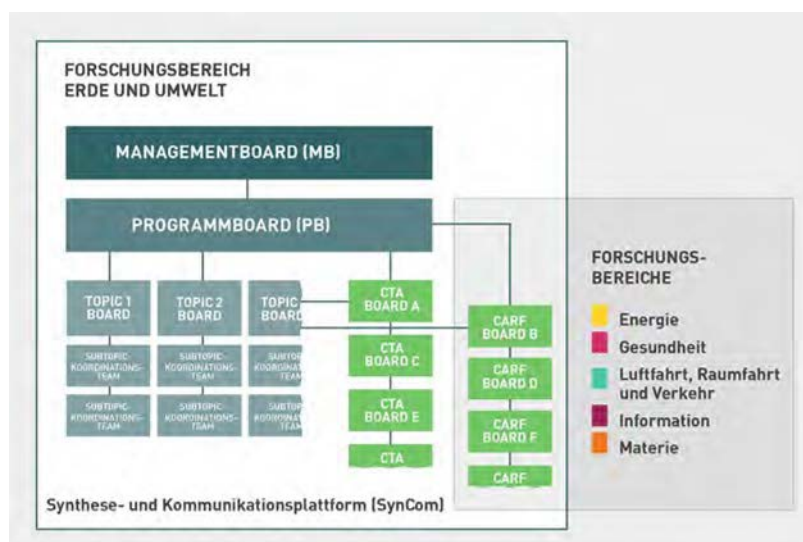


Abbildung 9: Managementrahmen des Programms „Die Erde im Wandel“

Das Managementboard ist die zentrale Kommunikations-, Informations- und Strategieplattform für die am FB beteiligten Zentren und ist verantwortlich für die übergeordnete Strategie des

FB EuU, für die Umsetzung der Strategien der Helmholtz-Gemeinschaft, des BMBF sowie nationale und internationale Agenden.

Das Programmboard ist verantwortlich für die Steuerung und Umsetzung des Programms und die Erreichung der Programmziele (Program Objectives). Im Programmboard sind alle EuU-Zentren und Topics repräsentiert. Das Programmboard unterstützt die strategische Entwicklung entlang der Programmziele und treibt die Entwicklung von fachlich zu thematisch orientierten Topics voran. Es unterstützt den methodischen Austausch und die Topic- und FB-übergreifende Zusammenarbeit, beispielweise durch die Durchführung der Vollversammlung des Programms. Zur Vereinfachung der Governance und der Zuständigkeiten wurde das ursprünglich vorgesehene Topicsprecher-Board mit dem Programmboard fusioniert. Um eine Fokussierung auf die Programmziele zu erreichen, ordnet das Programmboard die Beiträge und Deliverables der Topics den Program Objectives zu. Eine stärkere thematische Orientierung der Topics wurde erreicht, indem eine Heat Map erstellt wurde, die die Ausrichtung des Programms auf die Program Objectives grafisch darstellt und die als gemeinsames Format zur Dokumentation von Ergebnissen und Meilensteinen fungiert. Das Programmboard hat eine/n Sprecher:in und zwei Stellvertreter:innen. Der/die Sprecher:in führt die Geschäfte des Programmboards und wird durch das Managementboard bestimmt.

Das Programm ist in neun Topics organisiert. Topics sind die wichtigsten Instrumente für die Entwicklung und Durchführung des Programms. Die zentren-übergreifende Zusammensetzung der Topics ist von grundlegender Bedeutung für die Intensivierung der Zusammenarbeit entlang gemeinsam vereinbarter Themen. Jedes Topic hat ein Topic Board. Die neun Topicboards werden von den beteiligten Zentren besetzt. In den in der Regel vierteljährlichen Treffen der Topicboards werden die wissenschaftlichen Aktivitäten koordiniert und die Umsetzung der Topicziele verfolgt.

Im ersten Jahr des neuen Programms wurde die Zentren-übergreifende Zusammenarbeit innerhalb der Topics gestartet. Für die General Assembly 2021, die im November stattfinden sollte, wurde die Ausrichtung auf die zehn Program Objectives als zentrales Diskussionselement in der Agenda verankert. Die General Assembly musste wegen der Pandemie auf April 2022 verschoben werden, sodass eine übergreifende Diskussion erst verspätet stattfinden wird. Um alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der sieben Zentren einzubeziehen, wurde für die General Assembly ein digitales „White Board“ aufgesetzt, das bis zur Veranstaltung von allen befüllt werden sollte, das als Grundlage für die Arbeit in den Splintersession zu den Program Objectives dienen soll. Dennoch wurde bereits innerhalb der Topics die Ausrichtung auf die Program Objectives andiskutiert, aber noch nicht programmweit veröffentlicht.

Die Gremien des FB EuU haben es sich zum Ziel gesetzt, die übergreifende Zusammenarbeit mit Leben zu füllen und Anreize für die Forschenden zu schaffen, sich über Disziplinengrenzen hinweg zu vernetzen und zusammenzuarbeiten. Eine Reihe von Querschnittsaktivitäten (CCA, Cross-Cutting Activities) und FB-übergreifenden Initiativen (CARF, Cooperation Across Research Fields) und Aktivitäten haben 2021 ihre Arbeit aufgenommen, die in Kapitel A.2.4.1.2.2. und Kapitel A.2.4.1.3 dieses Berichts beschrieben sind. Ein wesentliches Instrument für die konkrete Bearbeitung der Program Objectives sind die vier ausgewählten Innopool-Projekte, die ausdrücklich auf die Program Objectives ausgerichtet ausgeschrieben und mit Ressourcen hinterlegt wurden. Im Rahmen der Mittelvergabe zum Innovationspool von 2022 bis 2024 hat das Programmboard einen Verfahrensvorschlag verabschiedet, der die Ausschreibung, Evaluierung und das Ranking von Projektvorschlägen durch das Programmboard vorschreibt. Mit den ausgewählten Projekten innerhalb von vier thematischen Clustern (mit je einem Projekt

pro Cluster) steht die Vernetzung zwischen den Zentren und die Bearbeitung der Programmziele im Fokus. Die Projektauswahl wurde von MB, FB-Plattform und Strategischem Beirat zustimmend bewertet. Die Projekte starteten am 01.01.2022.

A.2.4.1.2.2 *Die Umsetzungsstrategie für die Synthese- und Kommunikationsplattform (SynCom) soll weiter vorangebracht und konsequent verfolgt werden.*

Der FB EuU hat eine übergreifende Synthese- und Kommunikationsplattform SynCom initiiert, die der agilen, übergreifenden Synthese und Kommunikation zur integrierten Erdsystemforschung dient. Die SynCom fungiert als Schnittstelle und ermöglicht den Dialog zwischen Wissenschaft, Gesellschaft und Politik. SynCom unterstützt die Wissenssynthese übergeordneter Themen aus dem Forschungsprogramm heraus und bildet damit ein wesentliches Instrument zur zentrenübergreifenden Zusammenarbeit im Programm. Der Forschungsbereich stellt evidenzbasiertes, zentrenübergreifendes Orientierungs- und Handlungswissen sowohl intern als auch für gesellschaftliche Debatten und politische Entscheidungen bereit, um zur Lösung der großen Herausforderungen im Sinne der Mission der Helmholtz-Gemeinschaft beizutragen. SynCom arbeitet an den drei Pilotprojekten Digital Twins, Early Warning for Natural Hazards sowie Cities and Climate Change. Darüber hinaus koordiniert das SynCom-Koordinierungsbüro den Sea Level Think Tank. Im Zentrum der drei Pilotprojekte stehen zunächst Synthese, die interne Kommunikation und die Verständigung über die wissenschaftlichen Begriffe. 2022 sollen interne und zum Teil auch Veranstaltungen mit externen Stakeholdern organisiert und Positionspapiere veröffentlicht werden. Im Hinblick auf den Sea Level Think Tank soll zunächst eine gemeinsame Publikation erarbeitet werden. Am 29.11.2021 führte SynCom einen Teil der für die Vollversammlung des Programms geplanten General Assembly online durch. In einem Überblicksvortrag und einer Podiumsdiskussion konnten sich die rund 250 Teilnehmer:innen über die SynCom informieren und in den anschließenden Breakoutsessions und einem Open Space die SynCom-Themen diskutieren.

A.2.4.1.2.3 Umsetzung der Digitalisierungsstrategie des Forschungsbereiches.

Die Digitalisierungsstrategie des FB EuU fokussiert auf die Integration von Forschungsdatenmanagement (FDM), Modellierung und Datenanalyse. Übergeordnetes Ziel ist die Etablierung einer förderierten, virtuellen Forschungsumgebung nach FAIR und Open Science Prinzipien für die interdisziplinäre und transdisziplinäre Zusammenarbeit im FB EuU und der PoF.

Eine wesentliche Grundlage hierfür ist die Entwicklung gemeinsamer Datenmanagementstandards über die Kompartimente und Zentren hinweg, basierend auf den komplementären Initiativen DataHub³ FB EuU und dem Pilot „Unterwegsdaten“⁴ der Deutschen Allianz Meeresforschung (vgl. Abschnitt A.2.4.1.4.2) und deren Nutzbarkeit für die Programmforschung, die LK II-Infrastrukturen sowie die Querschnittsaktivitäten (CCA). Verwirklicht wird die Digitalisierungsstrategie daher zunächst in übergreifenden Aktivitäten (z.B. Digital Earth, Earth System Modeling), verteilten Infrastrukturen (z. B. MOSES) und Observatorien (z.B. TERENO, IPOC) sowie durch die Beiträge der vom FB EuU koordinierten Helmholtz-Metadaten- Plattform (HMC), der Helmholtz-AI Local Unit EuU und den Data Science Schools HeiBRIDS und MarDATA.

Um die notwendige Integration über die Initiativen hinweg zu ermöglichen, hat die AG Digitalisierung EuU in 2021 eine Umsetzungsempfehlung für die Digitalisierungsstrategie EuU erarbeitet und mit dem Managementboard abgestimmt. Die Umsetzungsempfehlung enthält Maßnahmen und Pläne für:

- 1) strategische und praktische Einbindung der Programmforschung in die laufenden Dateninitiativen des FB mittels der Etablierung einer Stakeholder-zentrierten Co-Design Plattform,
- 2) Förderung des kulturellen Wandels zur digitalen Wertschöpfung mit Anschluss an die Digitalisierungsstrategien der Helmholtz-Gemeinschaft sowie der einzelnen Zentren und unter Einbeziehung des Helmholtz Open Science Office,
- 3) Wissenstransfer über Portale und Datenprodukte für Gesellschaft und Politik in Abstimmung mit SynCom sowie über den Wissensaustausch zwischen Zentren und Domänen.

Gemeinsam leisten diese Initiativen wesentliche Beiträge zu nationalen und internationalen Digitalisierungsinitiativen in der Wissenschaft, wie der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) und deren Konsortien mit FB-EuU-Beteiligung (NFDI4Earth, NFDI4Biodiversity, NFDI4Chem, NFDI4Microbiota, DataPlant), sowie zu Netzwerken zum Nationalen Hochleistungsrechnen (NHR), der European Open Science Cloud (EOSC) und fachspezifischen Netzwerken und Konsortien zur Förderung von Datenzugang nach FAIR-Prinzipien (z.B. eLTER, EPOS, IAG, FDSN, FID Geo).

³ Der DataHub des Forschungsbereichs Erde und Umwelt ist eine gemeinsame Initiative aller am Programm „Changing Earth“ beteiligten Zentren der Helmholtz Gemeinschaft. Drei den Kompartimenten des Erdsystems zugeordnete SubHubs (ATMO, MARE und TERRA) bilden den Nukleus für den einen - gemeinsamen – DataHub, der die (Erdsystem)-Daten im Forschungsbe- reich Erde und Umwelt zusammenführt.

⁴ Bei dem im September 2019 begonnenen Pilotprojekt geht es um die systematische Erfassung, Übertragung an Land, Qualitätssicherung und Veröffentlichung von "Unterwegs"-Forschungsdaten nach den FAIR-Prinzipien (Auffindbar, Zugänglich, Interoperabel, Wiederverwendbar). Der Fokus liegt auf den Schiffen MARIA S. MERIAN, METEOR, POLARSTERN und SONNE.

A.2.4.1.2.4 *Forschung zu nachhaltigen urbanen Räumen.*

Das Thema urbane Räume und ihre nachhaltige Entwicklung ist eines der zentralen Handlungsfelder der Bundesregierung. Der FB EuU hat sich die systemische Forschung zu Nachhaltigkeit im urbanen Gebiet zum Ziel gesetzt. Im Juli 2021 bekam das Thema der Entwicklung nachhaltiger Räume durch niederschlagsbedingte Zerstörungen an Infrastrukturen und Gebäuden in mehreren Bundesländern sowie Verletzten, Vermissten und Toten in bisher unvorstellbarem Ausmaß ungewollt große Popularität. Ein gemeinsames Statement von Wissenschaftler:innen aus mehreren Topics, Zentren und Wissenschaftseinrichtungen außerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft formulierte fünf Prinzipien für klimasichere Städte und Kommunen, die dabei helfen sollen, die Klimasicherheit von Städten und Gemeinden in der Politik stärker zu priorisieren und die strategische Planung in Kommunen und Städten zu stärken. Aktuell wird ein Projekt vorbereitet, das auf der Helmholtz-Klima-Initiative aufbaut und sich „hochaufgelösten Prognosesystemen für hydrologische Extremereignisse in kleinen und mittleren Einzugsgebieten Deutschlands“ widmen wird. Dabei soll ein Starkregen-Prognosesystem für mittlere und kleine Einzugsgebiete erstellt werden, das einerseits als Frühwarnsystem in der Lage ist, eine für eine Evakuierungs- oder Sicherheitsentscheidung aussagefähige Aussage mit mindestens 24 Stunden Vorlaufzeit zu liefern und das andererseits als Risikobewertungssystem eine vorausschauende Infrastruktur- und Sicherungsplanung in den potentiell besonders betroffenen Gebieten in Deutschland erlaubt.

Die Stakeholder-Interaktion wird als ein zentraler Bereich innerhalb der Querschnittsaufgabe „Forschung zu Nachhaltigen Urbanen Räumen“ 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. Um die in weiteren Topics vorhandenen, aber sehr unterschiedlichen Erfahrungen synergetisch zu nutzen, wurde im Rahmen der General Assembly im November 2021 das Pilotprojekt der SynCom Cities and Climate Change ins Leben gerufen. Die Expertise aus den verschiedenen Stakeholder-Prozessen soll hier zusammengeführt und kritisch reflektiert werden. Darauf aufbauend werden Indikatoren und Kriterien für eine effiziente und effektive Zusammenarbeit mit einer Reihe von Stakeholdern aus den Bereichen Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft sowie den Medien entwickelt. Dies wurde im SynCom-Pilotprojekt begonnen und wird später in einer übergeordneten Arbeitsgruppe weitergeführt. Die CARF Resilient Urban Spaces und das SynCom-Pilotprojekt Cities and Climate Change werden gemeinsam parallel entwickelt, jedoch mit unterschiedlichen Schwerpunkten: Während in der CARF breiter angelegte wissenschaftliche Fragen beantwortet werden sollen, wird die Einbeziehung von Interessengruppen des urbanen Bereichs über SynCom vollzogen. Geplant ist ein gemeinsamer Workshop der CARF und des Pilotprojekts der SynCom im Mai 2022.

Die Helmholtz-Gemeinschaft plant die Einrichtung zweier neuer Helmholtz-Institute (Aufbauphase: 2023-2027). Basierend auf einer externen Evaluierung hat das MB im Dezember 2021 einen von zwei Vorschlägen für ein neues Helmholtz-Institut des FB EuU ausgewählt. Der Antrag des KIT für ein Helmholtz-Institut Freiburg für Urbane Klimaforschung, wird die hochspezialisierte Expertise des KIT in der Stadtforschung in einer systemischen Perspektive mit der Partneruniversität, der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, kombinieren. Städte sollen in einem sich ändernden Klimasystem untersucht werden und die Effekte auf Menschen und Gesellschaft, insbesondere hinsichtlich differenzierter Expositionen und Vulnerabilitäten, einbezogen werden.

A.2.4.1.2.5 Umsetzung des Personalkonzeptes des Forschungsbereiches

Das strategische Personalkonzept enthält in seiner ersten Fassung sieben Bausteine zur Schaffung optimaler Rahmenbedingungen für wissenschaftliche Karrieren und einen langfristigen strategischen Kompetenzaufbau in den beteiligten Helmholtz-Zentren des FB EuU (vgl. Anhang 3 des Koordinatorenberichts). Das Managementboard hat im Dezember 2021 die zentrenübergreifende Arbeitsgruppe Personalentwicklung damit beauftragt, zunächst die folgenden vier Bausteine sukzessiv umzusetzen:

Network: Netzwerk zur Karriereunterstützung im FB: Mit diesem internen Baustein wird die Vernetzung derjenigen Mitarbeiter:innen in den Graduiertenprogrammen, Career Centern, Postdoc Offices und Personalentwicklungsabteilungen (oder ähnlichen Strukturen) gefördert, deren Aufgabe in der Qualifizierung und Unterstützung der Mitarbeitenden im FB EuU liegt.

Compass: Mentoring-Programm innerhalb des FBs: Innerhalb des zentrenübergreifenden Mentoring- Programms lernen die Teilnehmenden Karriereoptionen kennen, erhalten Feedback zu ihren Karriereplänen, erkennen und erweitern überfachliche Fähigkeiten, bauen ihr berufliches Netzwerk aus und erhalten Impulse für die Gestaltung ihres gegenwärtigen Arbeitskontextes.

Campus: Summer School für den Dialog zwischen Praxis, Politik, Gesellschaft und Wissenschaft: Die im FB EuU gewonnenen Erkenntnisse haben eine enge Verbindung zum gesellschaftlichen Diskurs und zur politisch-medialen Debatte rund um den Klimawandel und den damit verbundenen Umsetzungsdruck. In der Summer School sollen sich Wissenschaftler:innen mit Themen des Anwendungskontextes ihrer Forschung auseinandersetzen und sich untereinander vernetzen.

Qualify: Beschreibung wissenschaftlicher Karrierepfade und Entwicklungsbedarfe innerhalb des FBs: Dieser analytische Baustein untersucht, welche Instrumente und Maßnahmen die wissenschaftliche Karriereentwicklung von Personen im FB EuU bislang nachweislich befördert haben und wird durch eine Bestandsaufnahme der zentrumsspezifischen Anforderungsprofile an Postdoc-Positionen ergänzt. Auf der Basis dieser Informationen kann ein zentrenübergreifendes Kompetenzmodell für Postdocs formuliert und an den bestehenden Qualifikations- und Unterstützungsangeboten ausgerichtet werden.

A.2.4.1.2.6 Beitrag des Forschungsbereiches zur Helmholtz-Digitalisierungsstrategie

Digitalisierung in der Helmholtz-Gemeinschaft entwickelt sich im Wechselspiel zwischen den Zentren, den Forschungsbereichen und den gemeinsamen Initiativen. Die Digitalisierung im FB EuU ist daher eingebettet in die Digitalisierungsstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft. Der FB EuU strebt im Zusammenspiel mit den anderen Forschungsbereichen der Gemeinschaft danach, dass die Initiativen und Maßnahmen ineinandergreifen und sich ergänzen, um Mehrwerte für die Wissenschaft und die Gesellschaft zu erzeugen.

Mit den von der AG Digitalisierung vorgeschlagenen Maßnahmen zur Umsetzung der Digitalisierungsstrategie des FB EuU (vgl. Anhang 4 des Koordinatorenberichts) werden zugleich die zehn Ziele der übergreifenden Digitalisierungsstrategie der Gemeinschaft adressiert. Konkret richten sich die Empfehlungen zur Einbindung in die Programmforschung auf die Ziele 1 und

3-5, die Maßnahmen zur Förderung des kulturellen Wandels auf die Ziele 5 und 7-9, sowie die Empfehlungen zum Wissenstransfer auf die Ziele 8-10 der Helmholtz- Strategie.

Darüber hinaus beteiligt sich der FB EuU sehr aktiv am Inkubator Information and Data Science. So wird aus dem FB heraus die Helmholtz Metadata Collaboration (HMC) Plattform und der Local Unit EuU von Helmholtz.AI (HACU local) sowie die Data Science School MarDATA koordiniert. Hierüber erfolgt auch Transfer und die Einbindung universitärer Partner.

Im Rahmen des Inkubator-Programms Helmholtz Artificial Intelligence Cooperation Unit (HAICU) wurde Anfang April 2019 am Hereon und am DKRZ die HAICU-Lokaleinheit AIM (Artificial Intelligence innovates Earth System Analytics and Modelling) für den FB EuU eingerichtet, um die breite Anwendung neuer leistungsfähiger ML (Maschinelles Lernen)-Algorithmen für erdsystemwissenschaftliche Fragestellungen zu fördern. HAICU Local-AIM wird aus dem IVF der HGF finanziert (Laufzeit: 2019 – 2024).

Der FB EuU nutzt die Inkubator-Formate, bei denen Zentren oder Projekte in den Plattformen direkt beteiligt sind, um Konzepte und konkrete Umsetzungsbeispiele für die Gemeinschaft zu generieren, etwa zu Data Science- (Helmholtz AI) und Imaging- (Helmholtz Imaging Platform – HIP) Methoden oder zur Implementierung der FAIR Data Prinzipien (HMC). Trainingsformate aus MarDATA oder HMC werden in die Helmholtz Information und Data Science Academy (HIDA) eingespeist und die vielfältigen HIDA-Angebote in den Zentren genutzt. Über die Plattform HIFIS werden sowohl Cloud-Dienste angeboten als auch genutzt, sowie Wissen über professionelle Softwareentwicklung in die Gemeinschaft hinein verbreitet.

So adressiert der FB EuU in vielfacher Hinsicht Themen, die auch im Rahmen der Weiterentwicklung der Digitalisierung in der gesamten Helmholtz-Gemeinschaft diskutiert werden, wie FB-übergreifende Digital Twins, strukturiertes Research Software Engineering, kultureller Wandel und Datenindikatorik. Der FB EuU versteht die Beteiligung an übergreifenden Themen der Digitalisierung sowohl als seinen Beitrag zur Gemeinschaft wie auch als Anregung für das eigene Programm.

Eine wegweisende Initiative für den FB EuU in der nahen Zukunft ist das Programm der Europäischen Union Destination Earth. In diesem Rahmen sollen hochpräzise digitale Modelle der Erde in globalem Maßstab (sog. Digitale Zwillinge) erstellt werden, um die unterschiedlichen Prozesse auf bzw. nahe der Erdoberfläche zu simulieren und zu überwachen und die Bedarfe der Nutzer der Daten und Services konkret zu realisieren. Zu Destination Earth finden zurzeit vorbereitende Arbeiten statt. Der FB EuU bereitet einen Beitrag zu diesem Programm vor.

A.2.4.1.3 Entwicklung im Rahmen der programmübergreifenden Aktivitäten

A.2.4.1.3.1 Querschnittsthema REKLIM (Regionale Klimaänderungen und Mensch)

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. Das Thema regionaler Fingerprints wurde im Bereich Meeresspiegelanstieg angegangen, hier ist REKLIM auch Mitinitiator eines

Think Tanks der SynCom. Zur Untersuchung von Extremereignissen gibt es Ansätze auf unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen, hier gibt es Anknüpfungspunkte zur CCA Extremes. Im Wissenstransfer hat REKLIM zusammen mit WWF Deutschland und Uni Hamburg ein BMUV-Projekt im Rahmen der NKI zur Multiplikatorenausbildung im regionalen Klimaschutz eingeworben.

- Koordinierende Sprecher: Dr. Klaus Grosfeld, AWI; Prof. Dr. Peter Braesicke, KIT
- Weiterer beteiligter Forschungsbereich: Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr

A.2.4.1.3.2 Querschnittsthema Helmholtz-Klima-Initiative HI-CAM

In der Helmholtz-Klima-Initiative forschen Wissenschaftler:innen aus allen sechs Forschungsbereichen der Helmholtz-Gemeinschaft interdisziplinär an systemischen Fragen der Klimaforschung. Dazu werden die Kompetenzen aus 15 Zentren gebündelt. Die Initiative wird bis März 2022 aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds gefördert. Die wissenschaftlichen Arbeiten in den Clustern Mitigation und Adaptation wurden 2021 weitgehend abgeschlossen und auf einer Dialogkonferenz mit rund 1.000 Teilnehmer:innen (Präsenz und Online) im November 2021 in Berlin vorgestellt. Ausgewählte Themen aus Cluster I und II sollen künftig in einer zweiten Phase mit einem Fokus auf Produktentwicklung vertieft werden (siehe z.B. auch Abschnitt A.2.4.1.2.4). Das Kommunikationscluster soll ebenfalls weitergeführt werden und eine langfristige Perspektive erhalten.

- Koordinierende Sprecher: Prof. Dr. Georg Teutsch, UFZ; Prof. Dr. Daniela Jacob, Hereon
- Weitere beteiligte Forschungsbereiche: Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr, Energie, Gesundheit, Information, Materie

A.2.4.1.3.3 Querschnittsthema 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). Aufbauend auf bestehenden Kooperationen wurde 2021 ein Whitebook entwickelt, das potentielle Kooperationen zusammenfasst. Strukturell wird die CARF durch eine Anfang 2021 etablierte Steering Group unterstützt, die 2021 zweimal tagte.

- Koordinierende Sprecher: Prof. Dr. Martin Riese, FZJ; Prof. Dr. Jan Cermak, KIT; Prof. Dr. Jens Wickert, GFZ
- Weiterer beteiligter Forschungsbereich: Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr

A.2.4.1.3.4 Querschnittsthema Geoenergy

Im Querschnittsthema Geoenergy entwickeln Wissenschaftler:innen neue Explorations- und Überwachungskonzepte für die sichere Nutzung geothermischer Systeme. Hierbei stehen die Entwicklung neuartiger experimenteller Methoden und effizienter Technologien im Rahmen

der Infrastrukturinitiative GeoLaB des FB Energie im Fokus unserer Forschung. Neben zentrumsübergreifenden Publikationen, der Herausgabe des „Geothermal Energy Journal“ und Aktivitäten im Bereich geologischer Energiespeicherung resultierte das gemeinsame Positionspapier „Geothermie-Roadmap für Deutschland“ verschiedener Zentren der Fraunhofer-Gesellschaft und Helmholtz-Gemeinschaft aus unserer forschungsbereichsübergreifenden Kooperation.

- Koordinierender Sprecher: Prof. Dr. Ingo Sass, GFZ
- Weiteres beteiligtes Programm: Materialien und Technologien für die Energiewende (FB Energie)

A.2.4.1.3.5 Querschnittsthema MACE (Mainstreaming Environmental Assessment for Complex Exposure)

Die neue Querschnittsaktivität MACE verfolgt das Ziel, Ergebnisse der Umwelt- und Gesundheitsforschung zusammenzufassen, um eine lösungsorientierte Risikobewertung und das Management von Chemikalien zu unterstützen. Mit Hilfe einer Plattform sollen übergreifende Aktivitäten im Programm

„Erde im Wandel“ sowie mit dem FB Gesundheit entwickelt werden; dazu wurden mehrere Gespräche mit Vertretern der Topics 4, 5, 6 und 7 sowie des FB Gesundheit (HMGU) geführt. Außerdem wurde eine Diskussionsrunde im Rahmen der online-Vollversammlung des Programms „Erde im Wandel“ im November 2021 durchgeführt, um über MACE zu informieren und für diese Plattform zu werben.

- Koordinierende Sprecher:in: Prof. Dr. Rolf Altenburger, UFZ; Prof. Dr. Jörg Durner, HMGU; Prof. Dr. Michael Schlöter, HMGU; Prof. Dr. Uli Schurr, FZJ
- Weiteres beteiligtes Programm: Umweltbedingte und metabolische Erkrankungen (FB Gesundheit)

A.2.4.1.3.6 Querschnittsthema JL-ExaESM: Exascale Earth System Modeling

Das JL Exascale ESM koordiniert die Entwicklung neuartiger technologischer Lösungen, um Erdsystemmodelle und deren Daten-Workflows exascalefähig zu machen. Die Vision des JL Exascale ESM ist, dass eine gemeinsame Strategie über die Forschungsbereiche hinweg und auch über die Helmholtz-Gemeinschaft hinaus den „Anwendungsbereich“ ESM für das Supercomputing stärkt und die Anerkennung der Bedeutung technischer Aspekte in der Erdsystemwissenschaft verbessert. Es baut dabei auf das IVF Projekt Pilot Lab ExaESM auf. Aufgrund der unterschiedlichen Programmlaufzeiten und vielfältiger Abstimmungsprozesse innerhalb und zwischen den Forschungsbereichen ist das JL ExaESM noch in der Vorbereitungsphase. Ein Kickoff-Meeting ist für den 18.03.2022 geplant.

- Koordinierende Sprecher: Prof. Dr. Martin Schultz, FZJ; Prof. Dr. Thomas Jung, AWI
- Weitere beteiligte Programme: Engineering Digital Futures (FB Information), Raumfahrt (FB Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr)

A.2.4.1.3.7 Querschnittsthema BmE: Bioeconomy meets Energy

Ansätze zur nachhaltigen Nutzung von Biomasse und Kenntnisse über biologische Systeme stellen einen wichtigen Baustein zur (Weiter-)Entwicklung einer Kreislaufwirtschaft dar. Der integrierte Bioökonomie-Ansatz vom FB Energie und FB EuU konzentriert sich auf die 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. Sozio-techno-ökonomische Bewertungen von Verfahren, Rohstoffen und Produkten geben Orientierung für die naturwissenschaftlich-technische Entwicklung. Zentren- und programmübergreifend wurden gemeinsame Projektideen entwickelt. Diese Vorarbeiten wurden für die Entwicklung von zwei Projektvorschlägen für die Helmholtz Sustainability Challenge verwendet.

- Koordinierende Sprecher: Prof. Dr. Uli Schurr, FZJ
- Weitere beteiligte Programme: Energiesystemdesign und Materialien und Technologien für die Energiewende (beide FB Energie)

A.2.4.1.3.8 Querschnittsthema Nuclear Repository Research

Gemeinsam mit den am NUSAFE-Forschungsprogramm (FB Energie) beteiligten Helmholtz-Zentren (FZJ, HZDR, KIT) haben GFZ und UFZ (FB EuU) eine gute Zusammenarbeit in der Endlagerforschung etabliert. Mit einem hohen Grad an Interaktion und Koordination ist das von der Helmholtz-Gemeinschaft und dem BMBF geförderte Verbundprojekt „iCROSS“ weiterhin ein zentrales Element der forschungsbereichsübergreifenden Kooperation. Darüber hinaus stellen unsere Beteiligungen an internationalen Experimenten im Untertagelabor Mont Terri (CH) einen wichtigen Eckpfeiler der gemeinsamen Forschung dar. Weitere bereichsübergreifende Aktivitäten der CARF finden im Rahmen europäischer Verbundprogramme (EURAD) und internationaler Benchmarking-Projekte (DECOVALEX) statt, in denen unsere Wissenschaftler:innen führende Positionen einnehmen.

- Koordinierende Sprecher: Prof. Dr. Michael Kühn, GFZ; Prof. Dr. Olaf Kolditz, UFZ
- Weiteres beteiligtes Programm: Nukleare Entsorgung, Sicherheit und Strahlenforschung (NUSAFE) (FB Energie)

A.2.4.1.3.9 Querschnittsthema MOSES: Modular Observation Solutions for Earth Systems

Die Entwicklungs- und Einrichtungsphase des FB-übergreifenden Beobachtungssystems MOSES wurde 2021 erfolgreich abgeschlossen. Mit dem mobil und modular einsatzfähigen Messsystem können nun hochdynamische Prozesse wie Wetterextreme von ihrer regionalen Entwicklung bis zu den direkten Folgen mit einem konsequent systemübergreifenden Einsatzkonzept erfasst werden. Solche Datensätze werden dringend benötigt, um die Auswirkungen des Klimawandels besser zu verstehen und Anpassungsstrategien zu entwickeln. Als abschließende und umfangreichste Messkampagne der Einrichtungsphase wurde 2021 die Swabian-MOSES Kampagne durchgeführt, die einzigartige Messergebnisse zur Entstehung von Starkniederschlägen und Sturzfluten in der Region geliefert hat.

- Koordinierende Sprecherin: Dr. Ute Weber, UFZ
- Weitere beteiligte Forschungsbereiche: Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr; Gesundheit

A.2.4.1.3.10 Querschnittsthema TERENO: Terrestrial Environmental Observatories

TERENO führt in vier Observatorien Langzeitbeobachtungen zur Untersuchung des Einflusses des globalen Wandels auf terrestrische Ökosysteme durch. Seit 2008 wurden mehr als 1.050 Publikationen veröffentlicht. Für 2021 werden über 160 Publikationen erwartet, mit einem hohen Anteil externer Publikationen. Dies liegt daran, dass die Daten immer attraktiver für die Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels auf terrestrische Systeme werden. Außerdem werden mittlerweile mehr als 2 Milliarden Datensätze über das TEODOOR-Datenportal kostenlos bereitgestellt, was zu einem deutlichen Anstieg der heruntergeladenen Datensätze führte. Seit 2013 wurden insgesamt 34.700 Downloads mit einem Gesamtvolumen von 1,5 Milliarden Datensätzen registriert.

- Koordinierender Sprecher: Prof. Dr. Harry Vereecken, FZJ
- Weiterer beteiligter Forschungsbereich: Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr

A.2.4.1.3.11 Querschnittsthema Extremes: Extreme Events in a Changing World

Extremereignisse, die durch atmosphärische, geosphärische, geologische oder ozeanische Störungen verursacht werden, stellen eine potentielle 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 Wissenschaftler:innen FB-übergreifend mit dem Thema Frühwarnsysteme. Aktuell wird die Bearbeitung der Themen der CCA Extremes mit den bereits gestarteten Arbeiten im Forschungsprogramm abgestimmt.

- Koordinierende Sprecher: Prof. Dr. HaPe Schmid, KIT; Prof. Dr. Fabrice Cotton, GFZ

A.2.4.1.3.12 Innovationspoolprojekt ESM: Advanced Earth System Modeling Capacity Planned

Bei diesem Projekt, an dem acht Helmholtz-Zentren beteiligt sind, stehen die Erdsystemmodellierung und die Diagnose von Erdsystemmodellen im Fokus. Im Jahr 2021 hat ESM durch den Innovations-Pool eine abschließende Förderung erhalten, die genutzt wurde, um einige wichtige Arbeiten fortzuführen bzw. fertigzustellen. In 2021 wurden insgesamt 34 Publikationen in der begutachteten Literatur veröffentlicht, davon auch vier in „high impact“-Zeitschriften. Beispiele für ESM-Publikationen sind die Beschreibung der in ESM entwickelten ESM-Tools (Version 5.0), eine Beschreibung des am GEOMAR verwendeten Modellsystems FOCI sowie Artikel zur Nutzung künstlicher Intelligenz in der Erdsystemmodellierung. Im Rahmen von ESM beteiligen sich die Modellierer:innen auch weiter an der Entwicklung und Umsetzung der nationalen ESM-Strategie. Von 2022 an wird hier die effektive Nutzung der Entwicklungs-Sprints im Rahmen des durch das BMBF geförderte natESM Projekt eine zunehmend wichtige Rolle spielen.

- Koordinierende Sprecher: Prof. Dr. Thomas Jung, AWI
- Weiterer beteiligter Forschungsbereich: Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr

A.2.4.1.3.13 *Innovationspoolprojekt DE: Digital Earth – Towards Smart Monitoring and Integrated Data Exploration of the Earth System*

Digital Earth ist ein Projekt zur Verknüpfung und Integration von geowissenschaftlichen Konzepten, Daten (aus Sensoren & Modellen), und Analysesoftware auf Grundlage digitaler, informatik-basierter Ansätze und Technologien. 2021 konnten weitere Anwendungsfälle hinzugefügt und bestehende ausgebaut werden. Die Webseite wurde erweitert und Anwendersoftware zugänglich gemacht. Ein Konzept für die Implementierung von DE-Inhalten in PoF IV wurde erstellt, wobei Schnittstellen zum DataHub EuU als Instrument der Digitalisierungsstrategie des FBs definiert wurden. Highlights 2021: 1. Fertigstellung DE Buch: Integrating Data Science and Earth Science: Challenges and Solutions (bei Springer in Druck); 2. Organisation & Sponsoring H³ Helmholtz Herbst Hackathon (in Kooperation mit HIDA, MarDATA, HDS-LEE, Jülich Challenges, Helmholtz AI consultants @ FZJ); 3. Sieg von C. Schaun im Falling Walls Lab.

- Koordinierende Sprecher: Prof. Dr. Jens Greinert, GEOMAR

A.2.4.1.3.14 *Innovationspoolprojekt ARCHES: Autonomous Robotic Networks to Help Modern Societies*

Im Rahmen von ARCHES werden in einem Konsortium der Helmholtz Zentren DLR, AWI, GEOMAR und KIT heterogene, autonome und vernetzte robotische Systeme zur marinen und planetaren Umwelterkundung entwickelt. Ein Schwerpunkt liegt auf der Einrichtung eines Unterwassermessnetzes, das aus mobilen und stationären Systemen besteht. Wesentliche Ergebnisse in 2021 umfassen 1) die erfolgreiche Entwicklung eines submarinen Brennstoffzellensystems, 2) die Fertigstellung des neuartigen Unterwasserfahrzeuges PANTA RHEI sowie 3) die Durchführung von zahlreichen technischen Tests zur Verbesserung der Autonomie, Mobilität und Navigation und 4) die Anwendung der einzelnen Plattformen auf Forschungsfahrten in die Ostsee und Arktische Gewässer.

- Koordinierende Sprecher: Prof. Dr. Armin Wedler, DLR; Prof. Dr. Frank Wenzhöfer, AWI; Prof. Stefan Sommer, GEOMAR
- Weitere beteiligte Programme: Raumfahrt (FB Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr), Autonome Systeme und Nukleare Entsorgung, Sicherheit und Strahlenforschung (NUSAFE) (FB Energie)

A.2.4.1.4 Strategische Themen

A.2.4.1.4.1 *Talentmanagement*

Zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses führen die Zentren des FB EuU eine Reihe von Programmen durch, beispielsweise Graduiertenschulen, Promotions- und Mentoringprogramme, Coachings und Karriereberatungsmöglichkeiten für Promovierende und Post-

Docs. Das GFZ führt beispielsweise ein Mentoringprogramm mit aktuell zehn Teilnehmer:innen aus dem Bereich Management und wissenschaftliche Koordination durch (GFZ-Friends Mentoring-Programm). Zur Vernetzung und Austausch unter Doktorand:innen werden PhD-Days und -Kollegs durchgeführt, mithilfe derer übergreifende Kompetenzen (Zeitmanagement, Modellansätze, etc.) gefördert werden.

Im Berichtsjahr wurden zwei Promovierendenprogramme am UFZ eingerichtet: MoDEV: Towards novel Model-Data fusion for understanding Environmental Variability in space and time from high-resolution remote sensing und Thirsty Cities: Pathways for water-resilient urban transformation. Zudem wurden zwei weitere Promovierendenprogramme des UFZ 2021 initiiert: Global change impacts on microbiota-plant-soil processes relevant for water and matter cycling in agricultural ecosystems (GLIMPSE) und PSPACE: A safe operating space for the prevention of eutrophication in riverscapes under multiple stress.

Zur Verbesserung der Chancengleichheit und der Vereinbarkeit von Familie und Beruf bieten die Zentren vielfältige Maßnahmen an. Zu den Maßnahmen zählen Vorträge und individuelle (Sozial-)Beratung und Unterstützung, die 2021 z.T. virtuell durchgeführt wurden. Unterstützungsangebote umfassen auch (virtuelle) Kinderbetreuungsangebote und die Vermittlung haushaltsnaher Dienstleistungen. Einige Zentren unterstützen orts- und zeitflexible Arbeitsmodelle und haben bestehende Sonderregelungen zur Arbeitsbefreiung wegen Kinderbetreuung/Pflege verlängert. Die Begleitung und Weiterentwicklung der Maßnahmen für eine optimale Vereinbarkeit von Familie und Beruf wird durch eine Reihe von Audits z.B. „familiengerechte hochschule“ (KIT), „berufundfamilie“ (AWI) nachverfolgt. Das UFZ hat seinen Aktionsplan zur Gleichstellung von Frauen und Männern aktualisiert, um die EU-Anforderungen ab 2022 zu erfüllen. Hereon hat sich der „Charta der Vielfalt“ und der damit festgehaltenen Chancengleichheit für ihre Beschäftigten verpflichtet und das Amt der Diversity-Beauftragten eingeführt. Workshops, wie der Unconscious Bias-Workshop für Führungskräfte (AWI), zielen auf die Verbesserung der Chancengerechtigkeit bei der Personalauswahl. Weitere Projekte und online-Schulungen dienen der Förderung der Genderkompetenz und Gestaltung der Institutskultur im Hinblick auf Diversität und Chancengleichheit (z.B. KIT).

Der FB EuU hat es sich zum Ziel gesetzt, die Chancengleichheit der Beschäftigten sicherzustellen und den Frauenanteil, insbesondere in W2/W3-Positionen, anzuheben. Ein wichtiges Instrument zur Umsetzung der Chancengleichheit ist die Rekrutierungsinitiative „Helmholtz Distinguished Professorship – Förderung der Rekrutierung internationaler Spitzenwissenschaftlerinnen (W3)“. Frau Prof. Sylvia Sander hat 2021 eine Helmholtz-Exzellenzprofessur mit dem Thema: Metals in the environment: Solutions for Society's conflicting needs angetreten (jährliche Fördersumme: 600.000 €). Prof. Dr. Tamara Tal hat im Juni 2021 eine Berufung am UFZ erhalten. Sie wird über fünf Jahre zum Thema Examining microbiome-xenobiotic interactions that affect host neurodevelopment forschen.

Am AWI begann die Helmholtz-Nachwuchsgruppe Silicic acid Decline Effect in the Arctic Ecosystem (SiDe-EFFECT) unter der Leitung von Mar Fernández-Mendéz. Eine zweite Helmholtz-Nachwuchsgruppe mit dem Titel Specificity, prevalence, and mechanisms of microbe-to-microbe interactions in the ocean startete 2021 am GEOMAR unter der Leitung von Dr. David Needham. Dr. Morelia Urlaub leitet seit Februar 2021 die Helmholtz-Nachwuchsgruppe Do volcanoes collapse retrogressively? am GEOMAR. Ebenfalls am GEOMAR startete die Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe mit dem Titel FOOTPRINTS - From carbon removal to achieving the Paris agreement's goal: temperature stabilization, geleitet von Dr. Nadine Mengis. Im Rahmen der 18. Ausschreibungsrunde der HGF-Nachwuchsgruppen war das Hereon mit dem Antrag Co-designed pathways towards sustainable water futures von Dr. Peter Greve erfolgreich.

Herr Greve wird seine Arbeiten mit der eingeworbenen Nachwuchsgruppe am GERICS voraussichtlich im August 2022 beginnen.

Der FB EuU hat ein Personalkonzept erarbeitet, das in Abschnitt 2.5 dieses Berichts im Rahmen der Erläuterungen zu den Senatsempfehlungen beschrieben ist.

Bei den Besetzungen des Programm-Boards wurde angestrebt, eine Beteiligung von mindestens 30% Frauen zu erreichen. Fünf der insgesamt 15 Mitglieder des Programm-Boards sind Frauen – das entspricht einem Frauenanteil von 33%.

Um die negativen Folgen der Corona-Pandemie für den wissenschaftlichen Nachwuchs und dessen akademische Karriereentwicklung abzumildern, wurden mit hoher Flexibilität Vertragsverlängerungen realisiert. Die Zentren boten virtuelle Vernetzungs-, Fortbildungs-, und Informationsangebote und Workshops zum Aufbau von (Führungs-)Kompetenzen und für die Karriereplanung an. Nicht zuletzt seien die Impfkationen gegen Covid-19 für die Mitarbeiter:innen erwähnt, die an allen Zentren des FB EuU angeboten wurden.

A.2.4.1.4.2 Vernetzung

Der FB EuU hat sich die syntheseorientierte Vernetzung der Zentren zum Ziel gesetzt. Zur Förderung der Vernetzung wurde eine Ausschreibung für Projekte mit Beteiligung mehrerer Zentren und Topics, finanziert aus dem Innovationspool des FB, veröffentlicht (vgl. Abschnitt A.2.4.1.2.1).

Exzellenzinitiativen stärken die Vernetzung mit den Universitäten. Im Berichtsjahr startete die Beteiligung von Frau Prof. Rother (FZJ, IBG-1) mit dem Exzellenzcluster „Fuel Science Center“ der RWTH Aachen. Im Exzellenzcluster PhenoRob (Robotik und Phänotypisierung für Nachhaltige Nutzpflanzenproduktion) kooperiert das FZJ mit der Universität Bonn. AWI ist in enger Kooperation mit der Universität Bremen am Exzellenzcluster MARUM „Der Ozeanboden – verborgene Schnittstelle der Erde“ beteiligt. Im Rahmen des DFG Exzellenzclusters Climate, Climate Change and Society (CLICCS) kooperiert das Hereon umfangreich mit der Universität Hamburg mit den Schwerpunkten Land-Ozean-Transition und Küstenmeere im Klimasystem, Vorhersagbarkeit des Klimasystems und Nachhaltige Anpassungsszenarien für Stadt-, Land- und Küstensysteme.

Die europäische Forschungsinfrastruktur eLTER zielt darauf ab, in einem ganzheitlichen Systemansatz Umweltveränderungen zu beobachten, Daten zu erheben, bereitzustellen und zu analysieren. Damit sollen die gemeinsamen Auswirkungen der wichtigsten Umweltstressoren in terrestrischen, aquatischen und Küsten-Ökosystemen über alle ökoklimatischen Regionen Europas genauer untersucht werden. Im Jahr 2021 wurden die Vorbereitungen für die Einrichtung der am UFZ koordinierten europäischen Infrastruktur zur Langzeit-Ökosystemforschung (eLTER) durch zwei aus EU-Mitteln unterstützte Vorbereitungsprojekte (eLTER PLUS und eLTER PPP) weiter vorangetrieben.

Zur Deutschen Allianz Meeresforschung (DAM) gehören 22 Meeresforschungseinrichtungen (Universitäten, außeruniversitäre und Ressortforschungseinrichtungen). Der Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft ist die Kernaufgabe der DAM, die als Mehrwert die Expertise der deutschen Meeresforschung bündeln und für einen ziel- und bedarfsorientierten Wissensaustausch sorgen kann. So stehen im Zentrum der Aktivitäten lösungsorientierte Forschungsmissionen, in denen aktuelle, gesellschaftlich relevante Fragen der Meeresforschung bearbeitet werden. Die ersten beiden DAM-Forschungsmissionen sind 2021 gestartet („Meere als Kohlenstoffspeicher“ und „Meere schützen und nachhaltig nutzen“);

im Austausch mit Stakeholdern werden Handlungsoptionen entwickelt, um politische und gesellschaftliche Entscheidungen zu unterstützen. Im Kernbereich Datenmanagement & Digitalisierung führt die DAM das Projekt „Unterwegs“-Forschungsdaten fort. Das vom AWI betriebene Datenportal Deutsche Meeresforschung wurde weiterentwickelt und die Verzahnung mit dem MareHub läuft vorbildlich. Die Helmholtz-Zentren AWI, GEOMAR und Hereon beteiligen sich aktiv an der Ausgestaltung der DAM und GEOMAR-Direktorin Katja Matthes ist Mitglied im Vorstand.

Im Rahmen des Helmholtz Institute for Climate Service Science (HICSS) kooperieren Wissenschaftler:innen des Hereon/GERICS und der Universität Hamburg. Das HICSS bündelt die gemeinsamen Kompetenzen aus Natur-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften für das Forschungsgebiet Climate Service Science.

Das Helmholtz-Institut für Funktionelle Marine Biodiversität an der Universität Oldenburg (HIFMB) wurde 2017 als eine institutionelle Kooperation zwischen dem AWI und der Carl von Ossietzky Universität in Oldenburg gegründet. Das HIFMB entwickelt die wissenschaftliche Grundlage für den Meeresnaturschutz und das marine Ökosystemmanagement, indem es die funktionelle Rolle der biologischen Vielfalt im Ökosystem Meer und ihre Funktion für das Ökosystem und den Menschen analysiert.

Über das geowissenschaftliche Forschungsnetzwerk Geo.X sind das GFZ und das AWI eng mit Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen in Berlin und Potsdam vernetzt. Seit 2016 wird Geo.X aus dem Impuls- und Vernetzungsfond der HGF mit 1 Mio. Euro pro Jahr für die Dauer von fünf Jahren gefördert.

Ein weiteres Beispiel für die lokale Vernetzung mit Universitäten ist das Deutsche Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv), das als DFG-Forschungszentrum von den Universitäten Leipzig, Halle-Wittenberg und Jena in Kooperation mit dem UFZ betrieben wird. 2021 wurde das iDiv positiv evaluiert, so dass eine Weiterfinanzierung durch die DFG bis 2024 sichergestellt ist.

Innerhalb der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) hat die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (GWK) im Juli 2021 die Förderung des NFDI4Earth Konsortiums für die Erdsystemwissenschaften beschlossen. Im Juli wurden insgesamt zehn Konsortien bewilligt und erhalten eine fünfjährige Förderung der GWK. NFDI4Earth ist ein wesentlicher Bestandteil der NFDI und bringt die führenden nationalen Einrichtungen (insgesamt 61 Partnereinrichtungen) der Erdsystemwissenschaften zusammen. Alle Zentren des FB FB EuU sowie das DLR und das Helmholtz Coastal Data Center (HCDC) sind an diesem Konsortium beteiligt. Koordiniert wird NFDI4Earth von der TU Dresden.

Die Helmholtz-Gemeinschaft strebt für die Pakt IV-Periode die Gründung zweier weiterer Helmholtz-Institute an. Im ersten Schritt des mehrstufigen Auswahlprozesses sollten die Forschungsbereiche jeweils eine Interessensbekundung für die Gründung eines Helmholtz-Instituts auswählen. Das MB EuU entschied sich am 20.12.2021 für den Vorschlag für das Helmholtz Institute Freiburg for Urban Climate and Environmental Sciences (HIF-UCES), der am 25.01.2022 als Interessensbekundung für ein neu einzurichtendes Helmholtz-Institut des FB EuU in der Helmholtz-Geschäftsstelle eingereicht wurde. Aus den insgesamt fünf eingereichten Vorschlägen der Forschungsbereiche sollen im Herbst 2022 zwei Helmholtz-Institute zur Umsetzung ausgewählt werden (Aufbauphase 2023-2027).

A.2.4.1.4.3 *Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft*

Dieser Abschnitt beschreibt eine Auswahl konkreter Transferprojekte der Zentren.

Technologietransfer

Die Schifffahrt ist laut der IMO mit 800 Millionen Tonnen weltweit einer der Hauptemittenten von CO₂ im Transportsektor. Im Projekt RASMUS (Real-time Analyse und Optimierung von Schiffsrouten durch Verknüpfung von KI und ozeanographischen Modellen – ein Beitrag zur CO₂-Reduktion im Schiffsverkehr) nutzen GEOMAR und die Kieler Firma TrueOcean GmbH Künstliche Intelligenz, um mit Hilfe von ozeanographischen Strömungsmodellen die Routenplanung von Containerschiffen zu optimieren und auf diese Weise bis zu 10% der CO₂-Emissionen einzusparen.

Im Berichtszeitraum sind mit Hilfe der EXIST-Förderung vom BMWi neue Unternehmen am UFZ entstanden, die aus der Region Leipzig heraus agieren. Eines dieser Unternehmen, die RWInnoTec GmbH, bietet die Radiowellen-Erwärmungseinheit Asphalt 24/7 (RWA-24/7) an, welche Asphaltplatten örtlich und zeitlich flexibel mit Hilfe von Radiowellen in kürzester Zeit homogen erwärmt, um eine nachhaltige und effiziente Straßensanierung in höchster Qualität zu ermöglichen.

Ein am GFZ entwickelter automatischer Regenwassersammler wurde im Rahmen eines ERC Proof-of-Concept-Vorhabens und eines internen Innovationsprojekts validiert und 2021 erfolgreich an ein regionales KMU lizenziert, welches die Produktion und den Vertrieb des Samplers übernehmen wird.

In Kooperation mit dem DESY entwickelte Simone Andresen (AWI) im Rahmen ihrer Doktorarbeit (AG Bionischer Leichtbau und Funktionelle Morphologie) ein neuartiges Untergestell („Girder“) für die Magneten eines Teilchenbeschleunigers nach dem Vorbild der Skelettstrukturen mariner Mikroalgen. Diese bionischen Trägerstrukturen bewirken die Verschiebung schädlicher Vibrationsfrequenzen, welche zur Aufweitung des Elektronenstrahls führen, in einen unschädlichen Frequenzbereich.

Wissen für Betroffene

Ein wichtiges Transferbeispiel des Hereon in 2021 ist das Wissenstransferprojekt „ADAPTER“, der Forschungszentren Jülich und des Climate Service Center Germany (GERICS) des Hereon. In dem Projekt werden Datenprodukte und umfassende Informationen zur aktuellen Entwicklung des Wasserhaushalts, einschließlich Grundwasser, und über den langfristigen regionalen Klimawandel für die Landwirtschaft und alle Interessierten zur Verfügung gestellt (<https://www.adapter-projekt.de>).

Dürreperioden wie im Sommer 2020 stellen Landwirte vor die große Herausforderung, ihre Pflanzen mit ausreichend Wasser zu versorgen. Mit dem Wasser-Monitor des Forschungszentrums Jülich lässt sich auf etwa 600 Meter genau ablesen, ob genügend Wasser zur Verfügung steht. Das neue Online-Tool liefert seit November 2021 die Daten tagesaktuell, blickt mithilfe wissenschaftlicher Simulationen aber auch bis zu neun Tage in die Zukunft.

Ein herausragendes Beispiel für einen erfolgreichen Wissenstransfer durch das KIT im Bereich natürlicher Extremereignisse war der mehrtägige virtuelle Workshop im März 2021 zum Thema Hagel, der gemeinsam mit der Universität Bern, MeteoSchweiz und dem DWD organisiert wurde. Hierbei nahmen mehr als 180 internationale Vertreter:innen der Wissenschaft, der Wetterdienste, Versicherungsgesellschaften und Ingenieurbüros teil, die über die aktuellen Herausforderungen für diese Bereiche und Branchen (z.B. Hagelschäden und Schadensprävention) und mögliche Lösungsansätze diskutierten.

Wissen für Entscheider

Der Kampf gegen die Erderwärmung und für eine nachhaltige Entwicklung kann nur gelingen, wenn die Menschheit Klimaschutz, Biodiversität und soziale Gerechtigkeit gemeinsam denkt und bei allen politischen Entscheidungen berücksichtigt. Das ist die Kernbotschaft des am 10. Juni veröffentlichten Workshop-Berichts des Weltklimarats IPCC und des Weltbiodiversitätsrats IPBES, an dem UFZ-Agrarwissenschaftler Prof. Josef Settele und AWI-Meeresbiologe Prof. Hans-Otto Pörtner mitgeschrieben haben.

A.2.4.1.4.4 *Drittmittleinwerbung*

Frau Dr. Morelia Urlaub (GEOMAR) forscht seit 2021 im Rahmen ihres ERC Starting Grants im Forschungsprojekt Slow sliding of volcanic flanks as PREcursor to catastrophic COLLAPSE (1,5 Mio. € Förderung). Jonathan Bedford (GFZ) hat einen ERC Starting Grant in Höhe von 1,9 Mio. € (GFZ 462.709 €) für sein Projekt TectoVision in der Erdbebenforschung erhalten. Zusammen mit der Ruhr-Uni Bochum will er das weltweit erste kostengünstige tektonische GNSS-Netzwerk mit 72 Empfangsstationen aufbauen, um die Bewegungen der Mikroplatten in Griechenland genau zu erfassen.

Ausgewählte koordinierte Drittmittelprojekte:

- EU-Horizon 2020: PAUL/Pilot Application in Urban Landscapes, Gesamtfördervolumen: 13 Mio. €, Fördersumme für **KIT**: 657 T€, Laufzeit: 2021 – 2025.
- EU-Horizon 2020: Future Emerging Technologies (FET): Using Omics Techniques for Hydrocarbon Prospecting – PROSPECTOMICS. Gesamtfördervolumen: 4,0 Mio. €, Fördersumme für **GFZ**: 1,1 Mio. €, Laufzeit: 2021 – 2024.
- EU-Horizon 2020: Pan-Arctic observing System of Systems: Implementing Observations for societal Needs / Arctic PASSION, Gesamtfördervolumen: 15 Mio. €, Fördersumme für **AWI**: 3 Mio.€, Laufzeit: 2021 – 2025.
- BMBF: ITMS/Integriertes Treibhausgas-Monitoringsystem - Modul Modellierung, Fördersumme gesamt: ca. 4 Mio. €, Fördersumme für **KIT**: 578 T€, Laufzeit: 2021 – 2024.
- BMBF: ACTRIS-D/Aerosols, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure, Gesamtfördervolumen: 86 Mio. €, Fördersumme für **KIT**: 15 Mio. €, Laufzeit: 2021 – 2029.
- BMWF/BMWi: Pilotmaßnahmen zur energetischen Modernisierung der Antarktisstation NM III in Richtung Klimaneutralität / PILOMAK, Fördersumme **AWI**: 3 Mio. €, Laufzeit: 2021 – 2023.
- BMWF: CoastalFutures: Zukunftsszenarien zur Förderung einer nachhaltigen Nutzung mariner Räume, Gesamtfördervolumen: 5,5 Mio. €, Fördersumme für **Hereon**: 1,6 Mio. €, Laufzeit: 2021 – 2024.
- BMWF/BMWi: Strukturwandelprojekte BioökonomieRevierPlus, Gesamtfördervolumen: 18 Mio. €, Anteil **FZJ**: 17,057 Mio. €, Laufzeit: 60 Monate.
- DFG: National Research Data Infrastructure for Microbiota Research, NFDI4Microb, Gesamtfördervolumen: 15,7 Mio. €, Anteil **UFZ**: 1,3 Mio. €, Laufzeit: 2021 – 2026.
- DFG: NFDI4Earth: Gesamtfördervolumen: 13,7 Mio. €, Anteil Co-Applicants (AWI, GFZ, KIT): 1,6 Mio. €, Anteil teilnehmende Zentren (FZJ, GEOMAR, Hereon, UFZ, DLR): 1,18 Mio. €, Projektlaufzeit: 01.10.2021 - 30.9.2026.

- Industrie-Projekt: Open Source Software für die optimierte numerische Prozesssimulation im Rahmen der Sicherheitsuntersuchungen im Standortauswahlverfahren: Neu- und Weiterentwicklung eines bestehenden Codes – OpenWorkFlow, Auftraggeber Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH – BGE, Auftragswert gesamt: 5 Mio. €, Fördersumme für **UFZ**: 4,3 Mio. €, Laufzeit: 2021 – 2024.
- BMBF-DAM (Deutsche Allianz Meeresforschung) Forschungsmission: Marine Kohlenstoffspeicher als Weg zur Dekarbonisierung, Fördersumme **GEOMAR**: 8,3 Mio. €, Laufzeit: 3 Jahre.
- DAM-Forschungsmission: Meere schützen und nachhaltig nutzen, Fördersumme für **GEOMAR**: 2,9 Mio. €, Laufzeit: 2021 – 2023.

A.2.4.1.4.5 Forschungsinfrastrukturen

Im Zuge der Vorbereitungen der neuen Helmholtz-Roadmap zu geplanten Forschungsinfrastrukturen vereinbarten die Gremien des FB EuU eine Strategie und eine zeitliche Priorisierung der geplanten zukunftsrelevanten Infrastrukturvorhaben. Im Juli 2021 wurde die geplante strategische Ausbauinvestition MUSE eingereicht; in den folgenden Jahren sollen die Vorhaben Terra-Lab, SmartCables, Atmo-Sense und UrbENO nacheinander eingereicht werden. Die Projekte AtmoSat und Terra-Lab wurden als Kandidaten für die Antragstellung zur Aufnahme auf die Nationale Roadmap (Kategorie B) vorgeschlagen. MCM GRACE-I wurde als Kandidat für die Beteiligung an internationalen FIS (Kategorie C) vorgeschlagen.

Das GFZ hat mit NASA/JPL, ESA, DLR sowie Airbus zahlreiche (virtuelle) Meetings zur Realisierung einer Next Generation Gravity Mission in Nachfolge der GRACE-FO (Gravity Recovery and Climate Experiment-Follow-On) Mission durchgeführt. Das Ziel der 2018 gestarteten GRACE-FO Mission ist es, präzise globale und hochauflösende Modelle des statischen und zeitvariablen Erdschwerefeldes zu bestimmen.

Es ist geplant, Schlüsselinfrastrukturen, wie die Forschungsschiffe POSEIDON und POLARSTERN, im Laufe der Programmperiode zu ersetzen. Diese Aktualisierung der Infrastruktur wird trotz Verzögerungen aufgrund der Corona-Pandemie mit Hochdruck weiterverfolgt, um das ambitionierte Forschungsprogramm weiterzuführen und durch den Einsatz neuerer Technologie der Nachfolge-Schiffe sogar zu erweitern (vgl. Abschnitt 4.1 des Programmfortschrittsberichts).

A.2.4.1.5 Quantitative Indikatoren

	Einheit	2017	2018	2019	2020	2021	Veränderung 2021 zu 2020 absolut	Veränderung 2021 zu 2020 prozentual
WoS-, SCOPUS oder Open Research Europe indexierte Publikationen	Anzahl	3.487	3.658	3.736	3.987	4.490	503	13%
Open-Access- Publikationen	Anzahl	2.041	2.620	2.351	3.139		-	-
Andere referierte Publikationen (einschließlich Bücher und Buchkapitel)	Anzahl	536	509	421	380	537	157	41%
Drittmittelträge	TEUR	150.529	141.094	149.825	151.031	164.006	12.975	9%
... davon EU	TEUR	21.894	19.286	23.441	25.137	24.643	-494	-2%
ERC Grants - Bestand aktiver Grants zum 31.12.	Anzahl	11	14	16	19	17	-2	-11%
Abgeschlossene betreute Promotionen	Anzahl	254	212	210	186	194	8	4%
Postdocs	Anzahl	575	570	585	552	582	30	5%
Nachwuchsgruppen	Anzahl	47	43	43	42	38	-4	-10%
Ausgewählte koordinierte, nationale und intern. Förderprogramme	Anzahl	120	142	164	187	168	-19	-10%
Kooperationen mit der Wissenschaft	Anzahl	1.414	1.498	1.465	1.423	1.641	218	15%
Kooperationen mit der Wirtschaft	Anzahl	408	410	413	421	363	-58	-14%
Prioritätsbegründende Patentanmeldungen	Anzahl	24	28	12	10	15	5	50%
Kapazität der grundfinanzierten Wissenschaftler:innen	PJ	1.188	1.182	1.240	1.281	1.251	-30	-2%
Kapazität der drittmittel-finanzierten Wissenschaftler:innen	PJ	733	667	684	714	742	27	4%
Summe Wissenschaftler:innen	PJ	1.920	1.849	1.924	1.995	1.992	-3	0%

Kommentierungen zu den dargestellten Erfolgsindikatoren:

Publikationen:

Die Anzahl der Publikationen ist im Vergleich zum Vorjahr um 13% gestiegen. Damit hat sich der Trend der letzten Jahre beschleunigt fortgesetzt. Eine Erklärung für diesen positiven Effekt in 2021 ist die Corona-Pandemie. So wurden im Zusammen mit weggefallenen bzw. verschobenen Expeditionen sowie zeitweilig geschlossenen Laboren vermehrt existierende Daten ausgewertet und dann publiziert. Zudem wurde insgesamt relativ mehr Zeit in Publikationstätigkeiten investiert. Weiterhin wurden in 2021 erstmals auch Publikationen der EU-Plattform Open Research Europe zusätzlich erfasst.

Drittmittelträge:

Die Drittmittelträge sind gegenüber dem Jahr 2020 um fast 13 Mio. Euro angestiegen, dies entspricht einer Steigerung von 9 %. Dabei ist der Anteil der EU-Erträge von der Summe der

Drittmittelerträge leicht zurückgegangen (-2%). Der Gesamtanstieg damit ist also insbesondere durch die Akquisition nationaler Projekte zu erklären.

Abgeschlossene Promotionen:

Die Anzahl der abgeschlossenen Promotionen ist nach einem Tiefstand im ersten Jahr der Pandemie 2020 in 2021 wieder um 4% (von 186 auf 194) angestiegen. Grundsätzlich ist der Effekt zu verzeichnen, dass sich wegen der Pandemie die Abschlüsse von Promotionen wegen zeitweilig geschlossener Labore, dem Ausfall von Expeditionen und anderen Effekten verzögert haben. In 2021 könnte sich damit eine Trendumkehr im Vergleich zu den vorherigen Jahren andeuten.

Grundfinanzierte Wissenschaftler:innen:

Hier gibt es im Vergleich zum Vorjahr keine wesentlichen Veränderungen (-2%). Allerdings gibt es bei den einzelnen Zentren sehr unterschiedliche Entwicklungen von minus 14% bis zu plus 5% Wissenschaftler:innen in 2021 gegenüber 2020.

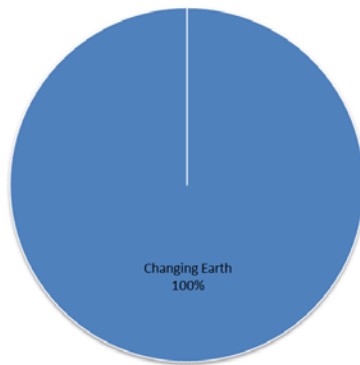
Drittmittelfinanzierte Wissenschaftler:innen:

Die Anzahl der drittmittelfinanzierten Wissenschaftler:innen ist um 27 PJ (entspricht 4%) von 2020 auf 2021 gestiegen. Dies spiegelt im Trend die Steigung bei den Drittmittelerträgen wieder.

A.2.4.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich Erde und Umwelt

Im Forschungsbereich (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, HI-CAM, Fernerkundung, MACE, TERENO, MOSES, Digital Earth, ESM sowie „Resilient Urban Spaces“.

Programmanteil des KIT im FB
Erde&Umwelt



Anteile des KIT am FB Erde&Umwelt

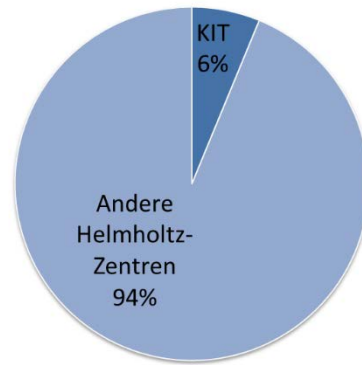


Abbildung 10: Programmanteile des KIT im Forschungsbereich Erde und Umwelt
(Der LK I-Anteil des KIT am Forschungsbereich Erde und Umwelt beträgt 8%.)

Der FB EuU hat die im vorherigen Kapitel dargestellte 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. **ATMOSense** soll hierbei als zentrales Instrument im FB entscheidende Beiträge leisten. Neben *in-situ*-Geräten werden hierfür auch Fernerkundungsnetzwerke sowie Minisatelliten und neuartige Sensoren auf Flugplattformen entwickelt bzw. integriert. **UrbENO** (KIT, FZJ, GFZ, UFZ) verfolgt das Ziel, die Stadtentwicklung als eine der wichtigsten Stellschrauben für eine nachhaltige Klima- und Energiepolitik mittels Aufbau eines integrativen urbanen Observatoriums zu fördern. Als interdisziplinäre Forschungs- und Beobachtungsplattform soll UrbENO eine „Blaupause“ für die Verfolgung, Bewertung und Projektion der Umsetzung (Adaptionsmaßnahmen und Vermeidungsstrategien) der Klimaziele im urbanen Raum darstellen.

Des Weiteren beteiligt sich das KIT an FB-übergreifenden Aktivitäten wie beispielsweise der Entwicklung eines gemeinsamen **Personalkonzepts** für den FB EuU (siehe A.2.1.3.4 – Talentmanagement).

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

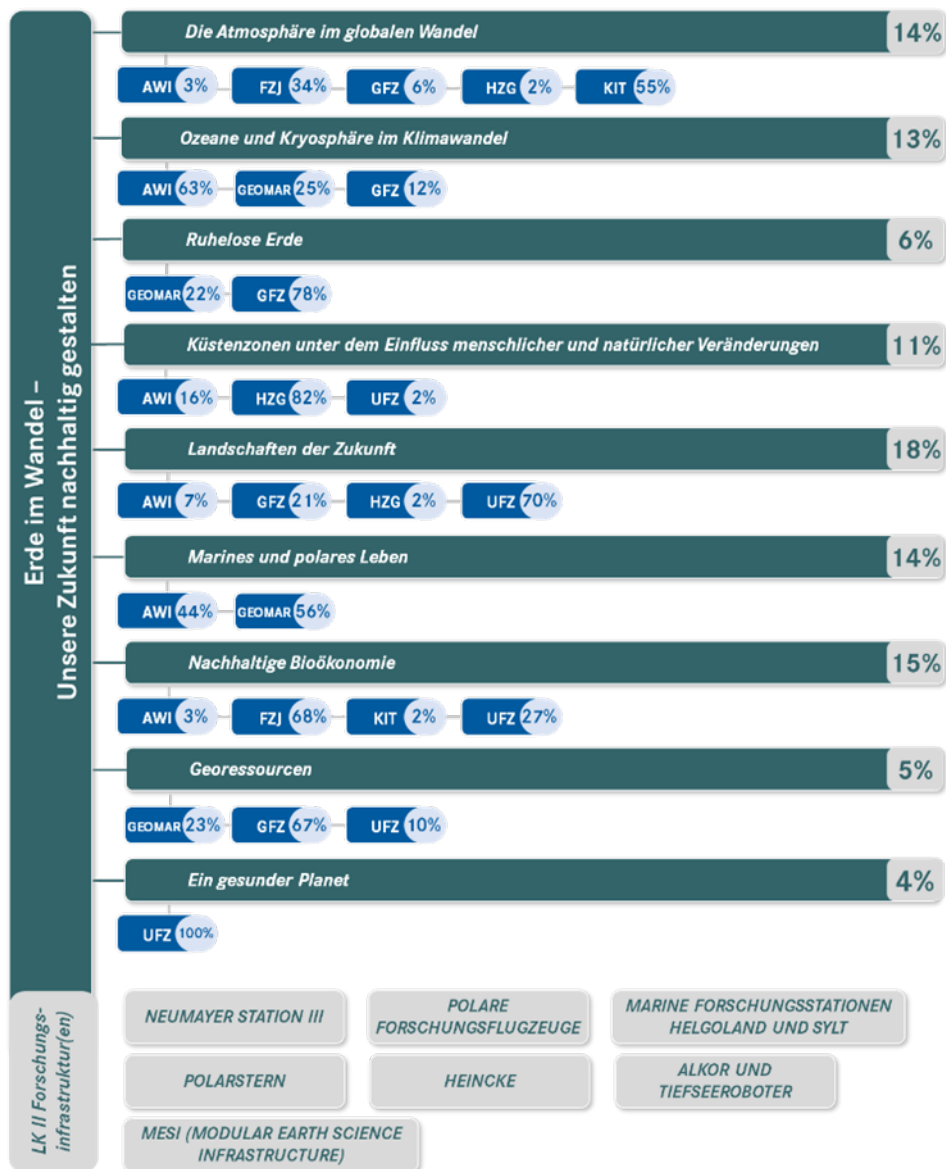
Das Programm „Changing Earth – Sustaining our Future“ (CE) wird zu einem ganzheitlichen Verständnis der Dynamik des Erdsystems, der Wechselwirkungen und Rückkopplungsmechanismen zwischen den Kompartimenten der Erde über Zeit und Raum hinweg beitragen. Die bisherigen Forschungsergebnisse haben gezeigt, 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 Entscheidungsträger und -trägerinnen 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

- Kompartiment übergreifende 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 Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen 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 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



Das CE-Programm 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)

Thema 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 geplanter Klimaschutz-Strategien. Topic 1 hat/wird dazu Beobachtungs- und Modellierungslösungen für verbesserte atmosphärische Vorhersagen und regionale Klimaprojektionen mit einer noch nie dagewesenen Auflösung in einem "Whole Atmosphere"-Ansatz entwickeln, um ganze Prozess- und Ereignisketten von den Triebkräften des globalen Wandels / extremer Ereignisse bis hin zu ihren

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. Harry Vereecken)

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. 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 in diese Richtung. 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)
- Atmosphärensensorik (mit DLR, RF Aeronautics/Space/Transport)

A.2.4.3.2 Wissenschaftliche Highlights des Topics

Topic 1: Die Atmosphäre im globalen Wandel

Highlight 1: Wie organische Säuren in der Atmosphäre entstehen

Der Säuregehalt der Atmosphäre wird zunehmend durch Kohlendioxid und organische Säuren bestimmt. Zu den letzteren gehört die Ameisensäure HCOOH , welche die Keimbildung von Wolkentröpfchen erleichtert und zum Säuregehalt von Wolken und Regenwasser beiträgt. Gegenwärtig wird die atmosphärische Belastung durch Ameisensäure in Chemie-Klima-Modellen stark unterschätzt. Neue Atmosphären-Kammerexperimente zeigen, dass Formaldehyd HCHO über einen mehrphasigen Weg effizient in gasförmige Ameisensäure umgewandelt wird. Mithilfe eines neuen Chemie-Klima-Modells wurde abgeschätzt, dass diese neue Quelle

bis zu viermal mehr Ameisensäure erzeugt als alle anderen bekannten chemischen Quellen zusammen.

B. Franco, T. Blumenstock, C. Cho, L. Clarisse, C. Clerbaux, P.-F. Coheur, M. De Mazière, I. De Smedt, H.-P. Dorn, T. Emmerichs, H. Fuchs, G. Gkatzelis, D. W. T. Griffith, S. Gromov, J. W. Hannigan, F. Hase, T. Hohaus, N. Jones, A. Kerkweg, A. Kiendler-Scharr, E. Lutsch, E. Mahieu, A. Novelli, I. Ortega, C. Paton-Walsh, M. Pommier, A. Pozzer, D. Reimer, S. Rosanka, R. Sander, M. Schneider, K. Strong, R. Tillmann, M. Van Roozendael, L. Vereecken, C. Vigouroux, A. Wahner, and D. Taraborrelli (2021): Ubiquitous atmospheric production of organic acids mediated by cloud droplets. *Nature*, 593(7858):233–237. ISSN 1476-4687. doi:10.1038/s41586-021-03462-x. URL: <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03462-x>

Highlight 2: Satellitenbeobachtungen polarer Stratosphärenwolken und ihrer Rolle beim Ozonverlust

Polare Stratosphärenwolken (engl. Polar Stratospheric Clouds, PSCs) spielen eine wesentliche Rolle bei der Ozonerstörung und Ozon-Klimawechselwirkungen. Neueste, flächendeckende und parallele Messungen der satellitengestützten Instrumente MIPAS (Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding, KIT geführt), MLS (Microwave Limb Sounder, NASA JPL) und CALIOP (Cloud-Aerosol Lidar with Orthogonal Polarization, CNES/NASA) führen nun zu einer bisher nicht vorhandenen Fülle und Qualität an PSC-Beobachtungen. Diese Datensätze liefern neue Erkenntnisse über das Auftreten und die Zusammensetzung von PSCs und tragen zu einer verbesserten Validierung von skalenübergreifenden und globalen Modellen bei. Durch eine verbesserte Repräsentation von PSCs in Modellen werden auch Vorhersagen und Projektionen genauer. Relevant ist dabei, wie schnell sich die stratosphärische Ozonschicht von den menschlichen Einflüssen erholt und welche Wechselwirkungen dabei mit dem fortschreitenden Klimawandel auftreten. Ein experimentelles Highlight im gleichen Kontext ist der erfolgreiche Einsatz des neu entwickelten GLORIA-Balloninstruments (ca. 35 km Flughöhe) im August 2021 im Rahmen einer Messkampagne in Nordschweden.

Tritscher, I., Pitts, M. C., Poole, L. R., Alexander, S. P., Cairo, F., Chipperfield, M. P., Groß, J.-U., Höpfner, M., Lambert, A., Luo, B.P., Mollenker, S., Orr, A., Salawitch, R., Snels, M., Spang, R., Woiwode, W. and T. Peter (2021): Polar stratospheric clouds: Satellite observations, processes, and role in ozone depletion. *Reviews of Geophysics*, 59, e2020RG000702, doi: 10.1029/2020RG000702. URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020RG000702>

A.2.4.3.3 Stand der Umsetzung des Topics und seiner Senatsempfehlungen

Senatsempfehlungen:

- Zusammen mit den Stakeholdern sollen Fallstudien für lösungsorientierte Forschung definiert werden. (**Topic 1**)

Die frühzeitige und aktive Einbeziehung von Interessengruppen bereits zu Beginn der Forschungsprojekte ist eine Voraussetzung für nachhaltige Lösungsansätze. Wie im PoF IV-Antrag dargelegt, haben wir das Prinzip der „stakeholder inclusion“ weitgehend aufgenommen. In PoF IV wird dieser Ansatz konsequent weiterverfolgt, mit Akteuren und Akteurinnen aus dem wissenschaftlichen, öffentlichen und wirtschaftlichen Bereich. So hat das Topic 1 (zusammen mit Topic 5) 2021 die Koordinierung der „case study urban“ im Rahmen der Synthese-

Plattform des Forschungsbereichs Erde und Umwelt (SynCom) übernommen. Ein weiteres Beispiel für lösungsorientierte Forschung zusammen mit Stakeholdern aus der Industrie ist der „Umzug“ (2019-2022) des IAGOS-CARIBIC-Projekts auf einen neuen Airbus 350 - mit Beteiligung u.a. von Airbus, Enviscope und Lufthansa (LH) von Beginn an. Zusammen mit den Industriepartnern wurden innovative Lösungen entwickelt, die die Anforderungen der wissenschaftlichen Erfassung des Klimawandels (Messung, Datensammlung) mit den Regularien eines sicheren Flugbetriebes verbinden.

- *Es wird erwartet, dass die Modellierungsaktivitäten des **Topic 1** entsprechend der Strategie zur Erdsystemmodellierung innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft und in Deutschland weiterentwickelt werden.*

Das Programm ATMO in der PoF III, welches in der PoF IV im Topic 1 „The Atmosphere in Global Change“ aufgegangen ist, beinhaltete bereits umfangreiche Modellierungsaktivitäten. Basierend auf diesen wurde eine Modellierungsstrategie entwickelt, welche sowohl eine gewisse Vielfalt zuließ als auch Fokussierungspotential aufzeigte. In der Übergangsphase von der PoF III zur PoF IV wurden im Rahmen verschiedener Projekte die Themen „Digitalisierung“ und „Modellierung“ über die im FB EuU beteiligten Zentren hinweg ausgebaut – dazu gehörten „Digital Earth“ (DE) und „Advanced Earth System Modelling Capacity“ (ESM) mit Beteiligung des DLR, und zusätzlich kleinere Projekte im Rahmen des Helmholtz-Inkubators. Beide Projekte (DE und ESM) sind nun als Querschnittsthemen in der PoF IV verankert. Aktuelle Modellierungsaktivitäten im Topic 1 sind gemäß der Modellierungsstrategie mit einer bewusst gewählten thematischen Breite angelegt (z.B. Ökosystemmodellierung mit LPJ-GUESS), wobei im Bereich der atmosphärischen Modellierung – auch unter Berücksichtigung der Luftzusammensetzung (Aerosol, Ozon, Stickoxide ...) – eine kontinuierliche Fokussierung auf ICON(-ART) stattgefunden hat, auch bzgl. einer Beteiligung an der Governance und dem Gatekeeping, und einer engen Partnerschaft mit dem DWD. Das strategische Ziel ist dabei, eine noch engere Zusammenführung von Messdaten und (im Rahmen eigener Entwicklungen verbesserter) Modelle zu erreichen. Dazu gehört die Konstruktion von flexiblen Vorwärtsoperatoren und Validierungsarbeitsflüssen, Formen der „Source-Receptor“-Modellierung, bis hin zur vollständigen Datenassimilation. Insbesondere bei den Modellentwicklungsaktivitäten gibt es einen engen Austausch mit dem FB Information (z.B. gemeinsames Gatekeeping bei ICON-ART, und numerische Aspekte die im JL ExaESM bearbeitet werden) und eine sich entwickelnde Anbindung an das Nationale Hochleistungsrechnen (NHR). Auf diesen Grundlagen findet auch die Mitwirkung am Prozess der nationalen ESM-Strategie statt. Gleichzeitig liefert das Topic 1 wichtige Beiträge zum Aufbau der Nationalen Forschungsdaten-Infrastruktur für Erdsystemforschung (NFDI4Earth), welche Forschende in Deutschland und darüber hinaus vernetzt.

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 in 2021 belegen. Nachfolgend sind einige dieser Maßnahmen kurz skizziert:

Die Förderung bzw. Weiterbildung von Doktoranden und Doktorandinnen erfolgt koordiniert über die Helmholtz-Graduiertenschulen GRACE („Graduate School for Climate and Environment“) am KIT in Karlsruhe und das IFU Graduate Program am Campus Alpin in Garmisch-Partenkirchen. Im Dezember 2021 fanden die sogenannten „ATMOchange PhD Days“ statt (eine bereits in PoF III jährlich geplante mehrtägige Maßnahme), an denen 26 Doktoranden und Doktorandinnen der fünf am Topic 1 beteiligten Zentren teilnahmen. Die Veranstaltung wurde virtuell durchgeführt und mit den Doktoranden und Doktorandinnen gemeinsam konzipiert. Ziel dieser Veranstaltung ist es, die Doktoranden und Doktorandinnen in die Programmaktivitäten zu integrieren und ihnen die Möglichkeit zu bieten, sich über Zentren hinweg zu vernetzen. Des Weiteren können sich die Doktoranden und Doktorandinnen auch zu einem von ihnen ausgesuchten Thema weiterbilden. In diesem Zusammenhang wurde in 2021 auch ein Workshop zum Thema Stressmanagement von einer externen Expertin eingebunden. Die o.g. Erfahrungen sind seit Juni 2021 in das PhD-Kolleg des HEPTA-Projekts („Helmholtz European Partnership for Technological Advancement“), eine Kooperation des KIT mit der Aristoteles Thessaloniki Universität (Griechenland), eingeflossen und mit Projekt-spezifischen Maßnahmen ergänzt worden. Zielsetzung des moderierten monatlichen Austausches 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 zentrums-übergreifenden Bausteine geplant. Mit Maßnahmen für die Nachwuchswissenschaftler und -wissenschaftlerinnen auf unterschiedlichen Karrierestufen (Doktoranden und Doktorandinnen, Postdocs, Führungskräfte) sowie Mitarbeitende im Wissenschaftsmanagement und Personalentwicklungsabteilungen sollen die bestehenden sehr etablierten Programme des KIT ergänzt und erweitert werden.

In Ergänzung zu den zahlreichen bestehenden Aktivitäten des KIT. Im Bereich der Chancengleichheit wurde speziell im FB EuU am KIT im Rahmen der Initiative des KIT Gender Equity 1 das Projekt „Wandel der Institutskultur durch konkrete und passgenaue Änderungen von institutsinternen Abläufen“ gestartet, welches einen wichtigen Beitrag zur strukturellen Unter-
setzung von mehr Chancengleichheit und Wertschätzung von Diversität leisten wird.

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, B4-CE/PL) zusammenarbeiten. Die Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit bestehenden Förder- und Weiterbildungsmöglichkeiten, aber darüber hinaus auch mit deren forschungsbereich-spezifischen Weiterentwicklung sowie ergänzenden Maßnahmen. Als Basis für die weitere Bedarfsermittlung wurde im Dezember 2021 am IMK (unter Einbindung von SEK, Personalrat und Datenschutz) eine Online-Umfrage durchgeführt. Daran nahmen mehr als 80 Personen teil. Aktuell werden die Ergebnisse ausgewertet.

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 80 in 2021 laufenden Verbundprojekte mit Partnern aus der Wissenschaft (z.B. ETH Zürich, TU Wien, Universität Gießen, Omar Bongo University, TU Dresden, University of Manchester, University of Oxford, University of Helsinki, CNRS) und die zahlreichen Kooperationen mit Industriepartnern (z.B. E.ON Energie AG, EDI GmbH, Lufthansa, BASF, SpaceOptix, AXA, Sparkassen-Versicherung, Bruker). Ein Beispiel dieser bestehenden Kooperationen wird nachfolgend näher beschrieben.

KIT ist Partner des internationalen, von der EU geförderten EDIPI-Konsortiums („European Weather Extremes: Drivers, Predictability, and Impacts“). EDIPI verfolgt das Ziel, mit Hilfe einer verbesserten Ausbildung das ganzheitliche Verständnis von Wetterextremen über Europa zu verbessern. Die Ausbildung von Wetterexperten und -expertinnen zielt darauf ab, ein physikalisches Grundverständnis von Wetterextremen mit praktischem Wissen über Vorhersagbarkeitswerkzeuge zu kombinieren und gleichzeitig die Kommunikationsmöglichkeiten zu entwickeln.

Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft

Eine zentrale Informationsschnittstelle zwischen Wissenschaft und der Öffentlichkeit, Kommunen bzw. Industrie des FB EuU/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. Entsprechend der Empfehlungen aus der Begutachtung 2019 wird der Fokus noch stärker auf den Austausch mit ausgewählten Stakeholdern gelegt mit dem Ziel, bedarfsorientierte Service-Leistungen anzubieten. In diesem Sinne wurde 2021 das bestehende Service-Angebot mit einer Workshop-Reihe zum regionalen Klimaschutz in Zusammenarbeit mit der kommunalen Verwaltung und kommunalen Unternehmen erweitert. Ein weiteres wichtiges und herausragendes Element des Wissenstransfers am KIT stellt das „Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM)“ dar – 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.

Im Bereich natürlicher Extremereignisse kann die Forschung am KIT im CE-Programm auf eine langjährige Kooperation und Kommunikation mit Industriepartnern, wie Versicherungen, aufsetzen. Ein herausragendes Beispiel für einen erfolgreichen Wissenstransfer an dieser Schnittstelle war der mehrtägige virtuelle Workshop im März 2021 zum Thema Hagel, der gemeinsam mit der Universität Bern, MeteoSchweiz und dem DWD organisiert wurde. Hierbei nahmen mehr als 180 internationale Experten und Expertinnen teil, die über die aktuellen Herausforderungen für Wetterdienste, Versicherungsgesellschaften und Ingenieurbüros (z.B. Hagelschäden und Schadensprävention) und mögliche Lösungsansätze diskutierten.

Seit September 2021 setzt der DWD für die operationelle Pollenflugvorhersage das Modellsystem ICON-ART ein. ICON-ART, welches von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern am Institut für Meteorologie und Klimaforschung des KIT entwickelt wurde, berücksichtigt sowohl die Pollenemission als auch den Pollentransport. Wichtige Beiträge bei der Bereitstellung der Landnutzungsdaten, der Operationalisierung und dem Modelltuning lieferte der Schweizer Wetterdienst. Dies ist ein Beispiel, wie die Atmosphärenwissenschaften am KIT die Medizin und Gesundheitsversorgung unterstützen.

Zur weiteren Verknüpfung der Kompetenzen des KIT im Bereich „Wissens- und Technologietransfer“ wurde am KIT Ende 2021 die Arbeitsgruppe „FB-EU/KIT Transfer“ gegründet. Hier wird die Expertise aus unterschiedlichen Abteilungen des KIT (Verwaltung, Wissenschaft, Management) zusammengebracht, Zielgruppen und Defizite identifiziert sowie koordiniert neue Maßnahmen entwickelt bzw. implementiert.

Drittmittelinwerbung

Die Helmholtz-Programmforschung wird durch Drittmittelprojekte thematisch ergänzt und in seinen Kapazitäten erweitert. Der FB EuU/KIT hat in 2021 etwa 12 Mio. Euro Drittmittel eingeworben. Derzeit sind 66 Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen über externe Finanzquellen finanziert, was knapp 40% der Kapazität ausmacht. Nachfolgend werden drei Beispiele für erfolgreiche Drittmittelinwerbungen in 2021 gezeigt.

Im Rahmen des BMBF-Projekts ITMS („Integriertes Treibhausgas-Monitoringsystem“) startete in 2021 das erste Projektmodul zur Modellierung. Das Modul wird über vier Jahre mit ca. 4 Mio. Euro gefördert. Projektpartner des KIT sind das Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena, der DWD und die Universität Heidelberg. Der Aufbau des in ITMS geplanten Monitoringsystems ermöglicht, die Quellen und Senken der drei wichtigsten langlebigen Treibhausgase operationell und mit Hilfe unabhängiger Messungen zu kontrollieren. Verschiedene Communities (u.a. Modellierung und Messung/Beobachtung) werden in diesem Projekt zusammenarbeiten. Des Weiteren startete in 2021 das BMBF-Projekt ACTRIS-D. Das Projekt läuft bis 2029 und wird mit insgesamt 86 Mio. Euro gefördert. Das KIT erhält davon 15 Mio. Euro. ACTRIS-D ist der deutsche Beitrag zur im Aufbau befindlichen ESFRI-EU Infrastruktur ACTRIS („Aerosols, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure“). In ACTRIS werden auf europäischer Ebene die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Klimaprozessen erforscht – mit Schwerpunkt auf Aerosolen, Wolken und Spurengasen. Das KIT ist mit Beobachtungs-/Simulationsplattformen in Garmisch-Partenkirchen, Zugspitze und Karlsruhe sowie dem Betrieb eines zentralen (EU-weiten) Zertifizierungszentrums einer der maßgeblichen deutschen Partner. Ein weiteres Beispiel für die erfolgreiche Einwerbung eines Drittmittelprojekts ist das Projekt PAUL („Pilot Application in Urban Landscapes“), das im Rahmen des EU-Forschungs- und Innovationsprogramms HORIZON 2020 mit 13 Mio. Euro für fünf Jahre gefördert wird. Die Fördersumme, die das KIT erhält, beträgt 657 TEuro. Ziel von PAUL ist die Entwicklung von systematischen Beobachtungen, um das Niveau der Treibhausgasemissionen in städtischen Gebieten zu überwachen. Hierzu sind Pilotstudien in Paris, Zürich und München geplant.

A.2.4.3.5 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2021 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2021. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2021.

A.2.4.4 Strategische Initiativen

A.2.4.4.1 MOSES

Die Entwicklungs- und Einrichtungsphase des FB-übergreifenden Beobachtungssystems MOSES wurde 2021 erfolgreich abgeschlossen. Mit dem mobil und modular einsatzfähigen Messsystem können nun hochdynamische Prozesse wie Wetterextreme von ihrer regionalen Entwicklung bis zu den direkten Folgen mit einem konsequent systemübergreifenden Einsatzkonzept erfasst werden. Solche Datensätze werden dringend benötigt, um die Auswirkungen des Klimawandels besser zu verstehen und Anpassungsstrategien zu entwickeln. Als abschlie-

ßende und umfangreichste Messkampagne der MOSES-Aufbauphase wurde 2021 die Swabian MOSES-Kampagne durchgeführt, die vom KIT koordiniert wurde. Diese im Südwesten Deutschlands durchgeführte Messkampagne konzentrierte sich auf zwei hydrometeorologische Extreme, die nicht nur für das Untersuchungsgebiet von großer Relevanz sind: Lokalskalige konvektive Zellen (Gewitter), die mit Starkregen und Hagel verbunden sind, und großräumige Hitzewellen sowie die damit verbundenen Dürren. Neben dem KIT nahmen u.a. die Helmholtz-Zentren UFZ und FZJ sowie der DWD, das DLR, die TU Braunschweig, die Universität Hohenheim und die Eberhard-Karls-Universität Tübingen teil. Swabian MOSES lieferte einzigartige Messergebnisse zur Entstehung von Starkniederschlägen und Sturzfluten (z.B. während eines Supercellengewitters am 23. Juni 2021 in Rottenburg am Neckar).

A.2.4.4.2 TERENO

TERENO führt in vier Observatorien Langzeitbeobachtungen zur Untersuchung des Einflusses des globalen Wandels auf terrestrische Ökosysteme durch. Seit 2008 wurden mehr als 1050 Publikationen veröffentlicht. Für 2021 werden über 160 Publikationen erwartet, mit einem hohen Anteil externer Publikationen. Dies liegt daran, dass die Daten immer attraktiver für die Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels auf terrestrische Systeme werden. Außerdem werden mittlerweile mehr als 2 Milliarden Datensätze über das TEODOOR-Datenportal kostenlos bereitgestellt, was zu einem deutlichen Anstieg der heruntergeladenen Datensätze führte. Seit 2013 wurden insgesamt 34.700 Downloads mit einem Gesamtvolumen von 1,5 Milliarden Datensätzen registriert. Das KIT betreibt seit 2008 das TERENO Voralpen-Observatorium und untersucht dabei Wasser, Energie und Stoffflüsse unterschiedlich bewirtschafteter Grünlandssysteme. In 2021 wurden die erhobenen Langzeitdaten stark nachgefragt und im Rahmen von internen aber auch externen Modellierungs- und Szenarienstudien verwendet und publiziert. Durch die Weiter-Förderung des an das TERENO-Observatorium angebundenen SUSALPS-Projekt wurden die Kontakte zu Universitäten, Behörden und Stakeholdern aus dem landwirtschaftlichen Sektor weiter ausgebaut.

A.2.4.4.3 Resilient Urban Spaces

Das Thema urbane Räume und ihre nachhaltige Entwicklung ist eines der zentralen Handlungsfelder der Bundesregierung. Der FB EuU hat sich die systemische Forschung zu Nachhaltigkeit im urbanen Gebiet zum Ziel gesetzt. Im Juli 2021 bekam das Thema der Entwicklung nachhaltiger Räume durch niederschlagsbedingte Zerstörungen an Infrastrukturen und Gebäuden in mehreren Bundesländern und insbesondere vielen Verletzten, Vermissten und Toten in bisher unvorstellbarem Ausmaß ungewollt große Aufmerksamkeit. Aktuell wird ein Projekt vorbereitet, das auf der Helmholtz-Klima-Initiative aufbaut und sich „hochaufgelösten Prognosesystemen für hydrologische Extremereignisse in kleinen und mittleren Einzugsgebieten Deutschlands“ widmen wird. Dabei soll ein Starkregen-Prognosesystem für mittlere und kleine Einzugsgebiete erstellt werden, das einerseits als Frühwarnsystem in der Lage ist, eine für eine Evakuierungs- oder Sicherheitsentscheidung aussagefähige Aussage mit mindestens 24 Stunden Vorlaufzeit zu liefern und das andererseits als Risikobewertungssystem eine vorausschauende Infrastruktur- und Sicherheitsplanung in den potentiell besonders betroffenen Gebieten in Deutschland erlaubt.

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. Um die in weiteren Topics vorhandenen, aber sehr unterschiedlichen Erfahrungen synergetisch zu nutzen, wurde im Rahmen der General Assembly im November 2021 das Pilotprojekt der SynCom Cities and Climate Change unter Federführung des KIT und UFZ ins Leben gerufen. Die Expertise aus den verschiedenen Stakeholder-Prozessen soll hier zusammengeführt und kritisch reflektiert werden. Darauf aufbauend werden Indikatoren und Kriterien für eine effiziente und effektive Zusammenarbeit mit einer Reihe von Stakeholdern aus den Bereichen Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft sowie den Medien entwickelt. Dies wurde im SynCom-Pilotprojekt begonnen und wird später in einer übergeordneten Arbeitsgruppe weitergeführt. Die CARF „Resilient Urban Spaces“ und das SynCom-Pilotprojekt „Cities and Climate Change“ werden gemeinsam parallel entwickelt, jedoch mit unterschiedlichen Schwerpunkten: Während in der CARF breiter angelegte wissenschaftliche Fragen beantwortet werden sollen, wird die Einbeziehung von Interessengruppen des urbanen Bereichs über SynCom vollzogen. Geplant ist ein gemeinsamer Workshop der CARF und des Pilotprojekts der SynCom im Mai 2022.

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). Aufbauend auf bestehenden Kooperationen wurde 2021 ein Whitebook entwickelt, das potentielle Kooperationen zusammenfasst. Strukturell wird die CARF durch eine Anfang 2021 etablierte Steering Group unterstützt, die 2021 zweimal tagte. Das KIT bringt verschiedene laufende Aktivitäten in die CARF ein: Auf dem Gebiet der Instrumentenentwicklung vor allem GLORIA, im Bereich der Fernerkundungsnetzwerke CoCCON und NDACC sowie von Validierungsstationen für Landoberflächentemperatur, verschiedene bodengebundene integrierte Messungen von Wolken, und Arbeiten mit operationellen meteorologischen Satellitensystemen.

A.2.4.4.5 Extremes

Extremereignisse, die durch atmosphärische, geosphärische, geologische oder ozeanische Störungen verursacht werden, stellen eine potentielle 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 Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen FB-übergreifend mit dem Thema Frühwarnsysteme. Aktuell wird die Bearbeitung der Themen der CCA Extremes mit den bereits gestarteten Arbeiten im Forschungsprogramm abgestimmt. Am KIT fanden 2021 zwei sehr wichtige internationale Tagungen über Naturgefahren und Vorhersagbarkeit statt, die unter der Leitung von Wissenschaftlern und-wissenschaftlerinnen am KIT durchgeführt wurden: Im März fand der dritte internationale Hagelworkshop in hybrider Form statt, während im September ein internationaler Workshop über blockierende Hochdrucklagen durchgeführt wurde (beide unter Federführung des KIT). Das KIT ist ergänzend einer der Pls des Helmholtz Innopool-Projekts SCENIC „Storyline Scenarios of Extreme Weather, Climate, and Environmental Events along with their Impacts in a Warmer World“ (2022-2024).

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. Das Thema regionaler Fingerprints wurde 2021 im Bereich Meeresspiegelanstieg angegangen, hier ist REKLIM auch Mitinitiator eines ThinkTanks der SynCom. Zur Untersuchung von Extremereignissen gibt es Ansätze auf unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen, hier gibt es Anknüpfungspunkte zur CCA Extremes. Im Wissenstransfer hat REKLIM zusammen mit WWF Deutschland und Uni Hamburg 2021 ein BMUV-Projekt im Rahmen der NKI (nationale Klimaschutzinitiative) zur Multiplikatorenausbildung im regionalen Klimaschutz eingeworben. Die REKLIM Koordinationsstelle ist am AWI beheimatet, jedoch ist der gewählte wissenschaftliche Koordinator am KIT beschäftigt. In der nun an die PoF IV angepassten Struktur der REKLIM „Research Themes“ (RT) stellt das KIT einen der Themensprecher für den Bereich der Luftzusammensetzung (RT4).

A.2.4.4.7 DataHub

Der DataHub ist eine zentren-übergreifende Initiative, die in der Übergangsphase von der PoF III zur PoF IV gestartet wurde und im Antrag zur PoF IV als eine integrative Initiative des gemeinsamen Programms des FBs Erde und Umwelt definiert ist. Ziel der Initiative ist es, die Daten des FBs Erde und Umwelt den FAIR-Prinzipien folgend für alle zugänglich zu machen. Zur Erreichung dieses Ziels wird in drei aus den Kompartimenten des Erdsystems gebildeten SubHubs (ATMO, MARE, TERRA) - die durch (methodische) Querschnitts-Arbeitskreise (AKs) gestützt werden - an diversen Herausforderungen des Forschungsdatenmanagements gearbeitet. Durch die Steuerungsgruppe (SG), die Arbeitskreise (AK) und gemeinsamen Workshops wird das Zusammenwachsen der SubHubs zum gemeinsamen DataHub kontinuierlich vorangebracht. Die Entwicklung sogenannter „thematic viewer“ sowie die Einrichtung eines gemeinsamen Portals bildet die nach außen gerichtete Darstellung des DataHubs, welches alle drei SubHubs umfassen soll. Somit dient der DataHub auch der Verbreitung der Daten über die Helmholtz-Gemeinschaft hinaus und ist ein Beitrag in die NFDI und insbesondere zu NFDI4Earth. Am KIT befasst sich die AG IMK Datenmanagement mit der Umsetzung der gemeinsam erarbeiteten Ziele im Sinne des DataHubs.

A.2.4.4.8 Innovationspool

Bei dem Projekt ESM, an dem acht Helmholtz-Zentren beteiligt sind, stehen die Erdsystemmodellierung und die Diagnose von Erdsystemmodellen im Fokus. Im Jahr 2021 hat ESM durch den Innovationspool eine abschließende Förderung erhalten, die genutzt wurde, um einige wichtige Arbeiten fortzuführen bzw. fertigzustellen. In 2021 wurden die wegweisenden Ergebnisse in insgesamt 34 Publikationen (peer-reviewed) veröffentlicht, davon auch vier in „high impact“ Zeitschriften. Am KIT wurden zum Beispiel Ergebnisse einer hochaufgelösten, sogenannten genesteten Simulation zur Untersuchung des Einflusses von polaren stratosphärischen Wolken auf das Ozonloch über der Antarktis publiziert (Weimer et al., 2021, <https://doi.org/10.5194/acp-21-9515-2021>). Im Rahmen von ESM beteiligen sich die Modellierenden auch weiter an der Entwicklung und Umsetzung der nationalen ESM-Strategie.

Digital Earth (DE) ist ein Projekt zur Verknüpfung und Integration von geowissenschaftlichen Konzepten, Daten (aus Sensoren & Modellen), und Analysesoftware auf Grundlage digitaler, Informatik-basierter Ansätze und Technologien. 2021 konnten weitere Anwendungsfälle hinzugefügt und bestehende ausgebaut werden. Die Webseite wurde erweitert und Anwendersoftware zugänglich gemacht. Ein Konzept für die Implementierung von DE-Inhalten in PoF IV wurde erstellt, wobei Schnittstellen zum DataHub EuU als Instrument der Digitalisierungsstrategie des FBs definiert wurden. Das Konzept sowie ausgewählte Ergebnisse des Projektes werden in einem in 2022 bei Springer Nature erscheinenden Buches „Integrative Data-Driven Science - Changing the Landscape in Earth System Science“ veröffentlicht werden. Highlights am KIT waren zusätzlich die weitergeführten Untersuchungen zur Nutzung des Mobilfunknetzes für die Untersuchung von Regenereignissen (Graf et al., 2021, <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100883>) sowie der dritte Platz von Christian Scharun im internationalen Falling Walls Lab-Wettbewerb.

A.3 Programmungebundene Forschung

A.3.1 Zusätzliche Themen innerhalb von Programmen

Entfällt.

A.3.2 Themen außerhalb von Programmen: Themennennung

Entfällt.

A.4 Wissens- und Technologietransfer (LK III)

Einleitung

Das KIT begreift den Transfer als übergreifendes Handlungsfeld, in dem es seine Aktivitäten in Forschung, Lehre und Innovation mit der Gesellschaft verknüpft. 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 kritisch unter ethischen Gesichtspunkten zu hinterfragen. 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)“.

Seit 2020 war das KIT an der Entwicklung der Transfermission und -strategie der Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft beteiligt, die am 5. November 2021 unter dem Titel „Transfer zwischen Forschung und Anwendung“ veröffentlicht wurde. Neben übergreifenden Zielen, Instrumenten und Maßnahmen, haben die Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft darüber hinaus jeweils eine spezifische Mission und Strategie formuliert.

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.“

Bei der Fusion der Vorgängereinrichtungen Universität Karlsruhe (TH) und Forschungszentrum Karlsruhe (FZK) zum KIT im Jahr 2009 wurde Innovation neben Forschung und Lehre als Kernaufgabe im KIT-Gesetz verankert und seine herausgehobene Bedeutung für die Einrichtung explizit als Aufgaben- und Handlungsrahmen formuliert. In der Mission des KIT ist explizit formuliert: „Durch unsere Innovationstätigkeit schlagen wir die Brücke zwischen Erkenntnis und Anwendung zum gesellschaftlichen Nutzen, wirtschaftlichen Wohlstand und Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlagen.“ Innovation ist das Handlungsfeld 4 der Dachstrategie KIT 2025 und 2017 hat das KIT seine Innovationsstrategie mit fünf Themenfeldern verabschiedet. Das KIT erweitert seit 2021 das „Handlungsfeld 4 Innovation“ seiner Dachstrategie KIT 2025 zum „Handlungsfeld 4plus Transfer“. 2021 wurde der umfassende Transferbegriff (Wissens- und Technologietransfer) auch im KIT-Weiterentwicklungsgesetz verankert.

Der amtierende Vizepräsident für Innovation und Internationales des KIT, Prof. Dr. Thomas Hirth, hat im Rahmen seiner Wiederwahl 2020 insbesondere den Ausbau des Wissenstransfers und des Dialogs mit der Gesellschaft auf die Agenda seiner zweiten Amtszeit gesetzt. Das

Ressort und entsprechend auch die Amtsbezeichnung wurden beginnend mit der zweiten Amtszeit des Vizepräsidenten ab 1. Januar 2022 in konsequenter Anpassung an die Erweiterung des Handlungsfeldes 4 Innovation von Innovation und Internationales in *Transfer und Internationales* umbenannt.

Im Rahmen der Antragstellung für den Exzellenzuniversitätsantrag 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) und ausgewählte Instrumente des KIT für den Transfer.

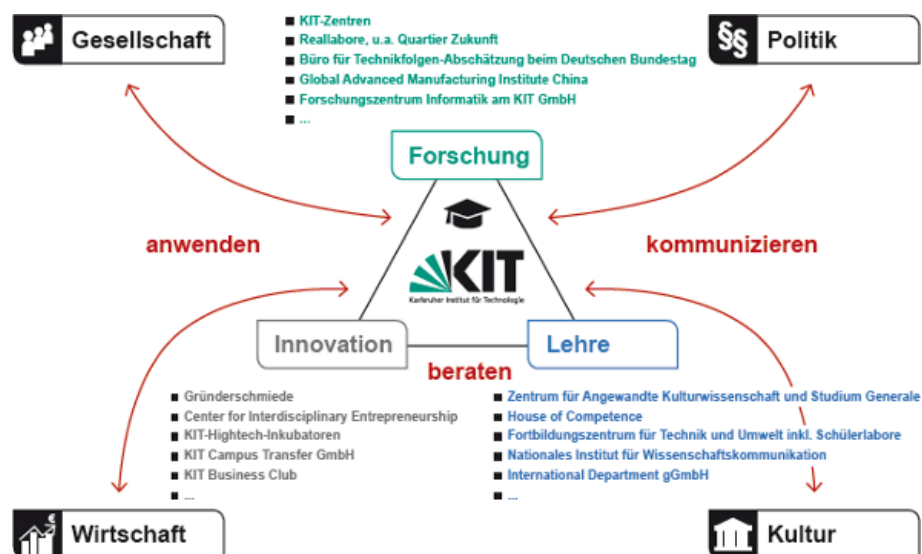


Abbildung 11: Ausgewählte Transferinstrumente des KIT

Von 2020-2022 hat das KIT als Helmholtz-Zentrum intensiv im Projekt „Transferbarometer“, ein gemeinsames Projekt von Stifterverband und Helmholtz-Gemeinschaft, das durch die Stiftung Mercator und Stiftung van Meeteren gefördert wurde, mitgewirkt. Beim Transferbarometer handelt es sich um einen Ansatz zur Darstellung und Erfassung der unterschiedlichen Transferprofile von Wissenschaftseinrichtungen. Hierzu wurde ein Baukasten, der sowohl die institutionellen Voraussetzungen als auch die Indikatoren für Transfer umfasst, entwickelt und im Rahmen von zwei Testerhebungsphasen erprobt. Mit dem Transferbarometer-Baukasten können nun Wissenschaftseinrichtungen ihre Transferaktivitäten kategorisieren, ihr Transferprofil reflektieren und Indikatoren für die Erfassung und Darstellung einzelner Transferfelder zusammenstellen. Der Aufbau kann der folgenden Abbildung entnommen werden.



Abbildung 12: Baukasten des Transferbarometers

Die institutionellen Voraussetzungen und Transferfelder werden über Indikatoren-Sets erfasst. Diese bestehen aus Kernindikatoren und optionalen Indikatoren. Während die Kernindikatoren eine komprimierte Darstellung eines Transferfeldes mit hoher Aussagekraft ermöglichen, erfassen die optionalen Indikatoren das Transferfeld in größerer Detailtiefe. Das Projekt „Transferbarometer“ wurde am 20. Januar 2022 mit einer großen Abschlusskonferenz in Anwesenheit von Vertreterinnen und Vertretern des BMBF abgeschlossen.

Neben dem Technologietransfer spielt der Wissenstransfer am KIT eine immer größere Rolle und ist durch vielfältige Maßnahmen gekennzeichnet. Eine spezifische Wissenstransferstrategie existiert bisher noch nicht. Der Wissenstransfer ist aber explizit und ausführlich im Exzellenzuniversitätsantrag „Living the Change“ und in dem 2021 verabschiedeten Struktur- und Entwicklungsplan (SEP) 2022-2026 beschrieben und mit Maßnahmen zur Erreichung der Ziele ausgestaltet.

Die aus der Dachstrategie KIT 2025 abgeleitete Marketing- und Kommunikationsstrategie (MKS) präzisiert zudem: „Der Dialog und Austausch mit Wirtschaft und Gesellschaft ist von großer Bedeutung – sowohl bei der Durchführung unserer Kernaufgaben in Forschung, Lehre und Innovation als auch beim Transfer der Ergebnisse. (...) Entsprechend ist der Wissenstransfer selbstverständlicher Bestandteil unserer Kernaufgaben.“ Die MKS wurde im Jahr 2020 durch vielfältige Maßnahmen weiterentwickelt, z.B. durch die Erweiterung der Kommunikationsformate und durch die Erarbeitung von Qualitätsrichtlinien für die Hauptformate der zentralen Kommunikation. Besonders hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang der Mitte 2020 abgeschlossene Web-Relaunch des KIT und eine interaktive Videoreihe zur künstlichen Intelligenz im Zusammenhang mit Start-ups aus dem KIT mit dem Titel „Sachen machen mit KI“, die auch Eingang in die Plattform „Lernende Systeme“ der Bundesregierung fand.

Der ebenfalls im Rahmen der Dachstrategie KIT 2025 entworfene „Karlsruher Kooperationsfelder“ bildet das Zusammenwirken mit den verschiedenen externen Partnern und Stakeholdern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft ab.

Das Projekt „Politische Vernetzungsarbeit“, das ebenfalls in der Dachstrategie KIT 2025 verankert ist, wurde 2018 mit dem Ziel gestartet, die politische Vernetzungsarbeit des KIT zu strukturieren und neue Aktivitäten und Maßnahmen zu entwickeln und umzusetzen. So wurden 2021 im Rahmen des Projekts 19 Besuche von Abgeordneten, Staatssekretärinnen und -sekretären sowie Ministerinnen und Ministern (in Präsenz und virtuell) realisiert. Am 26. Juni 2021

besuchte die zu dem Zeitpunkt noch amtierende Bundesministerin für Bildung und Forschung, Anja Karliczek das KIT, um sich über die vielfältigen Aktivitäten der Exzellenzstrategie zu erkundigen und erhielt Einblick in die Reallabore des KIT. Ebenfalls im Juni 2021 besuchte die baden-württembergische Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Theresia Bauer den InnovationsCampus Mobilität der Zukunft und die Karlsruher Forschungsfabrik am KIT und weihte am 30. Juli gemeinsam mit dem Vizepräsidenten für Forschung, Professor Oliver Kraft den Supercomputer HoreKa ein.

Für den Transfer in seiner ganzen Bandbreite sind am KIT wissenschaftliche Einrichtungen und professionelle Unterstützungsstrukturen vorhanden. Unterschiedlichste 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 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 unserer 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. Darauf aufbauend sollen diese nun im Rahmen der Ausgestaltung des Handlungsfelds Transfer in der Dachstrategie KIT 2025 präzisiert werden.

Für den SEP 2022-2026 hat das KIT die folgenden Ziele formuliert, die auch die Grundlage für die Ausgestaltung des Handlungsfelds Transfer sind:

1. Studierende und Mitarbeitende sollen für die Bedeutung von Wissenstransfer sensibilisiert und befähigt werden, ihre eigene Verantwortung zu erkennen und verantwortlich zu entscheiden und zu handeln.
2. Der Fokus in der Wissenschaft auf die gesellschaftlichen Bedarfsfelder ist die Grundlage dafür, Lösungen für die großen gesellschaftlichen Herausforderungen wie Digitalisierung, Klimawandel, nachhaltige Energieversorgung und Mobilität zu erarbeiten. In diesen Feldern engagiert sich das KIT in einem engen Dialog mit Gesellschaft, Politik und Kultur in vielfältiger Weise. Deshalb sollen insbesondere diejenigen Forschungsschwerpunkte gestärkt und ausgebaut werden, die auf die großen gesellschaftlichen Herausforderungen ausgerichtet sind.
3. Die ingenieur- und naturwissenschaftliche Forschung des KIT muss zukünftig in stärkerem Maße in die Gesellschaft eingebettet sein und die sozial- und geisteswissenschaftliche Perspektive einbeziehen. Die Rahmenbedingungen hierfür sollen verbessert und Instrumente geschaffen werden, um das KIT noch stärker hin zu einer in der Gesellschaft verwurzelten Forschungsuniversität zu entwickeln.
4. Das Themenfeld „Technology Futures and Assessment“ soll zu einem international sichtbaren Forschungsschwerpunkt entwickelt werden.
5. Dialogische Formate wie Reallabore oder Citizen-Science-Projekte sollen weiterentwickelt und durch zusätzliche Formate erweitert werden.
6. Es sollen weitere Angebote zur wissenschaftlichen Weiterbildung entwickelt werden.

Aufbauend auf diesen Zielen hat das KIT die folgenden Maßnahmen definiert:

Maßnahmen zu Ziel 1 – Bedeutung von Wissenstransfer stärken

1. Aufbau der Academy for Responsible Research, Teaching and Innovation (ARRTI) im Rahmen der Umsetzung des Exzellenzuniversitätsantrags
2. Entwicklung von TRIANGEL Open Space als strategische und interdisziplinäre Dialog- und Transferplattform
3. Aufbau und Etablierung des Karlsruher Transformationszentrums für Nachhaltigkeit und Kulturwandel (KAT)

Maßnahmen zu Ziel 2 – Stärkung der Wissenschaft in den gesellschaftlichen Bedarfsfeldern

1. Stärkung der KIT-Zentren als strategische und interdisziplinäre Dialog- und Transferplattformen
2. Stärkung der international sichtbaren Forschungsschwerpunkte in den Feldern Energie, Mobilität, Information sowie Klima mit Adressierung gesellschaftlicher Bedarfe und Debatten in diesen Forschungsfeldern
3. Ausbau und Weiterentwicklung der Reallabore sowie Einrichtung von Real-World-Professorships

Maßnahmen zu Ziel 3 – Stärkere Vernetzung der Ingenieur- und Naturwissenschaften mit den Geistes- und Sozialwissenschaften

1. Strategische Weiterentwicklung des KIT-Zentrums Mensch und Technik
2. Aufbau der Academy for Responsible Research, Teaching and Innovation (ARRTI) im Rahmen der Umsetzung des Exzellenzuniversitätsantrags

Maßnahmen zu Ziel 4 – Ausbau des Themenfelds „Technology Futures and Assessment“

1. Ausbau und Weiterentwicklung der Reallabore sowie Einrichtung von Real-World-Professorships.
2. Strategische Weiterentwicklung des KIT-Zentrums Mensch und Technik.

Maßnahmen zu Ziel 5 – Ausbau dialogischer Formate

1. Etablierung einer im Zwei-Jahres-Rhythmus tagenden KIT Science Week durch Kombination einer hochkarätigen wissenschaftlichen Konferenz mit international renommierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mit öffentlichkeitswirksamen Veranstaltungen.
2. Aufbau der Academy for Responsible Research, Teaching and Innovation (ARRTI) im Rahmen der Umsetzung des Exzellenzuniversitätsantrags.
3. Aufbau und Etablierung des Karlsruher Transformationszentrums für Nachhaltigkeit und Kulturwandel (KAT).

Maßnahmen zu Ziel 6 – Entwicklung von Angeboten zur wissenschaftlichen Weiterbildung

1. Entwicklung eines Konzepts für die strategische Ausrichtung des KIT im quartären Bildungssektor.
2. Entwicklung von wissenschaftlichen Weiterbildungsangeboten (Kontaktstudien und Weiterbildungs-Master) in Disziplinen und interdisziplinären Feldern, in denen das KIT qualitativ und quantitativ stark aufgestellt ist und für die in Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft hohe Absolventenbedarfe bestehen bei gleichzeitig ungenügender Zahl an Studienanfänger/innen,
3. Inhaltliche und organisatorische Koordinierung bereits bestehender und zukünftiger Weiterbildungsangebote am KIT sowie der behutsame Aufbau von bereits erfolgreich etablierten Executive Master-Weiterbildungsangeboten zu interdisziplinären Themen zwischen (Zukunfts-) Technologien und Wirtschafts- und / oder Sozialwissenschaften.

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. Sie sind 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

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. 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 (siehe Highlight-Aktivität).

Im Departement 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 Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale (ZAK) bietet eine Vielzahl von Veranstaltungsreihen und Formaten zur „Öffentlichen Wissenschaft“ an. Wegen der COVID-19-Pandemie fanden Veranstaltungen 2021 teilweise im Online-Format statt oder wurden im Einzelfall ausgesetzt oder auch verschoben.

Mit dem Nationalen Institut für Wissenschaftskommunikation (NaWik) ist am KIT 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 breite 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. Die Fortbildungen 2021 fanden unter entsprechenden Hygienevorgaben in Präsenz oder auch online statt.

Mehr als 40 Weiterbildungsangebote pro Semester veranstaltet die Akademie für Wissenschaftliche Weiterbildung Karlsruhe e.V. AWWK (An-Institut des KIT) in den Fachgebieten Na-

turwissenschaft, Technik und Gesundheit ebenso wie in verschiedenen geisteswissenschaftlichen Disziplinen wie Geschichte, Philosophie, Literatur- oder Musikwissenschaft. Das Angebot richtet sich an alle Bildungsinteressierte, vor allem an Personen, die nach ihrem Berufsleben eine wissenschaftliche Bildung anstreben und an Interessierte, die neben ihrem Beruf weitere Interessensgebiete wissenschaftlich vertiefen möchten. Entsprechend den Rahmenbedingungen der COVID-19-Pandemie fanden die Weiterbildungsveranstaltungen in Kleingruppen von max. zehn Personen und unter entsprechenden Hygieneauflagen oder als Online-Kurse statt.

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 Strategische Entwicklung und Kommunikation (SEK) ist verantwortlich für die zentrale Kommunikation des KIT nach innen und außen, hier ist auch die Koordination des Wissenstransfers strategisch verortet und ebenso die Betreuung des 2018 gegründeten Helmholtz-Arbeitskreises „Wissenstransfer“. Es werden eigene Wissenstransfer-Formate entwickelt und umgesetzt, wie z.B. die erste „KIT Science Week“ (siehe Highlight-Aktivität).

In der Wissenschaftskommunikation berichtet SEK-Gesamtkommunikation (SEK-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 zugänglich. Jährlich gehen etwa 1.000 Medienanfragen zu Themen aus Forschung, Lehre und Innovation des KIT bei SEK-GK ein. Im Jahr 2021 wurde das KIT in deutschsprachigen Printmedien in über 20.000 Artikeln sowie außerdem in über 20.000 Online-Artikeln genannt. Das Forschungsmagazin lookKIT erscheint vierteljährlich mit einer Auflage von 15.000 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 Themendossiers auf der Homepage bieten auf vielfältige Weise Einblicke und fungieren als Schaufenster der aktuellen Forschung des KIT. Die Homepage des KIT wurde 2021 mehr und mehr zum digitalen Dreh- und Angelpunkt für alle Informationen aus dem KIT ausgebaut. Mit 120 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 SEK-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 32.000 Menschen folgen dem KIT bei Twitter, rund 42.400 auf Facebook. Fast 6.900 Abonnentinnen und Abonnenten hat der YouTube-Kanal des KIT und rund 21.000 Personen abonnieren den Instagram-Account des KIT.

2. Highlights aus dem Wissenstransfer

Aus der Vielzahl an hochkarätigen Wissenstransfer-Aktivitäten am KIT sollen folgende Leuchtturm-Projekte hervorgehoben werden:

Highlight-Aktivität	Ressourcen (in FTE)	Zielgruppe	Ansprechperson im Zentrum	Zuordnung zum Helmholtz-Forschungsbereich
KAT – Karlsruher Transformationszentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel	1 FTE	Bürgerinnen und Bürger, Gesellschaft Kultur, Wirtschaft und Politik	Oliver Parodi, Andreas Seebacher	Energie
KIT Science Week	1 FTE	Bürgerinnen und Bürger, Gesellschaft, Kultur, Wirtschaft und Politik, Studierende, Schülerinnen und Schüler	Monika Landgraf	Information
TRIANGEL Open Space	2 FTE 50% drittmittelfinanziert	Gesellschaft, Wirtschaft, Wissenschaft	Jens Fahrenberg	Übergreifend über alle Forschungsbereiche
KARLA – Karlsruher Reallabor Nachhaltiger Klimaschutz	3 FTE 63 % drittmittelfinanziert	Gesellschaft, Wissenschaft	Oliver Parodi, Sarah Meyer-Soylu	Erde und Umwelt

KAT – Karlsruher Transformationszentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel

Das Karlsruher Transformationszentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel (KAT) ist das Ergebnis eines dreijährigen Projektes (2018-2021), gefördert durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg sowie der Helmholtz-Gemeinschaft. Mit Abschluss des Projektes im Jahr 2021, das am für Institut Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse angesiedelt war, wurde das Transformationszentrum erfolgreich etabliert und institutionalisiert. Die Einrichtung baut auf den Erfahrungen, Kompetenzen und Strukturen des 2012 gestarteten Reallabors Quartier Zukunft – Labor Stadt und ist in seiner Form weltweit eines der ersten Zentren.

Das Karlsruher Transformationszentrum betreibt ein Reallabor sowie verschiedene Forschungs- und Transformationsprojekte. Darüber hinaus berät es Kommunen, Unternehmen und Organisationen und begleitet sie in eine nachhaltige Zukunft. Ziel des Zentrums ist die Verbindung von Forschung, Bildung, Beratung und Prozessbegleitung.

Gemeinsam mit dem Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale (ZAK) und der Karlsruher Schule der Nachhaltigkeit wurde aus dem Projekt heraus das Begleitstudium Nachhaltige Entwicklung am KIT auf den Weg gebracht.

Mit dem Karlsruher Transformationszentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel entsteht in den nächsten Jahren ein lokal, national und international wirksamer und sichtbarer Motor für nachhaltige Entwicklung.

KIT Science Week

Als große Forschungs- und Lehrereinrichtung steht das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) in ständigem Dialog mit seinen Stakeholdern in Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Öffentlichkeit. Dabei trägt das KIT Wissenschaft und ihre Erkenntnisse zu den Bürgerinnen und Bürgern, nimmt aber auch Impulse aus der Gesellschaft in die Arbeit am KIT mit auf. Eine der Maßnahmen, mit der das KIT seine Interaktion mit der Gesellschaft in 2021 intensivierte, ist die KIT Science Week. Dieses Format entstand im Zuge des erfolgreichen Antrags zur Exzellenzuniversität und fand vom 5. bis 10. Oktober 2021 erstmals in Karlsruhe statt. Die Science Week kombinierte eine hochrangige internationale wissenschaftliche Konferenz mit Veranstaltungen für die Öffentlichkeit, die auch eine Rückwirkung auf das Agenda-Setting des KIT haben. Die erste KIT Science Week befasste sich mit dem Thema „Künstliche Intelligenz“ und trug den Titel: „Der Mensch im Zentrum Lernender Systeme“. Mit den unterschiedlichsten Programmformaten wurde die gesamte Breite der KI-Anwendungen in Produktion und Arbeitswelt, Mobilität, Gesundheit, Pflege und Haushalt, Wetter, Klima und Kommunikation adressiert. Gemeinsam mit Politik, Wirtschaft und den Bürgerinnen und Bürgern aber auch Vertreterinnen und Vertretern der Wissenschaft diskutierten das KIT bei der KIT Science Week die Chancen und Risiken von Künstlicher Intelligenz, ebenso, wie sich KI zum Wohle der Gesellschaft nutzen lässt. Ob Impulsvortrag, TEDxKIT-Talk, Podiumsdiskussion, Ausstellung, Bürgerdialog oder Führung, während der KIT Science Week erhielten Wissenschafts- und Kulturbegleiter intensive Einblicke in die unterschiedlichsten Facetten der Forschung in der thematischen Bandbreite der Lernenden Systeme. Ein Highlight bei der KIT Science Week war der Bürgerdialog im Rahmen der KIT Science Week (<https://www.scienceweek.kit.edu/430.php>). Auf Grund positiver Erfahrung mit dem Bürgerdialog hat das KIT entschieden, Bürgerdialoge künftig noch öfter durchzuführen und somit die Erwartungen und Wünsche der Gesellschaft noch stärker in der Forschung des KIT zu verankern.

Rund 9.000 Besucherinnen und Besucher waren in Präsenz und online via Streaming bei den Events der KIT Science Week dabei. Darüber hinaus war eine große Medienresonanz zu verzeichnen. Im Umfeld der KIT Science Week (27. September bis 10. Oktober 2021) gab es 8.746 Aufrufe der KIT Science Week-Webseite. Durch die Social Media Kampagne zur KIT Science Week auf Facebook, Instagram, Twitter und Instagram (27. September bis 10. Oktober) erreichten wir insgesamt 863.982 Personen (mind. 1 x gesehen) und 3.000 Interaktionen bei Twitter (7. September bis 10. Oktober 2021) und 68.000 Impressions (gesehen). Der reichweitenstärkste Tweet war der „Endspurt bei der #KITScienceWeek21“ mit rund 7.300 Impressions.

Die KIT Science Week wird künftig alle zwei Jahre stattfinden. Die nächste KIT Science Week ist für 2023 geplant.

TRIANGEL Open Space

Nach längerer Vorbereitung von der Konzepterstellung über die Finanzierung bis zum Umbau eines Gebäudes hat das KIT im Mai 2021 mit dem TRIANGEL Open Space einen neuen attraktiven TRANSFER | KULTUR | RAUM in der Fußgängerzone mitten in Karlsruhe geschaffen. Dieser besondere Ort widmet sich der Begegnung, dem Austausch, dem gemeinsamen Lernen und neuen innovativen Projekten an der Schnittstelle von Wissenschaft, Wirtschaft und

Gesellschaft – ein Open Space nicht nur für das KIT, sondern auch für Partnerinnen und Partner sowie die breite Öffentlichkeit (www.triangel.space). Hier wird Theorie mit Praxis und Lebenswelt verbunden, der Wissenstransfer erlebt und gelebt.

Bereits im Juni 2021 war der TRIANGEL Open Space ein Gastgeber des Wissenschaftsfestivals EFFEKTE der Stadt Karlsruhe mit vielfältigen Formaten. Im Oktober wurden im Rahmen der KIT Science Week u.a. ein Bürgerdialog und eine TEDx-Konferenz durchgeführt. Regelmäßige themenspezifische Lunch Lectures BRAIN BITES tragen dazu bei, den Bürgerinnen und Bürgern Wissenschaft und Wissenstransfer erlebbar zu machen. Zusammen mit weiteren Veranstaltungen durch das KIT (beispielsweise zu den Themen Gründungen und Leadership) oder von Partnerinnen und Partnern (z.B. ein Bürgerworkshop Energie und ein Workshop zu radikalen Innovationen) konnte trotz der Pandemie ein buntes Programm umgesetzt werden. Ein besonderes Ereignis war das Falling Walls Lab Karlsruhe, welches das KIT am 16. Juni 2021 im Rahmen des Wissenschaftsfestivals EFFEKTE vor dem TRIANGEL Open Space am Kronenplatz ausgerichtet hat. Die Erstplatzierten durften beim Finale im November in Berlin auftreten.

Die interaktiven Kreativräume des TRIANGEL Open Space sind somit Heimat verschiedenster Veranstaltungs- und Kommunikationsformate zum Dialog mit Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft werden. Das Programm und die Transferformate sollen in den nächsten Jahren weiter ausgebaut werden.

Das TRIANGEL Open Space Konzept wird begleitet durch einen Beirat, der insbesondere Hinweise zur Weiterentwicklung gegeben.

KARLA – Karlsruher Reallabor Nachhaltiger Klimaschutz

Das Projekt KARLA läuft von 2021 bis 2024 und wird durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg gefördert. KARLA steht unter der Leitung des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) und eng vom Karlsruher Transformationszentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel (KAT) begleitet. Die Stadt Karlsruhe, die Hochschule Karlsruhe für Technik und Wirtschaft sowie 30 weitere Partnereinrichtungen aus Zivilgesellschaft, Verbänden, Wirtschaft und Wissenschaft sind aktiv an dem Projekt beteiligt.

KARLA baut unmittelbar auf dem seit 2012 laufenden Reallabor „Quartier Zukunft“ und dem „Reallabor 131“ (2015-2019) sowie deren klimaschutzbezogenen Folgeprojekten auf und nutzt die hierüber vorhandenen transdisziplinären Infrastrukturen und Netzwerke. Den geografischen Mittelpunkt des Reallabors bildet der Karlsruher Stadtraum unter besonderem Einbezug der Standorte des KIT.

Die Ziele von KARLA umfassen die folgenden drei Handlungsfelder:

1. Erforschung, Bewertung und Begleitung der geplanten Klimaschutzmaßnahmen in Karlsruhe hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit,
2. Durchführung mehrjähriger „Transformationsexperimente“ zur Umsetzung ausgewählter Klimaschutzmaßnahmen sowie
3. Entwicklung und Etablierung eines Klimapakts zwischen den ansässigen Hochschulen und der Stadt Karlsruhe

So sollen unerwünschte Nebenfolgen von Klimaschutzmaßnahmen im Vorfeld ausgeräumt und damit Klimaschutz robuster gemacht werden (1), Klimaschutzmaßnahmen schneller umgesetzt werden und in die Gesellschaft diffundieren (2) und Klimaschutz langfristig gesichert und synergetisch ausgebaut werden (3).

Ein besonderer Fokus liegt im Projekt auf den Transformationsexperimenten (TE). Folgende fünf TE sollen während der Projektlaufzeit angestoßen und durchgeführt werden:

TE1: Klimaschonendes berufliches Reisen

TE2: Nachhaltiger Klimaschutz im Bauwesen

TE3: Fachkräfte für den Klimaschutz

TE4: Klimafreundliche Kantinen

TE5: Automobilfreiere Mobilität

Als Ausgangspunkt und zentrale Referenz des Reallabors dient der „Handlungskatalog“ des „Karlsruher Klimaschutzkonzept 2030“, das im April 2020 vom Gemeinderat verabschiedet wurde. Hierdurch erhält das Reallabor sowohl gesellschaftliche und praktische Relevanz als auch eine breite Legitimität.

3. Weitere Wissenstransfer-Aktivitäten 2021

Die Tabelle umfasst in Anlehnung an die Paktabfrage für das Jahr 2021 Wissenstransfer-Initiativen und Informationsdienste sowie eine Übersicht zu nicht-institutionalisierten Aktivitäten.

Wissenstransfer-Initiativen

Name der Wissenstransfer-Initiative und ggf. URL der Web-Seite	Hauptzielgruppe/n	Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ)
Exzellenz Vorhaben ARRTI Academy for Responsible Research, Teaching and Innovation www.arrrti.kit.edu/deutsch/infooeffentlichkeit.php	Öffentlichkeit, außerhalb der Scientific Community, Studierende, Wissenschaft	7 VZÄ drittmittelfinanziert
TRIANGEL Open Space Ein Ort für Inspiration, Kreativität, Austausch und Zusammenarbeit an der Schnittstelle von Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. www.triangel.space/	Gesellschaft, Wirtschaft, Wissenschaft	haushalts- und drittmittelfinanziert
KIT Science Week 2021 www.scienceweek.kit.edu/index.php	Bürgerinnen und Bürger, Gesellschaft, Kultur, Wirtschaft und Politik, Studierende, Schülerinnen und Schüler	1 VZÄ
K 21 – Tag der offenen Tür https://zkm.de/de/veranstaltung/2021/01/tag-der-offenen-tuer-2021	Bürgerinnen und Bürger, Jugendliche, Studieninteressierte	haushaltsfinanziert Verschiedene Akteurinnen und Akteure aus dem KIT
Hannover Messe https://www.hannovermesse.de/de/	Wirtschaft, Politik, Gesellschaft	haushaltsfinanziert Verschiedene Akteurinnen und Akteure aus dem KIT
Energy Ambassadors	Schülerinnen und Schüler, Parteien	Ehrenamtliches Engagement, Einbindung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des KIT KIT-Zentrum Energie

Name der Wissenstransfer-Initiative und ggf. URL der Web-Seite	Hauptzielgruppe/n	Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ)
Energy Lab 2.0 www.elab2.kit.edu/index.php	Wissenschaft, Bürgerinnen und Bürger	drittmittelfinanziert Das Energy Lab 2.0 ist ein Projekt des KIT in Kooperation mit den Helmholtz-Zentren DLR und FZJ
Dein BalkonNetz – Energie schafft Gemeinschaft www.itas.kit.edu/projekte_boeg20_debane.php	Bürgerinnen und Bürger	k.A. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse
Verbundprojekt ZuSkE: Die Zukunft der Sektorkopplung auf kommunaler Ebene – gemeinsam gestalten, bewerten und handeln www.itas.kit.edu/projekte_schm20_zuske.php	Kommunen	drittmittelfinanziert Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse
KIT im Rathaus (2021 Pandemiebedingt verschoben auf 2022) www.zak.kit.edu/kit_im_rathaus.php	interessierte Öffentlichkeit, Bürgerinnen und Bürger, Schülerinnen und Schüler (der Oberstufe), Studierende, Angehörige des KIT	haushaltsfinanziert ZAK Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale
Campusradio www.campusradio-karlsruhe.de/	Studierende, interessierte Öffentlichkeit	0,5 VZÄ ZAK Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale
Karlsruher Beiträge zur Klimaforschung (Podcast) www.klima-umwelt.kit.edu/1226_podcasts.php	Wissenschaft, Öffentlichkeit	0,5 VZÄ KIT-Zentrum Klima und Umwelt
Podiumsdiskussion Karlsruher Umweltimpulse www.klima-umwelt.kit.edu/umweltimpulse.php	Wissenschaft, Öffentlichkeit	1,5 VZÄ KIT-Zentrum Klima und Umwelt
KATRIN 360° virtuelle Führung https://vr.nawik.de/	Studierende der Physik	0,5 VZÄ Nationales Institut für Wissenschaftskommunikation (NaWik) gemeinsam mit KIT, u.a. HGF Programm Materie
Auger public data and analyses notebooks https://opendata.auger.org/	Wissenschaft außerhalb der Auger-Kollaboration, Studierende der Physik, Schülerinnen und Schüler in MINT-Fächern	0,3 VZÄ HGF Programm Materie
KASCADE Cosmic Ray Data Centre (KCDC) https://kcdc.ikp.kit.edu/	Öffentlichkeit Wissenschaft außerhalb der KASCADE-Grande-Kollaboration, Studierende der Physik, Schülerinnen und Schüler in MINT-Fächern	0,5 VZÄ HGF Programm Materie

Name der Wissenstransfer-Initiative und ggf. URL der Web-Seite	Hauptzielgruppe/n	Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ)
Hercules European School am KIT www.ibpt.kit.edu/news_2019_04_08_12_HERCULES_European_School_at_KIT_synchrotron_light_source_KARA_FLUTE.php	Internationale Studierende, Promovierende, Postdocs und Forschende	0,1 VZÄ Institut für Beschleunigerphysik und Technologie
Workshop-Reihe Kommunaler Klimaschutz	Kommunale Verwaltung und Stadtwerke	k.A. KIT-Zentrum Klima und Umwelt
MasterClasses – Netzwerk Teilchenwelt - Astroteilchen-Experiment www.teilchenwelt.de/angebote/astroteilchen-experimente/	Schülerinnen und Schüler in MINT-Fächern	0,1 VZÄ HGF Programm Materie
International Cosmic Day https://icd.desy.de/e35439/	Studierende der Physik, Schülerinnen und Schüler in MINT-Fächern	0,05 VZÄ HGF Programm Materie
NanoMat www.nanomat.de	NanoMat Netzwerk (Hochschulinrichtungen, Forschungsinstitute, kleine, mittelständische und Großunternehmen sowie Verbände), Partnerinnen und Partner der Drittmittelprojekte	1,5 VZÄ haushaltsfinanziert 3,5 VZÄ drittmittelfinanziert KIT-Zentrum Materialien
Förderstipendium Simulierte Welten www.scc.kit.edu/forschung/11727.php	Schülerinnen und Schüler der 10. und 11. Klasse	2 VZÄ drittmittelfinanziert Steinbuch Centre for Computing
Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt www.fortbildung.kit.edu	Berufliche Fortbildung	28 VZÄ

Informationsdienste

Name des Informationsdienstes und ggf. URL der Web-Seite	Hauptzielgruppe/n	Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ)
Süddeutsches Klimabüro www.sueddeutsches-klimabuero.de/ATMO-Wissenstransfer.php	Das Süddeutsche Klimabüro am KIT vermittelt zwischen Klimaforschung und Gesellschaft und stellt für Medien, öffentliche Organisationen sowie Entscheidungsträger aus Wirtschaft und Politik wissenschaftliche Informationen zu Klima und den Auswirkungen des regionalen Klimawandels bereit.	1 VZÄ haushaltsfinanziert, 2-3 VZÄ drittmittelfinanziert KIT-Zentrum Klima und Umwelt sowie Institut für Meteorologie

Name des Informationsdienstes und ggf. URL der Web-Seite	Hauptzielgruppe/n	Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ)
Innovations-Plattform MaterialDigital (PMD), Webseite inkl. Downloads, Workshop, Newsletter, Telefonberatung www.materialdigital.de	Die Innovations-Plattform MaterialDigital (PMD) hat es sich zum Ziel gemacht, Interessenten aus dem industriellen sowie aus dem akademischen Bereich nachhaltig bei der Umsetzung von Digitalisierungsaufgaben für Materialien zusammenzuführen und zu unterstützen.	anteilig; PMD ist drittmittelfinanziert; der Wissenstransfer wird von der Geschäftsstelle betreut; am KIT: eine VZÄ (Leitung der Geschäftsstelle) und eine Teilzeitstelle (Referentin bzw. Referent der Sprecherin bzw. des Sprechers) Institut für Nanotechnologie
ADC-MAPP – Analyse- und Datenzentrum für die Multimessenger Astroteilchenphysik	Gesamte Forschungs-Community der Astroteilchenphysik, sowie die breite Öffentlichkeit durch die Bereitstellung wissenschaftlicher Daten	0,3 VZÄ haushaltsfinanziert, sowie 2 VZÄ über Innovationspool (2020) KIT-Zentrum Elementarteilchen und Astroteilchenphysik
Wissenschafts-Kommunikationsprojekt DaNa4.0 – Daten zu neuen, innovativen und anwendungssicheren Materialien, https://nanopartikel.info/	Komplexe, toxikologische Fragestellungen aus der aktuellen Materialforschung werden allgemeinverständlich aufbereitet und für Nicht-Wissenschaftler (interessierte Verbraucher, Journalisten, Politiker, NGOs etc.) verständlich präsentiert.	drittmittelfinanziert HGF Programm Materials Systems Engineering
NFDI , Nationale Forschungsdateninfrastruktur www.rdm.kit.edu/netzwerke_nfdi.php	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 Akteuren und Partnern aus Wissenschaft sowie Politik eingebettet.	drittmittelfinanziert Beteiligte Dienstleistungseinheiten und Institute: Bibliothek, Stab des Präsidenten und CIO – Digital Office, DE Forschungsförderung, Archiv, DE Innovations- und Relationsmanagement, Steinbuch Centre for Computing
Projekt reFuels – Kraftstoffe neu denken ; hierfür wurden Messeauftritte organisiert, Erklärvideos gedreht, z. B. dialogische Formate für die Öffentlichkeit www.refuels.de/index.php	breite Öffentlichkeit, Wirtschaft und Politik	drittmittelfinanziert über Strategiedialog Automobilwirtschaft Kommunikation: Dienstleistungseinheit Strategische Kommunikation und Entwicklung - Abteilung Gesamtkommunikation; Projektleitung beim Institut für Kolbenmaschinen, Einbezug Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Institut für Katalysatorforschung 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)
Fusion Industrial Liaison Office (FILO) www.filo.kit.edu	Deutsche Industriefirmen, die Interesse an Arbeiten für ITER oder anderen Fusionsprojekte haben, oder die Kompetenzen dafür mitbringen und dafür interessiert werden können.	1,5 VZÄ drittmittelfinanziert HGF Programm Energie
Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) 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.	k.A. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse
NoPhish Referenzanwender und Organisationen https://secuso.aifb.kit.edu/betruegerische_nachrichten_erkennen.php	neue Nutzerinnen und Nutzer 2021: Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), United Nations African Union Mission in Darfur (UNAMID), Verbraucherzentrale NRW e.V., Landeshauptstadt Stuttgart, Universität Freiburg, Universität zu Köln, Pädagogische Hochschule Karlsruhe, Technische Universität Darmstadt, TU Dortmund, Bayerische Gesellschaft für Innovation und Wissenstransfer mbH	k.A. Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren
Ausstellung " Wem können wir vertrauen " im ZKM Karlsruhe https://zkm.de/de/ausstellung/2021/12/wem-koennen-wir-vertrauen	Öffentlichkeit	k.A. Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren
Mitwirken im Beirat Batterieforschung Deutschland www.batterieforum-deutschland.de/kongress/beirat/?group=forschungseinrichtungen	Vier Vertretungen aus dem KIT aus HGF Programm MTET, berät das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	k.A. HGF Programm Energie
Kurator des Forschungsfelds Hochtemperatursupraleitung sowie Energie und Gewerbe im Forschungsnetzwerk Energie Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe des BMWi www.forschungsnetzwerke-energie.de/industrie-und-gewerbe	berät das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWi) und Projektträger PTJ	k.A. HGF Programm Energie

Name des Informationsdienstes und ggf. URL der Web-Seite	Hauptzielgruppe/n	Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ)
Beratung von Politik und Wirtschaft im Rahmen des Strategiedialogs Automobilwirtschaft Baden-Württemberg und des Projekts reFuels https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/politik-zukunft/zukunftskonzepte/strategiedialog-automobilwirtschaft/	Politik und Wirtschaft	Projektleitung beim Institut für Kolbenmaschinen, Einbezug Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Institut für Katalysatorforschung und -technologie, Institut für Microverfahrenstechnik, Engler-Bunte-Institut Chemische Energieträger - Brennstofftechnologie, Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion
Beratung von Politik und Wirtschaft im Rahmen des THINKTANKs Industrielle Ressourcenstrategien www.thinktank-irs.de	Politik und Wirtschaft	ca. 1 Mio. Euro/a verschiedene Institute des KIT Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren, Institut für Technische Chemie, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Institut für Produktionstechnik, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion
Beratung von Politik und Wirtschaft durch Mitwirkung an Begleitforschungsprojekten des BMWi: BEniVer https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte/beniver-begleitforschung-energie-wende-im-verkehr	Politik und Wirtschaft	k.A. HGF-Programm Energie
Wettergefahren-Frühwarnung ein web-basiertes Informationssystem www.wettergefahren-fruehwarnung.de	Interessierte Öffentlichkeit, Forschung (Fachleute)	k.A. Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology und Institut für Meteorologie und Klimafor-schung Teilinstitut Troposphärenforschung
Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology CEDIM/ Risk-layer Explorer www.risklayer-explorer.com	Interessierte Öffentlichkeit, Forschung Synergien zwischen den beteiligten wissenschaftlichen Institutionen und Einrichtungen des Katastrophenschutzes auf internationaler, Bundes-, Landes- und Kommunalebene werden genutzt	k.A. Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology
Staubvorhersagen https://www.imk-tro.kit.edu/10581.php	Interessierte Öffentlichkeit, Forschung Der Deutsche Wetterdienst (DWD) führt mit dem gemeinsam mit dem KIT entwickelten Vorhersagesystem ICON-ART quasioperationelle Vorhersagen der Mineralstaubkonzentration durch.	k.A. Institut für Meteorologie und Klimafor-schung Teilinstitut Troposphärenforschung
Operational forecast maps and meteograms www.kit-weather.de/www.kit-weather.de	Interessierte Öffentlichkeit, Forschung	k.A. Institut für Meteorologie und Klimafor-schung Teilinstitut Troposphärenforschung

Name des Informationsdienstes und ggf. URL der Web-Seite	Hauptzielgruppe/n	Personelle Ausstattung (haushalts- und drittmittelfinanziert, in VZÄ)
Twitter: CATnews https://mobile.twitter.com/catnewsde	Interessierte Öffentlichkeit, Forschung	k.A. Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology
European Technology Assessment Group (ETAG) www.itas.kit.edu/etag.php	Europäisches Parlament	k.A. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse
Fachportal openTA https://openta.net/	Mitglieder des Netzwerks Technikfolgenabschätzung (NTA), Forschende im Bereich TA in Deutschland, Österreich und der Schweiz	1 VZÄ drittmittelfinanziert (DFG bis 2019) Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse
openTA – Weiterentwicklung und Internationalisierung des Fachportals Technikfolgenabschätzung; www.itas.kit.edu/projekte_scher21_openta.php	Mitglieder des NTA; Mitglieder des Netzwerks Global TA	1 VZÄ haushaltsfinanziert Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse
globalTA https://globalta.technology-assessment.info/	internationale Partner der Technikfolgenabschätzung	1 VZÄ haushaltsfinanziert Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse
Öffentliche Informationsveranstaltungen zu Fragen der Mobilität (verschiedene Rahmen über KIT-Zentrum Mobilitätssysteme)	Bürgerinnen und Bürger	0,3 VZÄ KIT-Zentrum Mobilitätssysteme
TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis www.tatup.de/index.php/tatup	vom ITAS herausgegebene Zeitschrift, die Forschungsergebnisse für transdisziplinäre Stakeholder aufbereitet	k.A. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse
Geoportal für Ökosystemdienstleistungen von städtischen Grünflächen	Bürgerinnen und Bürger Stadtverwaltungen und Stakeholder	0,75 VZÄ drittmittelfinanziert (2021- 2023) Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse in Kooperation mit dem Institut für Meteorologie und Klimafor- schung Atmosphärische Umweltforschung sowie weiteren externen Partnern

Mitwirkung in Expertengremien, öffentliche Interviews und Vorträge, Politikberatung, sonstiges gesellschaftliches Engagement für den Wissenstransfer

Themenübergreifende Aktivitäten	
Hightech Forum www.hightech-forum.de	Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka 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.
Transferbarometer www.stifterverband.org/transfer_barometer	Mitwirkung des KIT beim Projekt „Transferbarometer“ des Stifterverbands. Ziele des Projekts sind die Entwicklung von Kennzahlen zur Erfassung von Erfolgen und Leistungen im Wissens- und Technologietransfer, deren Erprobung und der anschließende Transfer der Ergebnisse in die Hochschul- und Wissenschaftslandschaft.
Kulturausschuss des Gemeinderats der Stadt Karlsruhe	Prof. Dr. Michael Decker, Leiter des Bereichs II, ist Sachverständiger im Kulturausschuss.
TechnologieRegion Karlsruhe www.technologie-region-karlsruhe.de	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 für Transfer und Internationales des KIT, ist Mitglied im Aufsichtsrat.
FameLab Karlsruhe www.wissenschaftskommunikation.de/format/famelab/	Das KIT ist Jurymitglied beim regionalen FameLab Karlsruhe.
Veranstaltungsreihe “Colloquium Fundamentale” www.zak.kit.edu/colloquium_fundamentale.php	Das Colloquium Fundamentale widmet sich 2021 mit Vorträgen und Publikumsdiskussionen dem Thema Wissenschaft in der Politik. Von den Potenzialen und Problemen einer komplexen Beziehung
Internationales Forum Veranstaltung im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes CuLTURE China www.zak.kit.edu/internationales_forum.php	Am 8. Februar 2021 fand am ZAK im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts CuLTURE China ein Vortrag zum Thema „China – Umgang mit einer neuen Weltmacht“ statt.
Teilnahme des KIT am EFFEKTE-Festival www.effekte-karlsruhe.de/home/	Das KIT nahm auch 2021 mit zahlreichen Aktivitäten an der EFFEKTE-Reihe teil, welche 2021 unter dem Motto „Wissenschaft in der Stadt“ lief. Im Rahmen des Wissenschaftsfestivals gab es vom 12. bis 18. Juni an sieben Tagen zu sieben Fragen in sieben Formaten auch die Möglichkeit mit dem KIT auf Tuchfühlung zu gehen. Ob spielerisch in einem digitalen Escape Room oder kurz und bündig in einer gestreamten Lunch Lecture. Beim EFFEKTE-Eröffnungstalk erläuterten der Präsident des KIT, Professor Dr.-Ing. Hanselka und Oberbürgermeister der Stadt Karlsruhe, Dr. Frank Mentrup, Prof. Dr. Frank Artinger, Rektor Hochschule Karlsruhe (HKA), Prof. Dr. Christian Gleser, Prorektor für Studium und Lehre Pädagogische Hochschule Karlsruhe (PHKA) und Dr. Peter Gilbert, Vorstand der Schülerakademie e.V. warum es wichtig sei, dass komplexe Forschungsarbeit, die für bedeutende Zukunftsfragen verhandelt, immer wieder für die Gesellschaft erlebbar gemacht werden muss. In Kooperation mit dem KIT-Zentrum Klima und Umwelt beteiligt sich beispielsweise das ZAK mit einem Veranstaltungsabend an der Reihe mit dem Thema „Heiter bis wolzig: Die Erderwärmung und die Wolken“

	Das KIT stellte zudem das Projekt reFuels – Kraftstoffe neu denken in Zusammenarbeit mit dem Wissenschaftsbüro der Stadt Karlsruhe vor.
Knowledge Transfer Upper Rhine (KTUR) https://science.rmtmo.eu/de/neues/programm-interreg-v-ober-rhein-drei-neue-projekte-fuer-die-kooperation-in-wissenschaft-und-innovation/	Hochschulen, Wirtschaftsverbände und Unternehmen in der trinationalen Metropolregion Oberrhein wollen beim Wissens- und Technologietransfer künftig noch intensiver zusammenarbeiten. Das von der Europäischen Union (EU) geförderte Projekt Knowledge Transfer Upper Rhine (KTUR) soll dafür die Grundlagen schaffen. Koordination am KIT, gefördert von der EU mit 1,6 Mio. Euro, Gesamtbudget 3,9 Mio. Euro)
„NEULAND Innovationstag am KIT“ https://kit-neuland.de/de/innovationstag/neuland-der-innovations-tag/#site-contents-137	Vernetzung von Wissenschaft, Industrie und Gesellschaft mit dem Ziel des Wissens- und Technologietransfers und der Entwicklung innovativer Produkte.
KIT Innovation Hub "Prävention im Bauwesen" https://www.hub-bau.kit.edu/index.php	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.
Community Portal für den WTT www.fokustransfer.de	Umsetzung eines CommunityPortals www.fokustransfer.de für den Wissens- und Technologietransfer in Deutschland mit u.a. Webinaren (gefördert durch das BMBF). Partner sind das Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, das KIT und das HZDR.
Plattform „Open Courses KIT“ https://opencourses.kit.edu	„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.
Begleitstudium „Nachhaltige Entwicklung“ www.zak.kit.edu/begleitstudium-bene.php	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.
Girls' Day – Mädchen-Zukunftstag https://www.chg.kit.edu/1294.php	Bedingt durch die Pandemie konnte die Veranstaltung mit Workshopangeboten nicht wie in den Jahren zuvor direkt auf dem Campus stattfinden. Gleichwohl konnten am Campus Süd, Campus Nord und Campus Alpin vielseitige und abwechslungsreiche virtuelle Workshops angeboten werden.
KIT Kinder-Uni www.kinder-uni.kit.edu	Wegen der COVID-19-Pandemie konnte auch 2021 leider keine Kinder-Uni stattfinden.
Zentrum für Mediales Lernen www.zml.kit.edu	Internetgestützte Lehrkräftefortbildungen zu verschiedenen Themen.
MOOCs: Mediales Lernen im 21. Jahrhundert www.zml.kit.edu/moocs	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.

Science Camps www.zml.kit.edu/science-camps.php	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.
Schülerinnen- und Schülerpraktika www.kit-ausbildung.de/de/praktikum/schuelerpraktika www.kit.edu/kit/10149.php	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.
„Berufsbilder von Wissenschaftlerinnen“ www.fortbildung.kit.edu/abi.php	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. 2021 ist die Reihe coronabedingt ausgefallen.
Schülerinnen- und Schülerlabore www.kit.edu/karriere/schuelerlabore.php	Das KIT bietet interessierten Schülerinnen und Schüler 16 unterschiedliche Schülerlabore an, um in spannenden Experimenten einen Einblick in die Welt der Wissenschaft zu erlangen und unter fachlicher Anleitung moderne Forschungsmethoden kennenzulernen.
Haus der kleinen Forscher www.fortbildung.kit.edu/hausderkleinenforscher.php	Gemeinsam mit der Stiftung Haus der kleinen Forscher 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.
Aktivitäten zum Themenfeld Energie	
Beirat Nachhaltige Bioökonomie https://um.baden-wuerttemberg.de/de/wirtschaft/biooekonomie/beirat-nachhaltige-biooekonomie-der-landesregierung/	Die Leiterin des Bereiches I, Professorin Dr. Andrea Robitzki, wurde 2020 in den Beirat Nachhaltige Bioökonomie der Landesregierung Baden- Württemberg berufen.
EIT InnoEnergy www.innoenergy.com	Netzwerk europäischer Forschungseinrichtungen und Energieunternehmen zur Förderung der erneuerbaren Energien in Wissenschaft, Innovation, Weiterbildung, Gründungsberatung.
Green Talents www.greentalents.de/	Beteiligung des KIT-Zentrums Energie beim Wettbewerb Green Talents. Im Jahr 2021 wählte eine hochrangige Jury aus Fachwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern unter 467 Bewerberinnen und Bewerbern aus 78 Ländern 25 Nachwuchsforschende aus. Die Gewinnerinnen und Gewinner des Green Talents Wettbewerbs nahmen als talentierte Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler im Bereich der Nachhaltigkeitswissenschaften am Virtuellen Wissenschaftsforum teil. Es nahm die 25 Green Talents mit auf eine spannende virtuelle Reise, auf der sie die deutsche Nachhaltigkeitsforschungslandschaft erkundeten, sich mit deutschen Forscherinnen und Forschern vernetzten und ihre Mitpreisträgerinnen und -träger trafen.

Energiewendetag BW www.zukunftscampus.kit.edu/953.php	Das KIT beteiligte sich auch 2021 wieder an den landesweit organisierten Energiewendetagen Baden-Württemberg. Energie und Energiewende sind durch den Klimawandel mitten in der Gesellschaft angekommen und bedürfen einer weiteren konkreten Ausgestaltung und Ergänzung durch Forschung und Innovation. Die Energiewendetage bieten zudem auch ein Forum zur Diskussion zwischen vielen engagierten Akteuren. Dies wurde 2021 durch einen großen Beitrag aus der Forschung im Themenbereich Reallabore in Stadtquartieren unterstützt.
Projekt „Energietransformation im Dialog“ – vom Reallabor zum Karlsruher Transformationszentrum www.dialog-energie.de/aktuelles/	Das deutsche Energiesystem ist im Wandel. Großkraftwerke werden durch kleine lokale Anlagen abgelöst, erneuerbare Energien und Speichertechnologien sind auf dem Vormarsch und auch das Verbrauchsverhalten der Nutzenden ändert sich. Vor diesem Hintergrund spielen Technologien eine wichtige Rolle, diese bilden aber nur einen Baustein, wenn wir an die Zukunft denken. Die nachhaltige Gestaltung unseres Energiesystems ist vor allem eine Aufgabe, die die gesamte Gesellschaft betrifft. Das Projekt ermöglicht es, über spezielle Formate die Mitgestaltung der Energiewende mit unterschiedlichen Akteurinnen zu beleuchten: seien es Bürgerinnen und Bürger, Mitarbeitende aus der Stadtverwaltung, ansässige Gewerbetreibende oder Forschende und Studierende.
RODOS https://resy5.iket.kit.edu/RODOS	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, 6 Golf-Staaten und 6 West-Balkan Staaten werden im Rahmen mehrerer europäischer Projekte gerade durchgeführt
Ausbildungskurse der AREVA Nuclear Professional School www.kit.edu/kit/pi_2009_139.php	Kerntechnische Aus- und Weiterbildung mit speziellen Lehrangeboten in Nuklearwissenschaften und Ingenieurwesen in Verbindung mit der industriellen Perspektive der Firma AREVA.
Ausbildungskurse der Framatome Professional School www.fps.kit.edu	Kerntechnische Aus- und Weiterbildung mit speziellen Lehrangeboten in Nuklearwissenschaften und Ingenieurwesen in Verbindung mit der industriellen Perspektive der Firma Framatome.
Aktivitäten zum Themenfeld Information · Systeme · Technologien (inkl. Digitalisierung)	
KCIST Online-Lecture Series on AI@KIT www.kcist.kit.edu/deutsch/775.php	Die Veranstaltungsreihe „KCIST Online Lecture Series zum Thema KI“ startete im Juli 2020 mit dem Ziel, den Dialog und den Austausch zwischen Forschern am KIT über KI-Forschung und deren Anwendung in verschiedenen Feldern zu fördern. Das Format besteht aus Kurzvorträgen plus anschließender Diskussion. In 2021 konnten sieben Veranstaltungen realisiert werden.
Science Camp Robotics Online www.kcist.kit.edu/deutsch/896.php	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.
Bürgerinnen- und Bürgerforen und Digiloglounge im Rahmen von digilog@bw https://digilog-bw.de/	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.

Projekt „JuBot – Jung bleiben mit Robotern“ – Vielseitige Assistenz-robotik für die Alltagsbewältigung www.kcist.kit.edu/deutsch/123_1205.php	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. Wissenschaftler/innen 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.
Projekt KERN www.kern-kas.org	KI-basierte Kompetenz-Assistenzsysteme sollen künftig helfen, konzentrierte Arbeitsphasen zu erhalten und Anstöße zur persönlichen und beruflichen Kompetenzentfaltung zu geben. Das am KIT koordinierte Projekt KERN entwickelt ein Assistenzsystem, das den „Flow“ im Arbeitsprozess anhand von Herzfrequenz oder Hautleitwert erkennt. Ziel ist es, Störungen abzuschirmen oder Kompetenzen aufzubauen, die Flow fördern. Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) fördert das Projekt mit 1,36 Mio. Euro.
Projekt "Simulierte Welten" www.simulierte-welten.de/index.php	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).
Plattform „Lernende Systeme“ www.plattform-lernende-systeme.de/startseite.html	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 Mitgliedern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft entwickeln in Arbeitsgruppen Positionen zu Chancen und Herausforderungen und benennen Handlungsoptionen für einen verantwortungsvollen Einsatz von KI.
Plattform ROBDEKON https://robdekon.de/	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.
TeleTrust Engineer for System Security www.teletrust.de/en/tele-trust/mitglieder/mitglied/fzi-forschungszentrum-informatik-am-kit/	Aufgabe des Zentrums KASTEL ist u.a. die Qualifizierung und Förderung des Nachwuchses in der IT-Sicherheit, 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).
Aktivitäten zum Themenfeld Mobilität	
Vorsitz des Wissenschaftlichen Beirats des BMVI (seit dem 11.12.2021 BMDV) www.bmvi.de/DE/Ministerium/Wissenschaftlicher-Beirat/wissenschaftlicher-beirat.html	Prof. Dr. Kay Mitusch (ECON, Lehrstuhl für Netzwerkökonomie) ist seit 1. Januar 2020 Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats des ehemaligen Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Prof. Mitusch gehört dem Gremium seit 2009 an, und übernimmt den Vorsitz für zwei Jahre. Mit der Koalitionsvereinbarung der neuen Bundesregierung wechselte der Name des Ministeriums in Bundesministerium für Digitales und Verkehr. Seit dem 1. März 2022 wechselte der Vorsitz des Beirats des BMDV an Prof. Dr. Markus Friedrich.

Forschungsinformationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS) www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/1/	Das Forschungsinformationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS) des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 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“.
Transformationsrat Automobilwirtschaft BaWü www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-wm/intern/Datseiten_Downloads/Innovation/PM_279_Anhang_Teilnehmerliste_Transformationsrat.pdf	Für den Transformationsrat zur Automobilwirtschaft im Rahmen des Strategiedialogs Automobilwirtschaft der Landesregierung Baden-Württemberg vertritt Prof. Dr. Frank Gauterin für das KIT im Gremium.
Beirat e-mobil BW www.e-mobilbw.de/ueber-uns/	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. Gauterin im Beirat vertreten.
Wissenschaftliche Leitung des Deutschen Mobilitätspanels https://mobilitaetspanel.ifv.kit.edu/index.php	Das Institut für Verkehrswesen des KIT wurde vom BMVI 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. 3000 Personen befragt, welche Wege sie im Verlauf einer Woche wie und warum durchgeführt haben. Das seit 1994 kontinuierlich vom IfV durchgeführte MOP stellt eine der weltweit größten kontinuierlichen Datensammlungen zum Mobilitätsverhalten weltweit dar.
AG Intelligent MOVE www.emobil-sw.de/ag-intelligent-move	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“ diene.
Begleitforschung auf dem Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg (TAF BW) https://taf-bw.de/das-testfeld/organisation	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. 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. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des KIT erarbeiten Grundlagen für Verkehrsflussmodelle und stellen Prüfeinrichtungen zur Verfügung.

Begleitforschung zu MOIA www.ifv.kit.edu/forschungsprojekte_1041.php	Mobility-On-Demand ist eines der wichtigsten Forschungs- und Entwicklungsthemen im Verkehrsbereich der letzten Jahre. Ziel dieses Projektes MOIA ist in Zusammenarbeit mit der TU München die konkreten Auswirkungen von Ridepooling auf ein städtisches Verkehrssystem am Beispiel des MOIA Services in Hamburg zu erforschen. MOIA ist eine Tochtergesellschaft des Volkswagen Konzerns und betreibt derzeit ca. 500 batterieelektrische Fahrzeuge in Hamburg und Hannover und damit die größte zusammenhängende Ridepooling-Flotte in Europa.
Projekt „Fahrerkabine 4.0“ www.fast.kit.edu/mobima/forschung_12477.php	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, den Fahrer über den ganzen Arbeitstag auf einem für ihn optimalen und komfortablen Beanspruchungsniveau zu halten.
MobileCityGame www.ifv.kit.edu/forschungsprojekte_1504.php	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 Entscheider/innen 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.
Mitwirken an Veranstaltungen der „Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe“ www.mobilitaetssysteme.kit.edu/333.php	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 zusammengeschlossenen Forschungseinrichtungen sowie von kooperierenden Industrieunternehmen.
Mitwirken im Fachbeirat des Bundesverbands Elektromobilität e.V. www.bem-ev.de/verband/fachbeirat/	Der BEM-Beirat setzt sich aus über 45 Expertinnen und Experten der elektromobilen Branche zusammen und unterstützt den Bundesverband eMobilität durch spezifische Fachkompetenzen.
Mitwirken in der New Mobility Academy: Qualifizierungsinitiative für KMU: eine Kooperation mit Fraunhofer IAO www.muse.iao.fraunhofer.de/de/projekte/new-mobility-academy.html	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. Die Qualifizierungsinitiative New Mobility Academy hat das Ziel insbesondere mittelständische Unternehmen und Zulieferer für den Wandel der Automobilbranche zu wappnen und neue Wertschöpfungspotenziale aufzuzeigen.
Technik.Kontroversen Themenabend „E-Auto oder E-Fuel – was treibt uns in Zukunft an?“ www.itas.kit.edu/veranstaltungen_2021_technikkontrovers.php	Der Verkehr ist das große Sorgenkind der Energiewende, bisher sind dort kaum Klimaschutzfolge zu verzeichnen. Als Hoffnungsträger für einen klimafreundlichen Individualverkehr gelten batterieelektrische Fahrzeuge (E-Autos) und strombasierte Kraftstoffe (E-Fuels). Beim digitalen Themenabend „E-Auto oder E-Fuel – was treibt uns in Zukunft an?“ am Mittwoch, 28. Juli 2021 gaben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des ITAS Einblicke in ihre Forschung zu den beiden Antriebstechnologien und deren Umweltbilanz.
Aktivitäten zum Themenfeld Materialien	
Workshop 3D Makerspace www.3dmattermade.toorder.kit.edu/zeiss_makerspace.php	In diesem eintägigen Workshop (23. Juli 2021) erlernten die Teilnehmenden den Umgang mit einem FDM-Drucker und der dazugehörigen Software. Der Makerspace ist eine Kooperation zwischen Zeiss und dem KIT sowie dem Exzellenzcluster 3D Matter Made to Order und liegt direkt am Campus Nord des KIT. Dort finden regelmäßig Workshops und Einführungen statt.

Graphene Flagship Online Workshop https://graphene-flagship.eu/events/	Graphene Flagship Innovation Workshop Electronics, öffentlicher Workshop für Teilnehmende, die den Einsatz von Graphen für Elektronik diskutieren möchten und um innovative Partnerschaften zu knüpfen. Vortrag „Graphene Standardization – Key enabler for Graphene Electronics“
Mitgliedschaft im Konsortium Innovations-Plattform Material Digital www.materialdigital.de	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 Partner an wegweisenden Vereinheitlichungen zu Datenstrukturierungen, Software-Architekturen und Auswertungsroutinen. Die Plattform engagiert sich beim Aufbau einer materialwissenschaftlichen Interessensgemeinschaft mit Schwerpunkt Materialdigitalisierung und interagiert aktiv mit ihren mittlerweile über 650 Nutzenden.
Sommerferienprogramm „ 3D-Druck für Mädchen “ www.3dmattermadetoor-der.kit.edu/summer_program.php	Auch 2021 fand der öffentliche Workshop Sommerferienprogramm 3D-Druck für Mädchen statt. Das Exzellenzcluster 3D Matter Made to Order (3DMM2O) organisiert ein Sommerprogramm für junge Frauen zwischen 14 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.
Aktivitäten zum Themenfeld Elementar- und Astroteilchenphysik	
Vortrag „ Das Unsichtbare sichtbar machen: wie man nach dunkler Materie sucht “ www.kceta.kit.edu/veranstaltungen.php	In der Nacht vom 26. November 2021 fand die „Nacht der Wissenschaft“ statt. Bis in die frühen Morgenstunden waren viele spannende Vorträge aus den verschiedensten Fachbereichen als Livestream verfügbar.
CALIPSOplus www.calipsoplus.eu	EU-Projekt mit dem Ziel, beschleunigergetriebene Lichtquellen in Europa und im Mittleren Osten im Rahmen von „Open Science“ für alle interessierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und Unternehmen zugänglich zu machen. Das KIT ist dabei eine der 18 Partnerorganisationen, die Koordination liegt bei HZDR. (Laufzeit 2017-2021).
Aktivitäten zum Themenfeld Klima und Umwelt	
Ausschuss Umwelt und Gesundheit der Stadt Karlsruhe https://web6.karlsruhe.de/Gemeinderat/CDU-Fraktion/fraktion/gremien/ausschuss-fuer-umwelt-und-gesundheit/	Als Vertretungen des KIT sind im Ausschuss für Umwelt und Gesundheit des Stadtrats Karlsruhe als sachverständige Bürger Dr. Wolfgang Breh (KIT-Zentrum Energie) und Prof. Dr. Erwin Zehe (KIT-Klima und Umwelt) aktiv.
Karlsruher Klimaschutzbeirat www.karlsruhe.de/b3/natur_und_umwelt/klimaschutz/beirat/HF_section/content/ZZmOer1A8ZqrMh/%C3%9Cbersicht%20ext.%20Beiratsmitglieder_2020-06.pdf	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).
Statuskolloquium Umweltforschung www.ptka.kit.edu/Kolloquium-Umweltforschung-2021.html	In den Statuskolloquien des Projektträgers Karlsruhe müssen sich die Projekte jährlich einer kritischen Prüfung stellen und ihre Zwischenergebnisse der wissenschaftlichen und praktischen Fachwelt präsentieren. Das Statuskolloquium ist damit ein zentrales Element der Qualitätssicherung der vom Land geförderten anwendungsorientierten Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Forschungsfeld Umwelt- und Energie.

Projekt „GrüneLunge“ www.itas.kit.edu/projekte_saha18_grulu.php	Das inter- und transdisziplinäre Projekt untersucht die Resilienz der Bäume in Karlsruhe und im Umland, führt eine Bewertung von Ökosystemdienstleistungen von Bäumen durch und analysiert Zielkonflikte. Das existierende Baumkataster in Karlsruhe soll optimiert und Management-Pläne weiterentwickelt werden. Hierzu wird neben einem ämter-übergreifenden Fachdialog ein gesamtgesellschaftlicher Dialog entwickelt und durchgeführt, der die Bevölkerung zu Klimawandel, naturnahem Grün in der Stadt sowie dem Stellenwert urbaner Wälder sensibilisiert und aktiviert.
Projekt „Klimaschutz gemeinsam wagen“ www.itas.kit.edu/projekte_mewa18_kia.php	Das transdisziplinäre Projekt „Klimaschutz gemeinsam wagen!“ möchte mit Bürgerinnen und Bürgern und Stakeholdern im Quartier der Karlsruher Oststadt eine Kultur der Nachhaltigkeit vorantreiben, in der Klimaschutz im Alltag ganz selbstverständlich gelebt wird. Das Projekt verfolgt das Ziel, mit interessierten Bürgerinnen und Bürgern zu den drei Themenfeldern Ernährung, Mobilität und Konsum klimafreundliche Alternativhandlungen und Alltagsroutinen zu erarbeiten. Neben der Erfassung der dabei erfolgten CO₂-äquivalent Einsparungen liegt ein weiteres Augenmerk auf einer gezielten Bewusstseinsbildung und Sensibilisierung im Bereich Klimaschutz.
Portal Umwelt-BW www.umwelt-bw.de/	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.
Earth System Knowledge Platform (EKSP) www.eskp.de	Wissensplattform des Helmholtz-Forschungsbereichs „Erde und Umwelt“; Schwerpunkt des Wissenstransfer: Naturgefahren, Klimawandel, Schadstoffen und Energiewende und Umwelt. Zentrale Bausteine des Wissensangebots sind seit 2017 sogenannte Themenspezial-Ausgaben (offene Synthese-Formate). ESKP lief 2021 aus.
Geschäftsstelle Netzwerk Wasserforschung BaWü www.wassernetzwerk-bw.de	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.
Landesforschungszentrum Geothermie, in diesem Rahmen auch Beratungstätigkeit www.agw.kit.edu/2591.php	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.
Filmreihe Traumfabrik: Transformation Cinema / Ecocinema www.zak.kit.edu/Traumfabrik	Kuratierte Filmreihe in der Schauburg mit Einführung und Kinogespräch, mit Begleitseminaren am ZAK und Weiterbildungskurs der AWWK. Transformation Cinema zeigte 2021 Spielfilme und Dokumentationen von Natur, Menschen, Gesellschaft im Wandel.
Aktivitäten zum Themenfeld Mensch und Technik	
Global Consortium for Sustainability Outcomes (GCSO), und speziell: Mut zur Partnerschaft – Städtische Kooperationsentwicklung für Nachhaltigkeitstransformationen (AudaCITY)	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 Partnern auch andernorts zu realisieren.

Zukunftskreis des BMBF VORAUS:schau! www.vorausschau.de/voraus-schau/de/home/home_node.html	Prof. Dr. Armin Grunwald ist Vorsitzender des Zukunftskreises des BMBF VORAUS:schau!, ebenfalls Mitglied des Zukunftskreis ist Prof. Dr. York Sure-Vetter.
Netzwerk „Reallabore der Nachhaltigkeit“ www.reallabor-netzwerk.de	Gemeinsam mit dem Wuppertal Institut, der Leuphana Universität Lüneburg und Ecornet 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.
Arbeitsgruppe Wissenstransfer www.itas.kit.edu/projekte_sche20_qawis.php	Die Bewertung von Technikfolgen bedarf möglichst vielfältiger Perspektiven. Seit Langem bezieht das ITAS daher in die Untersuchungen nicht nur Forschende verschiedener Disziplinen, sondern auch Bürgerinnen und Bürgern sowie Stakeholder aus Zivilgesellschaft, Politik und Wirtschaft ein. Die Arbeitsgruppe „Wissenstransfer“ bündelt hierzu die Kompetenzen und Aktivitäten über die Forschungsgruppen hinweg. Sie greift dabei auf Expertise und praktische Erfahrungen aus den Feldern Reallabore, Citizen Science, Bürgerdialoge, Politikberatung und Wissenschaftskommunikation zurück.
Projekt “Audacity for Partnerships: Foregrounding Partnership Development in the Generation of Sustainability Solutions (AudaCity)” https://globalfutures.asu.edu/sustainabilityoutcomes/audacious-partnerships-program/	Das internationale Forschungsprojekt im Verbund mit Partneruniversitäten des GCSO will zur Verbesserung der institutionellen und personellen Fähigkeiten von Stadtverwaltungen bei der Planung, Implementierung und Evaluierung nachhaltiger Projekte und von nachhaltigkeitsrelevanten strategischen Entscheidungen beitragen. Schwerpunkte sind Training und Unterstützung der Führungs- und der operativen Ebene der Verwaltung auf dem Gebiet Klimaschutz und Nachhaltigkeit und die Kooperation Universität/ Stadtverwaltung mit weiteren Stakeholdern.
Projekt RELATER www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/relater-verbesserung-der-kommunikation-bei-der-psychiatrischen-versorgung-von-gefluchteten-8807.php	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 entwickeln für diagnostische Interviews mit Geflüchteten aus dem arabischen Sprachraum.
FutureWork – Arbeit im Übergang zum 22. Jahrhundert www.zak.kit.edu/futurework.php https://arbeit2100.de	Dreijähriges Projekt bis 2021, um technologisch-spekulative Perspektiven mit einer (natur-)wissenschaftlich begründeten Sicht auf mögliche Zukunftsszenarien zu vereinen und gezielt Diskussionen in Forschung, Wirtschaft und Politik anzuregen, die eine in und mit der Gesellschaft reflektierte Planung unserer zukünftigen Arbeitswelt unterstützen. Im Sinne einer Öffentlichen Wissenschaft ist es dem Forschungsprojekt FutureWork ein wichtiges Anliegen, die Gesellschaft früh in den Diskurs einzubinden. Unter der Leitung von Prof. Dr. Caroline Y. Robertson-von Trotha wurde am 17./18. September 2021 in einer vom ZAK konzipierten öffentlichen Konferenz in Karlsruhe durch Kreative, Künstlerinnen und Künstler, Visionärinnen und Visionäre sowie Expertinnen und Experten aus der Wissenschaftskommunikation ein öffentlicher Diskussionsprozess über die Rolle der Arbeit in den kommenden Jahrzehnten initiiert.
Projekt TeQfor1: Auswirkungen technischer Systeme auf die eigene Lebensqualität von Menschen mit Typ-1-Diabetes www.itas.kit.edu/projekte_woll19_teqfor1.php	Von Menschen mit Typ-1-Diabetes selbst weiterentwickelte technologische Systeme versprechen eine bessere Lebensqualität für diese Personengruppe. In einem Pilotprojekt der Helmholtz-Gemeinschaft unterstützen Forschende die Betroffenen dabei, ihre Technologien selbst zu bewerten.

Quartier Zukunft – Labor Stadt www.itas.kit.edu/projekte_paro11_quazu.php	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.
Karlsruher Transformations-zentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel (KAT) www.itas.kit.edu/projekte_pase18_kat.php	Siehe Beschreibung: Highlights Wissenstransfer 2021
MobiLab – Mobiles Partizipationslabor für Reallaborforschung, empirische Sozialforschung und Citizen Science www.mensch-und-technik.kit.edu/1125.php	Das „MobiLab“ entstand 2021 als ein mobiles Partizipationslabor in Form eines Tiny House durch eine Kooperation der Forschungsgruppe Nachhaltigkeit und gesellschaftliche Transformation am ITAS und MuT. Es stellt eine Plattform für den Austausch von Wissenschaft und Gesellschaft dar, und ist für vielfältige Formen partizipativer Forschung, Citizen Science, der Wissenschaftskommunikation sowie Partizipation und Dialog einsetzbar. Das MobiLab ist ein Novum. Sowohl das Konzept als auch die Realisierung als möglichst nachhaltig produziertes, multifunktionales Tiny House ist einzigartig.
Bioökonomie Baden-Württemberg www.biooekonomie-bw.de	Netzwerk zum Forschungsprogramm „Bioökonomie“ des Landes BaWü. Das KIT ist über das IKFT, EBMI, IIP und ITAS mit Projekten beteiligt.
Forschungsblog des KIT-Zentrums Mensch und Technik www.mensch-und-technik.kit.edu/forschungsblog.php	Seit 2020 schreiben Forschende im Forschungsblog des KIT-Zentrums „Mensch und Technik“ über Wissenschaft, die sie bewegt. Dabei beschäftigt sie vor allem die Frage: Wieso ist das für unsere Zukunft relevant? Dieses Blog soll multidisziplinäre Perspektiven eröffnen und zum Weiterdenken anregen.
Aktivitäten zum Themenfeld Mathematik in der Anwendung	
Workshop der KIT-Zentren KCIST, MathSEE, Materials zum Thema Data Science für die Materialwissenschaften www.mathsee.kit.edu/Data-Science-Workshop.php	Der Workshop brachte Informatikerinnen und Informatiker sowie Mathematikerinnen und Mathematiker, ebenso Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus anderen Disziplinen, die methodisch fit sind, mit einem Interesse an Data Science und ihrer Anwendung in den Materialwissenschaften sowie Materialwissenschaftler, die über interessante Daten verfügen und für Informatikmethoden zu ihrer Erschließung offen sind, zusammen, d.h. ihre Vernetzung befördern.
Aktivitäten zum Themenfeld Wissenschaftskommunikation	
Science Media Center www.sciencemediacenter.de	Der Präsident des KIT, Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, ist Mitglied des Vorstandes des Fördervereins des Science Media Centers (SMC). 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.

Bundesverband Hochschulkommunikation www.bundesverband-hochschulkommunikation.de	Monika Landgraf, Leiterin SEK-Gesamtkommunikation und Pressesprecherin des KIT, ist Mitglied des Vorstandes des Bundesverbandes Hochschulkommunikation. Der Verband hat mehr als 1.000 Mitglieder. Der Bundesverband Hochschulkommunikation e. V. setzt sich ein für die strategische Entwicklung des Berufsbildes und für die Qualitätssicherung in allen Feldern der Hochschulkommunikation.
Nationales Institut für Wissenschaftskommunikation NaWik www.nawik.de	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.
EUSEA www.eusea.info	Das NaWik ist seit Mitte April 2018 Mitglied in der European Science Engagement Association EUSEA.
#FactoryWissskomm www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/downloads/files/factory_wissskomm_publication.pdf	Die 2021 amtierende Bundesforschungsministerin Anja Karliczek hat mit der #FactoryWissskomm einen Prozess zur Stärkung und Weiterentwicklung der Wissenschaftskommunikation in Deutschland gestartet und zu sechs Handlungsfeldern Arbeitsgruppen mit Expertinnen und Experten der Wissenschaftskommunikation eingerichtet. Aus dem KIT wurden Prof. Dr. Annette Leßmöllmann, Beatrice Lugger (Direktorin des Nationalen Instituts für Wissenschaftskommunikation NaWik), Monika Landgraf (Leiterin Gesamtkommunikation und Pressesprecherin des KIT), Dr. Philipp Niemann (Wissenschaftlicher Leiter des NaWik), und Philipp Schrögel (Department für Wissenschaftskommunikation, Institut für Technikzukünfte) in die Arbeitsgruppen des BMBF berufen.
WissKon www.nawik.de/projekte/wisskon-die-nawik-konferenz-fuer-kommunizierende-wissenschaftlerinnen-und-wissenschaftler/	Die WissKon – die NaWik-Konferenz für kommunizierende Forschende. 2021 fand die zweite NaWik-Konferenz für kommunizierende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern am 06. und 07. Mai 2021 rein virtuell jeweils vormittags statt. Über 200 Teilnehmende tauschten sich aus, diskutierten mit und nutzten die Gelegenheit, sich zu vernetzen.
Expertinnen- und Expertenvermittlung für Medien und Presse www.sek.kit.edu/kit_experten.php	Auch 2021 war das Expertinnen- und Expertenportal des KIT stark nachgefragt. Mittagesaktuellen Expertinnen- und Expertenmails, in denen Forschende Stellung zu Themen von aktueller Relevanz nehmen, platzierte die DE SEK die Forschungsarbeit des KIT auch 2021 wieder erfolgreich in den Medien und beantwortete zahlreiche Medienanfragen. Im Jahr 2021 wurde das KIT in deutschsprachigen Printmedien in über 20.000 Artikeln sowie außerdem in über 20.000 Online-Artikeln genannt.
Online-Plattform Wissenschaftskommunikation www.wissenschaftskommunikation.de	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.
Wissenschaft medial www.zml.kit.edu/wissenschaft-medial.php	Dienstleistungen des ZML zur Unterstützung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern für Wissenstransfer/Wissenschaftskommunikation mit digitalen Medien.

A.4.2 Technologietransfer

Die Koordination und wesentlichen Services des IP-basierten Technologietransfers sind am KIT in der DE Innovations- und Relationsmanagement (IRM) im Ressort des Vizepräsidenten für 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 (Alumni) oder die Förderung des KIT durch Unternehmen oder Privatpersonen (Fundraising). Hinzu kam 2021 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. Die Motivation für diesen „Service aus einer Hand“ ist bei den Partnerinnen und Partnern des KIT auf überaus positive Resonanz gestoßen. Im Folgenden wird zwar primär über die Themenfelder zum Technologietransfer berichtet, die Verknüpfung aller in der Dienstleistungseinheit bearbeiteten Aspekte erfährt im Alltag, aber auch vor dem Hintergrund der Ergebnisse des Transferbarometers des Stifterverbands und der Helmholtz-Gemeinschaft eine zunehmende Bedeutung und ist auch ein Differenzierungsmerkmal in der Wissenschaftslandschaft, sodass diese Punkte ebenfalls Erwähnung finden.

Die Mitwirkung an Industrienormen erfolgt im Rahmen des Förderprogramms „WIPANO – Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen“, insbesondere bei der Unterstützung und Begleitung von entsprechenden Förderanträgen und in der Funktion als Gutachter in den entsprechenden Gutachterausschüssen im Rahmen der WIPANO-Förderlinie.

Auch im Jahr 2021 konnte das KIT in der Kernaufgabe Innovation zahlreiche Erfolge erzielen, wenn gleich die Pandemie nach wie vor einen maßgeblichen Einfluss auf viele Initiativen, Projekte und Maßnahmen hatte. Den Rahmen für die Tätigkeiten im WTT bilden diverse, in den letzten Jahren verabschiedete Dokumente, insbesondere die „Regelung für die Vergütung von Erfindungen, Software und qualifizierten technischen Verbesserungsvorschlägen sowie für den Umgang mit KIT-Lizenzentnahmen“ (2009), die „IP-Policy“ (2010), die übergeordnete „Innovationsstrategie des KIT“ (2017) und zuletzt die „Allgemeinen Informationen und Grundsätze für die Unterstützung von Gründungen und das Eingehen von Beteiligungen am KIT“ (2018).

Die **Personalressourcen** innerhalb von 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 Personalfuktuation, Projektfinanzierungen aber auch Elternzeitphasen etc. gibt es natürliche Schwankungen.

Arbeitsverträge „Technologietransfer“	VZÄ (gerundet)
Grundfinanziert	24,8
Drittmittelfinanziert (BMBF, BMWi, HGF, BW und sonstige Einnahmen)	17,8

Mit unmittelbarer Relevanz für den Technologietransfer werden zunächst die vier Themenfelder der 2017 verabschiedeten Innovationsstrategie des KIT aufgeführt. Die zugehörigen Folgeprojekte wurden zwischenzeitlich erfolgreich abgeschlossen (zuletzt im März 2022).

Im Themenfeld **Industry Relations** ging es auch 2021 schwerpunktmäßig um die Pflege bestehender sowie die Strukturierung und den Aufbau neuer strategischer Kooperationen mit der Wirtschaft. So wurde u.a. das strategisch relevante Folgeprojekt der Innovationsstrategie „Strategische Partnerschaften mit der Industrie“ erfolgreich abgeschlossen. Die Beziehungen des KIT zu 20 Firmen wurden beispielhaft anhand von 18 Kriterien ausgewertet und hieraus Schlüsse für die Relevanz dieser Unternehmen für das KIT sowie für den Umgang mit ihnen gezogen. Mit den ausgewählten strategischen Partnern wurden jährliche Steuerkreise etabliert. In der direkten Unternehmensbetreuung fanden zahlreiche Veranstaltungen und Lenkungs-kreise mit Firmenpartnern statt, mehrheitlich digital, wie z.B. die Thementage des KIT-Business-Clubs „Intelligente Sensoren und smarte Datenübertragung –Technologien aus dem KIT für die digitale Welt von morgen“ und „Nachhaltige Produktion und nachhaltige Produkte“. Darüber hinaus wurden zahlreiche Recherchen für Unternehmen erstellt und Projektanbahnungsgespräche unter anderem mit den Unternehmen Endress+Hauser, ZEISS, Bosch, 3M und HYDAC geführt. Das Sponsoring-Team konnte u.a. die benötigten Sponsorengelder für den NEULAND Innovationstag einwerben. Zudem wurden viele Institute und Einrichtungen des KIT im Sponsoring speziell für hybride und digitale Formate beraten, darunter auch für das Format der KIT Science Week.

Im Themenfeld **Technologietransfer**, das sich der Sicherung und kommerziellen Verwertung des am KIT entstehenden geistigen Eigentums (Intellectual Property – IP) widmet, sind einige Innovationskennzahlen gegenüber 2020 deutlich gestiegen. Aus 120 Erfindungsmeldungen (Vorjahr: 105) entstanden 51 Patentanmeldungen (Vorjahr: 50). Der Schutzrechtsbestand lag Ende 2021 bei 1.667 (Vorjahr: 1.772) – begründet durch eine konsequente Betrachtung von Kosten/Nutzen-Aspekten im nationalen und dem internationalen Patent-Portfolio-Management, insbesondere auf Grund der weitgehend konstanten finanziellen Rahmenbedingungen. Die im Jahr 2021 erzielten Lizenzeinnahmen haben sich mit 4,4 Mio. Euro gegenüber 2,1 Mio. Euro im Vorjahr verdoppelt. Dieser Effekt basiert allerdings auf den lizenzpflichtigen Umsätzen eines einzigen langjährigen Lizenzvertrages mit einem Industriepartner, dessen Probenaufreinigungstechnologie während der Pandemie sehr stark nachgefragt wurde. Neue lizenzbasierte Transferprojekte konnten pandemiebedingt nur eingeschränkt gestartet werden. Auch das Folgeprojekt aus der Innovationsstrategie „Einnahmen aus IP“ wurde mit der systematischen Evaluierung der Patentportfolios der Universitäts- und der Großforschungsaufgabe, einer Umfrage zu den genutzten Finanzierungsinstrumenten sowie der Analyse der einschlägigen Weiterbildungsangebote abgeschlossen.

Das Interreg-Projekt „Knowledge Transfer Upper Rhine – KTUR“ mit insgesamt zwölf Hochschulpartnern aus Deutschland, Frankreich und der Schweiz wurde erfolgreich fortgesetzt. Weiterhin konnte mit *Digi-V* ein weiterer Förderantrag erfolgreich beim BMBF platziert werden. Inhaltlich geht es dabei zunächst um eine detaillierte Analyse von konkreten Bedürfnissen und korrespondierenden prozessorientierten Software-Tools für den Technologietransfer, bei dem die Digitalisierung erst in Teilbereichen eingezogen ist. Zum Ende des Vorhabens soll eine konkrete Empfehlung für einen Digitalisierungsansatz stehen.

Im Themenfeld **Gründungen und Beteiligungen** wurden die Angebote zur Beratung und Betreuung der Ausgründungen um digitale Formate ergänzt. Nachdem das Gründungsgeschehen und damit auch die Indikatoren im Jahr 2020 noch stark von der COVID-19-Pandemie beeinflusst waren, konnte in 2021 ein Anstieg der Gründungen verzeichnet werden. Neben

37 neuen Gründungen (Vorjahr: 28) am KIT, davon 12 forschungs-/IP-basierte Vorhaben (Vorjahr: 7) und 25 Vorhaben aus dem studentischen Umfeld (Vorjahr: 21) wurde auch die Anzahl laufender Gründungsvorhaben gesteigert. 2021 war das KIT weiterhin an 9 Gründungen beteiligt (Vorjahr: 9), wobei neben einem EXIT an der 300microns GmbH eine neue Beteiligung an der MARA Solutions GmbH eingegangen wurde. Die Projekte Global Horizon Programm (EXIST V) und StartupSecure KASTEL (SUSK) wurden weiter ausgebaut und strategisch wichtige Weichen gestellt. Durch die Umstellung auf digitale Formate konnten beispielsweise im Bereich Soft Landing chilenische, indische und afrikanische Teams am KIT begrüßt und jeweils eine Woche informiert und begleitet werden. Insgesamt ist das KIT mit der KIT-Gründerschmiede in vielen (inter-)nationalen Netzwerken vertreten. Auch im Gründungsradar (Position 6) und Deutschen Startup Monitor (Position 2) rangiert das KIT weiterhin in der Spitzengruppe.

Nähere Angaben zu den Unternehmensgründungen von 2005 bis 2021 folgen am Ende der vorliegenden Ausführungen.

Das Bewusstsein und die Entwicklung der **Innovationskultur** wurden durch verschiedene zentral organisierte Maßnahmen und Formate rund um die Marke „NEULAND“ gefördert. Nach der Pandemie-bedingten Absage des Innovationstags 2020 wurde dieser 2021 digital durchgeführt und hat mit über 2.000 Teilnehmern einen neuen Rekordwert erreicht. Künftig wird der Innovationstag, der sich mehr der Wirtschaft widmet, im jährlichen Wechsel mit der KIT Science Week durchgeführt, die ihren Fokus auf der Gesellschaft hat. Auch das zugehörige Folgeprojekt der Innovationsstrategie „Innovationskultur“ wurde abgeschlossen. Dafür wurden neben einem Benchmark insbesondere die am KIT schon bestehenden Instrumente evaluiert und Ideen für ergänzende Maßnahmen erarbeitet. Diese Ideen werden in die Erarbeitung der Transferstrategie für das KIT eingebracht, auf die im Folgenden eingegangen wird.

Im neu etablierten Handlungsfeld 4plus „Transfer“ sollen die mehr auf den Technologietransfer ausgerichteten Maßnahmen der Innovationsstrategie um andere ausgewählte Themenfelder ergänzt werden, um am Ende eine übergeordnete Transferstrategie für das KIT zu haben, die alle transferrelevanten Aspekte beinhaltet. Eine große Bedeutung hatte dafür die zentrale Mitwirkung des KIT an der Erstellung der Transferstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft sowie die Teilnahme am Projekt Transferbarometer des Stifterverbands und ebenfalls der Helmholtz-Gemeinschaft, aus dem sich 2021 bereits wertvolle Hinweise ergeben haben.

Im Transferbarometer sind beispielsweise auch die Aufgaben bzw. Zielgruppen Career Service, Fundraising, Alumni und Förderer enthalten, die auch schon im Portfolio der DE Innovations- und Relationsmanagement enthalten sind. Sie werden in den nächsten beiden Passagen dargestellt.

Im Themenfeld **Career Service** wurden 2021 bis auf wenige Ausnahmen alle Formate digitalisiert durchgeführt. Ein Highlight war erneut die KIT-Karrieremesse mit rd. 164 Ausstellern. Das neue Career Service Portal hat sich etabliert und vernetzt zunehmend Angebot und Nachfrage an der Schnittstelle der Studierenden und der Wirtschaft. Der erste Durchlauf der Leadership Talent Academy, die auf einer Förderung der Karl-Schlecht-Stiftung basiert, wurde erfolgreich abgeschlossen – das Feedback aller Teilnehmenden war sehr positiv. Die Spendenbereitschaft für Deutschlandstipendien war 2021 trotz Pandemie weiterhin sehr hoch und es konnten insgesamt 275 Stipendien realisiert werden. Die Stipendienfeier musste 2021 leider erneut digital durchgeführt werden.

Im Themenfeld **Fundraising und Stiftungen** gab es 2021 verschiedene Förderungen durch Stiftungen, Unternehmen und Privatpersonen, die dem KIT für unterschiedliche Projekte zur Verfügung gestellt wurden. Exemplarisch soll eine großzügige Förderung für ein dreijähriges

Intrapreneurship-Programm erwähnt werden, bei dem es um das unternehmerische Denken und Handeln der Beschäftigten als wichtiges Element einer modernen, sich immer wieder selbstoptimierenden Unternehmenskultur geht. Ebenfalls wurde systematisch an der Vorbereitung einer Fundraising-Kampagne für den 200. Geburtstag des KIT im Jahr 2025 gearbeitet, bspw. durch eine umfassende Recherche zu Stiftungen in Deutschland, die ihren Förderzweck im Bereich der Wissenschaft haben. Das KIT selbst betreut, teilweise seit vielen Dekaden, rund 20 Treuhandstiftungen und -vermögen. Ausgelöst durch die Niedrigzinsphase verlieren einige davon ihre Handlungsfähigkeit, so dass hier ein Konsolidierungsprozess eingeleitet wurde.

In den aktuellen Diskussionen zum Transfer erhält der Dialog mit der Gesellschaft bzw. der Wissenstransfer an der Schnittstelle von Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft eine zunehmende Bedeutung. Diesen Trend hat das KIT bereits früh erkannt und mit einem eigenen strategischen Vorhaben aufgegriffen. Nach längerer Vorbereitung von der Konzepterstellung über die Finanzierung bis zum Umbau eines Gebäudes hat das KIT im Mai 2021 mit dem TRIANGEL einen neuen attraktiven TRANSFER | KULTUR | RAUM in der Fußgängerzone mitten in Karlsruhe geschaffen. Dieser besondere Ort widmet sich der Begegnung, dem Austausch, dem gemeinsamen Lernen und neuen innovativen Projekten an der Schnittstelle von Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft – ein Open Space nicht nur für das KIT, sondern auch für Partnerinnen und Partner sowie die breite Öffentlichkeit (www.triangel.space). Neben vielen erfolgreichen Veranstaltungen aus dem KIT aber auch von und mit regionalen Partnern fand dort u.a. auch eine Sitzung des Aufsichtsrats des KIT sowie die Pressekonferenz und einige Veranstaltungen der KIT Science Week statt. Ein eingesetzter interdisziplinärer Beirat hat das Konzept gewürdigt und Hinweise zur Weiterentwicklung gegeben.

Aufgrund der anerkannten Fachkompetenz und führenden Rolle des KIT im IP-basierten Technologietransfer sind mehrere Mitarbeitende der DE IRM in strategischen Funktionen tätig: Exemplarisch seien genannt Dr.-Ing. Jens Fahrenberg in der TransferAllianz e.V., dem Deutschen Verband für Wissens- und Technologietransfer (www.transferallianz.de), als Auditor beim Transfer-Audit des Stifterverbands und als Experte in einem Angebot der ASTP (Association of Science and Technology Transfer Professionals, www.astp4kt.eu) sowie Dr. Ludwig Witter im Gesamtvorstand der VPP (Vereinigung von Fachleuten des Gewerblichen Rechtsschutzes (www.vpp-patent.de)) und als Mitglied der Arbeitsgruppe des BMWK zu Musterverträgen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das KIT – insbesondere Dank mehrerer größerer Förderungen von Industrie, Stiftungen und öffentlicher Hand – ein Vorreiter bei den großen Themen ist, die im Transfer aktuell genannt werden: Industry on Campus, Innovationsräume (Inkubator ZEISS Innovation Hub @ KIT, TRIANGEL Open Space), Leadership, Entre- und Intrapreneurship, Beteiligungsmanagement, Innovationsfonds, Career Service und Alumni. Diese gute Position gilt es weiter auszubauen, durch die institutionelle Förderung und durch Drittmittel.

Unternehmensgründungen 2005 bis 2020

Jahr	Name	Status	Förderungen	KIT-Lizenz	KIT-Beteiligung	Link	Anmerkung
2006	Sensolute GmbH	insolvent	-	Ja	Nein	sensolute.de	Ehemalige Beteiligung
2007	microworks GmbH	Aktiv	-	Ja	Nein	micro-works.de	Infrastruktur-Nutzung
2008	IONYS AG	Aktiv	-	nein	Ja	www.ionys.de	
2008	CYNORA GmbH	Aktiv	-	nein	Nein	cynora.com	Kooperationsvertrag
2008	Nanoscribe GmbH	Aktiv	-	ja	Nein	nanoscribe.de	Übernahme
008	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	videmo.de	LV beendet
2009	Celitement GmbH	verkauft	-	Ja	nein	celitement.de	Anteilsverkauf an Schwenk
2009	movisens GmbH	Aktiv	-	Ja	Nein	movisens.com	
2009	ViGEM GmbH	Aktiv	-	Nein	Nein	vigem.de	
2010	iuvaris GbR	aufgelöst	-	Nein	Nein	-	
2010	Gemfony scientific UG	Aktiv	-	Ja	Nein	gemfony.eu	
2011	Amcure GmbH	Aktiv	HE	Ja	Ja	amcure.de	Teilnahme an Finanzierungsrunde, Patentübertragung
2011	Acquifer AG	Aktiv	HE	In Verhandlung	Ja	acquifer.de	Umwandlung Rechtsform; Ausgliederung und Übertragung
2011	Inreal Technologies GmbH	Aktiv	EXIST-GS, JI	Nein	Nein	inreal-tech.com	
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	knowtion.de	
2012	CCA – Carola Clean Air GmbH	Aktiv	HE	Ja	Ja	carola-clean-air.com	
2012	FlexLog GmbH	Aktiv	-	Ja	Nein	flexlog.de	
2012	Nanomatch GmbH	Aktiv	HE	Ja	Nein	nanomatch.com	
2012	ScreenFect GmbH	Aktiv	-	Ja	Nein	screenfect.com	
2013	ArtiMinds Robotics GmbH	Aktiv	EXIST-GS, JI	nein	Nein	artiminds.com	<u>Markennutzungsvertrag samt "Erklärung", dass Software NICHT genutzt wird sondern am KIT "eingefroren" wurde</u>
2013	Da-cons GmbH	Nicht Aktiv	EXIST-GS, JI	Ja	Nein	da-cons.de	
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	opvengineering.de	
2013	aucentiq solutions GmbH	Aktiv	EXIST-GS, JI	Nein	Nein	geniously.com	06/2018 Umbenennung, vorher PriceNow UG
2013	SimQoo GbR	Nicht Aktiv	EXIST-GS, JI	Nein	Nein	-	
2014	Corvolution GmbH	Aktiv	EXIST-FT	Ja	Nein	corvolution.com	
2014	KIT Campus Transfer GmbH	Aktiv	-	nein	Ja	kit-campus-transfer.de	Strategische Beteiligung
2014	Lightrig GmbH	Aktiv	HE	Ja (Schutzrecht verkauft)	Nein	lightrig.de	<u>Softwarelizenz stets Nullmeldung</u>
2014	PARALUTION Labs UG & Co. KG	verkauft	EXIST-GS	Nein	Nein	-	
2014	R3DT GmbH	Aktiv	EXIST-GS, JI	Nein	Nein	r3dt.com	

Jahr	Name	Status	Förderungen	KIT-Lizenz	KIT-Beteiligung	Link	Anmerkung
2014	Nanosim GmbH	-	-	-	-		wurde in Nanomatch integriert
2015	300 MICRONS GmbH	Aktiv	HE-komplett	Ja	Ja	300microns.com	
2015	cubuslab GmbH	verkauft	EXIST-GS, JI	Nein	Nein	cubuslab.com	
2015	Emmtrix Technologies GmbH	Aktiv	EXIST-GS, JI	Ja	Nein	emmtrix.com	
2015	Eyegag Gbr	Nicht Aktiv	EXIST-GS, JI	Ja	Nein	-	Lv BEENDET AM 31.03.19 mit abschließender Lizzahlung
2015	Gestalt Systems GmbH	Aktiv	EXIST-GS	Nein	Nein	aquaplot.com	
2015	INERATEC GmbH	Aktiv	EXIST-FT, JI	Ja	Ja	ineratec.de	Teilnahme Finanzierungsrunde
2015	Keypoint Visual Management GmbH	verkauft	-	Nein	Nein	keypoint-company.de	
2015	MAPT UG	Nicht Aktiv	EXIST-GS	Nein	Nein	mapt.pro	
2016	EDI GmbH	Aktiv	-	Ja	Nein	engineering-data-intelligence.de	
2016	Etit Systems GbR	Aktiv	-	Nein	Nein	etit.systems	
2016	GoSilico GmbH	verkauft	EXIST-GS, JI	Ja	Nein	gosilico.com	LV (erfolgreich) beendet
2016	Kinemic GmbH	Aktiv	EXIST-FT	Ja	Nein	kinemic.com	
2016	Lavrio.solutions	Aktiv	-	Nein	Nein	lavrio.solutions	
2016	NovelSense UG	Aktiv	-	Nein	Nein	novelsense.com	
2016	otego GmbH	insolvent	EXIST-FT	Ja	Nein	otego.de	
2016	Robodev GmbH	Nicht Aktiv	EXIST-GS	Nein	Nein	robodev.eu	
2016	Vanguard Photonics GmbH	Aktiv	-	Ja	Nein	vanguard-photonics.com	
2017	Lumobiotics GmbH	Aktiv	-	In Verhandlung	Nein	lumobiotics.com	
2017	SciMo GmbH	Aktiv	EXIST-GS, JI	ja (Schutzrecht verkauft)	Nein	sci-mo.de	Schutzrecht verkauft
2017	ACT Air Coating Technologies GmbH	Aktiv	-	Nein	Nein	aircoating-technologies.com	
2017	Risklayer GmbH	Aktiv	-	Nein	Nein	risklayer.com	
2017	Memetis GmbH	Aktiv	HE-komplett, EXIST-FT	ja (Schutzrecht verkauft)	Ja	memetis.com	Teilnahme Finanzierungsrunde
2017	HQS Quantum Simulations GmbH	Aktiv	-	Ja	Nein	quantumsimulations.de	
2017	Renumics GmbH	Aktiv	EXIST-GS	Nein	Nein	renumics.com	
2017	Vanguard Automation GmbH	Aktiv	-	Nein	Nein	vanguard-automation.com	
2017	Glassomer GmbH	Aktiv	-	ja	Nein	glassomer.com	Lizenzvertrag in Verhandlung
2017	Stochastic Combinatorics GbR	Aktiv		Nein	Nein	noch kein Internetauftritt	
2018	Aquarry GmbH	Aktiv	HE, EXIST-FT	Ja	Ja	aquarray.com	
2018	GFX-Global GmbH	Aktiv	-	Ja	Nein	gasflow-mpi.com	
2018	Kamedi GmbH	Aktiv	-	Nein	Nein	heatit.de	Erfolgreiches Crowdfunding
2018	Prenode GmbH	Aktiv	JI	Nein	Nein	prenode.de	
2018	thingstinking GmbH	Aktiv	-	Nein	Nein	thingstinking.net	
2018	Usertimes GmbH	Nicht aktiv	-	Nein	Nein	usertimes.io	
2018	Zana Technologies GmbH	Aktiv	EXIST-GS	Nein	Nein	zana.com	
2019	Simutence GmbH	Aktiv	HE komplett	Ja	Ja	Simutence.com	
2019	Schnaitec GmbH	Aktiv	-	Nein	Nein	Schnaitec.com	
2019	Smellidect GmbH	Aktiv	-	Ja	Nein	Smellidect.de	
2019	Ventecon Technologies GmbH	Aktiv	-	Nein	Nein	Ventecon.de	
2019	Thissen Analytics GmbH	Aktiv	-	Ja	Nein	Thissen-analytics.de	
2019	Appointrix GmbH	verkauft	-	Nein	Nein		

Jahr	Name	Status	Förderungen	KIT-Lizenz	KIT-Beteiligung	Link	Anmerkung
2019	AURA GbR	Nicht aktiv	BMBF	Ja	Nein		
2019	Cepri-Tech GbR	Aktiv	EXIST GS / JI	Nein	Nein	cepri.tech	
2019	PromoNode GbR	Nicht Aktiv	EXIST GS	Nein	Nein		
2019	n.able GmbH	Aktiv	HE komplett	Ja	Nein	n-able-innovation.com	
2020	Heliopas.ai GmbH	Aktiv	EXIST GS, JI	Nein	Nein	heliopas.ai/de/	
2020	axxelera UG	Aktiv	HE komplett	Ja	Nein	axxelera.com/	
2020	preML GmbH	Aktiv	EXIST GS	Nein	Nein	preml.io/de/	
2020	Kimoknow UG	Aktiv		Nein	Nein	kimoknow.de/	
2020	empowering sustainable design UG	Aktiv		Nein	Nein		
2020	modugen GmbH	Aktiv	EXIST GS	Nein	Nein	modugen.de/	
2020	Kites GmbH	verkauft		Nein	Nein	kites.ai/	Von Zoom übernommen

Ausgründungen im Berichtsjahr 2021

Aimino Tech GmbH (StartupSecure, Markennutzungsvertrag)

Aimino macht KI-Systeme robuster und sicherer mithilfe des Einsatzes von künstlichen Bild-daten. Das Unternehmen wurde aus dem Umfeld des Karlsruhe Service Research Institute (KSRI) gegründet und über das StartupSecure Programm des BMBF gefördert und hat einen Markennutzungsvertrag mit dem KIT.

askui GmbH (EXIST GS)

askui trägt mit einer innovativen Lösung zur UI-Testautomatisierung kombiniert mit „menschlichem“ Verständnis in der Automation zur Vision einer funktionierenden digitalen Welt bei. Das Unternehmen wurde von Mitarbeitern der Forschungsgruppe TECO gegründet und durch ein EXIST Gründerstipendium gefördert.

Chemogy GmbH

Chemogy begleitet ihre Kunden sowohl bei der Evaluation und Weiterentwicklung bestehender chemisch-technischer Materialien, Maschinen und Prozesse als auch bei Neuentwicklungen und der Erarbeitung innovativer chemisch-technischer Konzepte. Das Unternehmen wurde von Mitarbeitern des Instituts für Technische Chemie und Polymerchemie (ITCP) gegründet.

Cloudfluid GmbH (EXIST GS)

Cloudfluid liefert mit seiner Kombination aus kundenspezifisch maßgeschneiderten Smart Clients und Strömungslöser in der Cloud seinen Kunden strömungsdynamische Analysen schneller und einfacher als zuvor. Das Unternehmen wurde von Mitarbeitern des Instituts für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik (MVM) gegründet und durch ein EXIST Gründerstipendium gefördert.

enabl Technologies UG

enabl Technologies entwickelt nachhaltige und intelligente Mobilitätslösungen mit innovativen Funktionen für die Trends von Morgen. Das Unternehmen wurde von Mitarbeitern des Instituts für Fahrzeugsystemtechnik (FAST) gegründet.

MARA Solutions GmbH (EXIST GS, Technologiebeteiligung)

Die von MARA entwickelte Software hilft Unternehmen dabei, das Feedback ihrer Kundinnen und Kunden besser zu verstehen und genauer auszuwerten. Das Unternehmen wurde von Mitarbeitern des Instituts für Information Systems and Marketing (IISM) gegründet und durch ein EXIST Gründerstipendium gefördert. Das KIT ist an MARA als Gesellschafter beteiligt.

NeoCargo AG

Die NeoCargo entwickelt digitale Lösungen und vernetzte Systeme speziell für den mittelständischen Logistik- und Speditionsbereich. Die AG selbst wurde von drei Wissenschaftlern aus dem Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme des KIT sowie einer zu diesem Zweck ins Leben gerufenen Elvis-Tochtergesellschaft, der Digtra GmbH, gegründet.

Phytonics GmbH (EXIST FT, Lizenzvertrag in Verhandlung)

Phytonics entwickelt Antireflexfolie nach dem Vorbild von Blütenblättern. Die Phytonics Folie mit Mikro- und Nanostrukturen nach dem Vorbild von Rosenblütenblättern entspiegelt Oberflächen aller Art, macht Solarmodule bis zu zehn Prozent effizienter und verleiht vielen Gegenständen ein edles samtiges Erscheinungsbild. Das Unternehmen wurde von Mitarbeitern des Lichttechnischen Instituts (LTI) gegründet, durch EXIST Forschungstransfer gefördert und verhandelt über einen Lizenzvertrag mit dem KIT.

Qinu GmbH (Lizenzvertrag in Verhandlung)

Qinu entwickelt neuartige Cryostaten für den Einsatz im Bereich Quantencomputer und -technologie. Das Unternehmen wurde von Mitarbeitern des Physikalischen Instituts (PHI) gegründet. Das Unternehmen ist in Verhandlung über einen Lizenzvertrag mit dem KIT.

revoAI UG (EXIST GS)

revoAI bietet Werkzeuge, Softwarekomponenten und Dienstleistungen zur Validierung und Gewährleistung der Gesamtsicherheit von hochautomatisierten Systemen. Das Unternehmen wurde von Mitarbeitern des Instituts für Produktentwicklung (IPEK) gegründet und durch ein EXIST Gründerstipendium gefördert.

SafeAD GmbH (EXIST GS)

SafeAD entwickelt einen kartenlosen Ansatz für die Verbesserung von autonomen Fahrerassistenzsystemen. Das Unternehmen wurde von Mitarbeitern des Instituts für Mess- und Regelungstechnik (MRT) gegründet und durch ein EXIST Gründerstipendium gefördert.

SilOrix GmbH (Lizenzvertrag in Verhandlung)

Die SilOrix GmbH stellt skalierbare und nachhaltige Lösungen durch Verbesserung der Silizium-Photonik durch die Entwicklung organischer Materialien bereit. Das Unternehmen wurde von Mitarbeitern des Instituts für Mikrostrukturtechnik (IMT) gegründet und verhandelt über einen Lizenzvertrag mit dem KIT.

Laufende und geplante Gründungsförderprojekte am KIT in 2021 (Stand: 25. März 2022)

Projekt	Programm	Start	Ende	Beteiligungs-option
Cloudfluid GmbH	EXIST GS	01.01.21	31.12.21	Ja
askui GmbH (AskYourUI)	EXIST GS	01.01.21	31.12.21	Ja
SafeAD GmbH	EXIST GS	01.01.21	31.12.21	Nein
FastCast	HE	01.02.21	31.03.22	Ja
Aimino GmbH	Startup Secure	01.03.21	31.05.22	Nein
Catavis (ChemZyme)	HE	01.03.21	30.04.22	Ja
Articlett UG	EXIST GS	01.03.21	28.02.22	Nein
Metis Neurotec	HE	01.03.21	30.04.22	Ja
Phytonics GmbH	EXIST FT	01.03.21	28.02.23	Ja
ByteFabrik.ai GmbH (fogsy.io)	EXIST GS	01.06.21	31.05.22	Nein
revoAI UG (EvoScenario)	EXIST GS	01.08.21	31.07.22	Ja
femfeel	EXIST GS	01.09.21	31.08.22	Ja
n-biotics	EXIST FT	01.09.21	28.02.23	Ja
Formic (SLTS)	JI	01.10.21	30.09.22	Ja
respeak	EXIST GS	01.10.21	30.09.22	nein

A.5 Bericht zu den besonderen Finanzierungsaufgaben

Innovationspools

- o Forschungsbereich Energie: s. Kap. 2.1.7.4
- o Forschungsbereich Information: s. Kap. 2.2.6.3
- o Forschungsbereich Materie: s. Kap. 2.3.7.2
- o Forschungsbereich Erde und Umwelt: s. Kap. 2.4.4.8

AtmoHub

s. Kap. A.2.4.4.7

Inkubator-Plattformen

s. Kap. A.2.2.6.2

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 (DE's), Stabsstellen, zentralen wissenschaftliche Einrichtungen und zentralen Betriebseinrichtungen organisiert. Das KIT hat zudem vier nicht akademische Wahlämter (Personalrat, 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:

Ressort Präsident (Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka)

- Stab des Präsidenten und CIO (STAB)
- Strategische Entwicklung und Kommunikation (SEK)
- Steinbuch Centre for Computing (SCC)

Ressort Forschung (Prof. Dr. Oliver Kraft)

- KIT-Bibliothek (BIB)
- Forschungsförderung (FOR)
- Karlsruhe House of Young Scientists (KHYS)

Ressort Lehre und akademische Angelegenheiten (Prof. Dr. Alexander Wanner)

- House of Competence (HoC)
- Studium und Lehre (SLE)
- Studienkolleg für ausländische Studierende (STK) / Redtenbacher-Kolleg
- Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale (ZAK)
- Hochschulrecht und Akademische Angelegenheiten (HAA)

Ressort Transfer und Internationales (Prof. Dr. Thomas Hirth)

- Innovations- und Relationsmanagement (IRM)
- Internationales (INTL)

Ressort Personal und Recht (Christine von Vangerow)

- Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt (FTU)
- Medizinische Dienste (MED)
- Personalentwicklung und Berufliche Ausbildung (PEBA)
- Personalservice (PSE)
- Rechtsangelegenheiten (RECHT)
- Organisationsentwicklung und Prozesse (OEP)
- Compliance (COMP)
- Datenschutz (DSB)
- Konfliktmanagement und Psychosoziale Beratung (KMB)

Ressort Wirtschaft und Finanzen (Michael Ganß)

- Planen und Bauen (PB)
- Allgemeine Services (ASERV)
- Einkauf, Verkauf und Materialwirtschaft (EVM)
- Finanzmanagement (FIMA)
- Facility Management (FM)

- Projekt-, Prozess- und Qualitätsmanagement (PPQ)
- Projektträger Karlsruhe (PTKA)
- Technik-Haus (TEC)
- Innenrevision (REV)
- Fachkräfte für Arbeitssicherheit (FAS)
- Sicherheit und Umwelt (SUM)
- Zukunftscampus (CAMPUS)
- Immobilienmanagement (IM)

Im Folgenden wird, dem Berichtszweck entsprechend, eine Gewichtung der Darstellung mit Konzentration auf den Großforschungsbereich 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 Zentrumsmanagements

Die DE **Strategische Entwicklung und Kommunikation** (SEK) unterstützt die Leitung des KIT bei allen institutionell-übergreifenden Strategie-, Governance-, Kommunikations- und Marketingfragen. Sie fungiert damit als zentrale Ansprechstelle sowohl für externe Partner als auch intern für Wissenschaft und Administration im KIT. Mit der seit 2021 neuen Abteilung Sustainability Office umfasst SEK nun neun Abteilungen, die maßgeblich und in vielfältigen Rollen bei der Umsetzung der Projekte der Dachstrategie und der Exzellenzuniversität beteiligt sind; hierzu zählt seit 2021 auch die Umsetzung des 2. KIT-Weiterentwicklungsgesetzes. Entsprechend spiegelt sich dies in der Arbeit und den Entwicklungen der DE im Jahr 2021 wider. So wurden in den Teilprojekten des 100-Professuren-Programms die Rahmenbedingungen für die zusätzlichen (Junior-)Professuren und deren komplexe Berufungsverfahren erarbeitet und das Konzept für das zugehörige Monitoring und Controlling auf den Weg gebracht. Über das Mitwirken im KIT 2025-Leitprojekt „Personalstrategie“ wurden Empfehlungen für ein Employer Branding Projekt erarbeitet. Zudem wurde 2021 erfolgreich mit der Umsetzung der Handlungsempfehlungen aus dem KIT 2025-Projekt zur „Verstärkung des Hochschulmarketings“ begonnen. Die erfolgreiche Premiere der KIT Science Week, mit der das KIT den Austausch zwischen Wissenschaft und Gesellschaft stärkt, fand im Oktober 2021 statt. Dabei wurde das vielfältige und umfangreiche Programm – pandemiebedingt – sehr erfolgreich durch hybride Veranstaltungsformate erweitert. Die interne Gesamtkommunikation für Mitarbeitende und Studierende war auch im Jahr 2021 auch aufgrund der Pandemie von zentraler Bedeutung und hat das KIT durch die zahlreichen Corona-Verordnungen gelotst. In der externen Gesamtkommunikation hat SEK die Aufbereitung profilschärfender Themen des KIT in multimedialen Dossiers weiter gestärkt.

Darüber hinaus wurden in den verschiedenen Aufgabenbereichen der DE wichtige Ziele erreicht und Vorhaben umgesetzt, sowohl auf inhaltlicher als auch struktureller Ebene. Die Organisation und Koordination der zentralen Gremien ebenso wie der strategischen Projekte in

fast ausschließlich digitalen Formaten waren für die Gremienbetreuung und das Projektmanagementbüro eine Herausforderung. Das neue deutlich komplexere Format des Struktur- und Entwicklungsplans SEP 22-26 wurde unter der Federführung des Strategischen Controlling und Reporting gemeinsam mit den verantwortlichen Ressorts und Bereichen im Sinne der Dachstrategie KIT 2025 verfasst und im Jahr 2021 durch den Aufsichtsrat verabschiedet.

Die DE **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 Initiativen; Planung und Controlling der programmorientierten Forschung (PoF); Koordination der Umsetzung des Exzellenzuniversitätsantrags; strategische Beratung der Leitungsebenen und Konzepterstellung.

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 zum Oktober 2020 gestarteten Leitprojekts 1.0 „Etablierung eines kontinuierlichen Strategieprozesses Forschung“ steht die Spezifikation eines Managementprozesses zur Weiterentwicklung der Forschungsstrategie im Fokus, welcher mit einem mittelfristigen Planungshorizont herausragende Themenfelder am KIT identifiziert und stärkt. Der erste Durchlauf des neuen Prozesses soll 2022 in ein oder zwei ausgewählten Themenfeldern erfolgen. Dazu sollen innovative Forschungsansätze aus den KIT-Zentren, Bereichen und Helmholtz-Programmen aufgegriffen werden.

Im Rahmen des im Februar 2020 gestarteten Leitprojekts 1.4 „Global Sichtbare Großgeräte“ wurde die Einreichung des KIT für die Aktualisierung der Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen koordiniert, die mit dem Beschluss des Helmholtz-Senats im September 2021 abgeschlossen wurde. Zudem wurden in dem entwickelten Rahmenprozess zehn Vorschläge für global sichtbare Großgeräte aus dem KIT vorgestellt, diskutiert und weiterentwickelt.

Darüber hinaus wurden im Rahmen der Phase 2 des Leitprojektes 4.2. „Forschungsinformationssystem (FIS)“ das Anforderungsmanagement und die Bewertung eines Softwareanbieters zur Machbarkeit der Einführung wie geplant abgeschlossen sowie Anschlussaktivitäten zur mittelfristigen Implementierung konzeptionell vorbereitet und auf den Weg gebracht.

Weiterhin wurde 2021 das KIT-interne Projekt „Umsetzung des DFG-Kodex zur guten wissenschaftlichen Praxis“ erfolgreich abgeschlossen. Die daraus resultierende neue „Satzung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis am KIT“ ist im Herbst 2021 vom KIT-Senat beschlossen worden.

In 2021 wurde das Umsetzungsprojekt „Neue Exzellenzcluster“ zur Themenfindung, Auswahl und Begleitung der Initiativen für neue Exzellenzcluster im Rahmen der Exzellenzstrategie II gestartet.

In der DE **Innovations- und Relationsmanagement (IRM)** werden Angebote zu fünf Themenfeldern gebündelt, die an der Schnittstelle zwischen dem KIT und Unternehmen, Investoren aber auch privaten Förderern liegen. Dazu gehören zum einen „Strategische Partnerschaften mit der Wirtschaft“, „Technologietransfer bzw. Einnahmen aus IP“ sowie „Gründungen, Beteiligungen & Inkubatoren“, die im Rahmen der Innovationsstrategie des KIT vorangetrieben werden. Zum anderen sind es Angebote und Aufgaben in den Themenfeldern „Career Service und Alumni“ sowie „Fundraising und Stiftungen“.

Die Tätigkeiten der DE IRM, die in hohem Maße von Kommunikation geprägt sind, wurden weiterhin stark von der Pandemie beeinflusst. Ein Großteil der Formate wurde digital durchgeführt und die Digitalisierung auch weitervorangetrieben – es wurde aber auch deutlich, dass die persönliche Begegnung durch nichts zu ersetzen ist. Als ein herausragendes operatives Ergebnis lassen sich die Lizenzeinnahmen des Jahres 2021 nennen, die mit rund 4,4 Mio. Euro einen Höchstwert der letzten 20 Jahre darstellen.

Die Ziele, die man sich in der strategischen Weiterentwicklung gesetzt hatte, wurden erreicht. Zunächst wurden die Arbeiten zu den verbliebenen Themenfeldern der Innovationsstrategie „Einnahmen aus IP“ und „Innovationskultur“ bis Ende des Jahres abgeschlossen und in die Gremien gegeben (PS-Beschluss 7. März 2022). Ebenso wurde das Projekt „Transferbarometer“ mit dem Stifterverband erfolgreich abgeschlossen. Es hat wertvolle Impulse für die Erarbeitung einer erweiterten Transferstrategie für das KIT gegeben, mit der im Juni 2022 begonnen wurde (HF4plus).

Eng verbunden mit der Innovationskultur, dem Transferbegriff oder dem Dialog mit der Gesellschaft ist auch der „TRIANGEL Open Space“ in der Fußgängerzone in Karlsruhe. Mit der Eröffnung des Cafés im Mai 2021 hat auch der Veranstaltungsbetrieb begonnen, der durch die Pandemie natürlich ebenfalls Einschränkungen hatte.

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.

Im EU-Projekt „EPICUR – European Partnership for an Innovative Campus Unifying Regions“ haben ein gemeinsamer virtueller Campus und ein Entrepreneurial Lab den Betrieb aufgenommen. Mit EPIDI (European Partnership for Innovative Distance Internships) ist ein Satellitenprojekt von EPICUR gestartet, das sich um virtuelle Praktika dreht.

Die EU fördert auch „EURIdoc“, das neue interdisziplinäre Promovierendenprogramm am Oberrhein auf dem Gebiet der Immunologie, das der Verbund Eucor – The European Campus koordiniert. Es umfasst 28 Promotionsstellen für Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler am KIT und seinen vier Partnereinrichtungen in Eucor.

Im Projekt „TRENT“ entwickelt das KIT gemeinsam mit der Nanjing University of Science and Technology (NJUST) und weiteren Partnern das „Transnational Competence Center for Environmental Technology and Research Jiangsu Baden-Württemberg“.

Das Institute of Eco-Industrial Development (IECO) hat sich mit der Unterzeichnung einer Kooperationsvereinbarung sowie der Etablierung eines Steering Committee und einer Generalversammlung mit Advisory Board weiter institutionalisiert. Die gemeinsame virtuelle Einrichtung des KIT mit drei führenden Universitäten in Chile (UACH) hat die IECO Days veranstaltet. Derzeit sind am KIT fünf mit Mitteln aus der Philipp Schwartz-Initiative geförderte Forschende aktiv, die ihre durch Flucht unterbrochene Forschung wiederaufgenommen haben.

Im Projekt „International Excellence Grants and Fellowships“ wurden 20 renommierte ausländische Forschende mit einem International Excellence Fellowship ausgezeichnet, davon acht Wissenschaftlerinnen. Trotz Pandemiebedingungen konnten 13 Fellows ans KIT kommen und ihre Aufenthalte abschließen.

Der Anteil der internationalen Studierenden nahm von etwa 21,5% auf 20,5% ab.

Die DE **Personalentwicklung und Berufliche Ausbildung (PEBA)** leistet als strategisch ausgerichtete Personalentwicklung ihren Beitrag zum Aufbau einer lernenden Organisation und innovativen Kultur am KIT. Die Aufgaben von PEBA umfassen insbesondere die Konzeption und Gestaltung von Personalprozessen, die Entwicklung und Umsetzung von Instrumen-

ten des Personalmanagements (systematische Personalauswahlverfahren, Mitarbeiterjahresgespräche etc.), die Gestaltung planbarer Karrierewege und die Begleitung der individuellen Karriereplanung, die Kompetenzentwicklung (Fort- und Weiterbildung), die Begleitung von Veränderungsprozessen (Change-Management und Organisationsentwicklung) sowie das Diversity Management (Transparente Rahmenbedingungen, Entwicklung von Diversity-Kompetenzen, Ermöglichung unterschiedlicher Lebensentwürfe etc.).

Mit dem Leitprojekt „Personalstrategie“ sollen Instrumente, Prozesse und Angebote der unterstützenden Personaleinheiten am KIT systematisiert, zeitgemäß ausgerichtet und transparent gemacht werden. Um ein attraktiver Arbeitgeber zu sein und somit den Erfolg der Wissenschaft in Forschung, Lehre und Innovation sicherzustellen, bedarf es einer Weiterentwicklung der Personalarbeit am KIT. Durch das Präsidium wurden insgesamt sieben Schwerpunktthemen für die Erarbeitung einer Personalstrategie als besonders relevant identifiziert. Diese wurden im Rahmen des Projektes in Teilprojekte überführt und bearbeitet: 1. Personalrekrutierung, 2. Nachwuchsentwicklung und Fachkarriere in Administration, Infrastruktur und Technik, 3. Karrierewege und Fachkarriere für das unbefristete, wissenschaftliche Personal, 4. Strategische Personalplanung, 5. Werkzeugkasten für Führungskräfte, 6. Personalmanagement sowie 7. Zukunftsthemen Personal.

Mittels Befragungen, Interviews und Workshops wurden die zielgruppenspezifischen Anforderungen und Bedarfe in den Teilprojekten spezifiziert. Auf Basis der erhobenen Informationen sowie unter Berücksichtigung des aktuellen Stands der Fachthemen in Wissenschaft und Wirtschaft wurden themenspezifische Konzepte in den Teilprojekten erstellt. Da die einzelnen Teilprojekte nicht trennscharf und losgelöst voneinander betrachten werden können, wurden zentrale teilprojektübergreifende Instrumente entwickelt.

Im November 2021 wurde das Leitprojekt mit seinen Teilprojekten sowie teilprojektübergreifenden Ergebnissen im Gesamtlenkungskreis Plus (GLK+) vorgestellt. Zentrale Ergebnisse des Leitprojekts sind die Systematisierung und zeitgemäße Ausrichtung der Prozesse und Angebote des Personalmanagements. So wurden Konzepte zur Besetzung von Stellen erarbeitet, u.a. zu den Themen Personalplanung, Personalrekrutierungsaktivitäten sowie Mitarbeitenden- und Nachwuchsentwicklung. Die Personalstrategie führt durch ihre Systematisierung der Angebote zu mehr Transparenz über interne Entwicklungsmöglichkeiten für Beschäftigte aus Verwaltung und Technik und sie fördert durch verschiedene Angebote (bspw. Werkzeugkasten für Führungskräfte sowie Gesprächsformate wie Jahresgespräche) eine aktivere und verbindlichere Rolle der Leitungs- und Führungskräfte bei der Personalplanung und -entwicklung. Das Format „Personalklausur“ für Leitungs- und Führungskräfte soll dazu dienen, organisationsweit Personalplanungs- und -entwicklungsaktivitäten gemeinsam zu besprechen und strategisch auszurichten. Weitere Schwerpunkte sind die Zukunftsthemen Personal und die Einführung eines Karrieresystems für unbefristete wissenschaftliche Mitarbeitende.

Im Frühjahr 2022 soll schrittweise mit der Realisierung begonnen werden. Zu diesem Zweck ist geplant, ein Folgeprojekt (Employer Brand) einzurichten sowie diverse Folgeaktivitäten zur Umsetzung in der Linie zu definieren.

Anfang 2021 wurden die im Zusammenhang mit den Forderungen des DFG-Kodex für Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis erarbeiteten Grundsätze für die Personalauswahl am KIT durch die Gremien verabschiedet. Sie bilden die Anforderungen ab, die für die Personalauswahl am KIT beachtet und erfüllt werden bzw. skizzieren grob den Verfahrensablauf. Ziel ist es, eine transparente und faire Personalauswahl zu sichern, bei der nicht-wissentliche Einflüsse (unconscious biases) weitestmöglich vermieden werden. Zur prozessualen Umsetzung der Grundsätze wurden im Laufe des Jahres 2021 Dokumente und Standards entwickelt.

In 2019 startete das aus der Universitätspauschale bzw. Exzellenzstrategie finanzierte Nachwuchsförderprogramm „Young Investigator Group Preparation Program“ (YIG Prep Pro). Ziel des Programms ist die Erhöhung der Anzahl extern eingeworbener Nachwuchsgruppen am KIT. Es richtet sich an herausragende Postdocs kurz nach Beendigung der Promotion (0 bis 3 Jahre), die aus dem Ausland kommen bzw. über substantielle internationale Forschungserfahrung verfügen. Für externe Kandidatinnen und Kandidaten besteht die Möglichkeit, die Finanzierung einer Postdoc-Stelle inkl. Budget am KIT für zwei Jahre zu erhalten. Das Programm bietet zudem u.a. individuelle fachliche Beratung bei der Vorbereitung / Erstellung des Antrages auf die Nachwuchsgruppe, Coaching zu Antragsstellungsverfahren, passgenaue Qualifizierungsmöglichkeiten sowie ein Netzwerk aus internationalen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern. Weitere Informationen zu YIG Prep Pro befinden sich in Kapitel A.1.2.5 Nachwuchsförderung.

Dem KIT war es wie in den vergangenen Jahren weiterhin ein wichtiges Anliegen, gute Arbeitsbedingungen für seine Beschäftigten anzubieten. Ein in der DE **Personalservice (PSE)** verortetes 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.

Die Selbstverpflichtung „Gute Arbeit am KIT“ regelt insbesondere, dass

- befristete Arbeitsverträge in der Regel einen Zeitraum von zwei Jahren umfassen sollen und Ausnahmen zu begründen sind,
- drittmittelfinanzierte Arbeitsverträge mit der Dauer des Drittmittelprojektes/Teilprojektes kongruent sein sollen,
- wissenschaftlichen/akademischen Mitarbeitenden im zeitlichen Zusammenhang mit der Promotionsvereinbarung möglichst ein dreijähriger Arbeitsvertrag angeboten werden soll,
- die Posdoc-Phase nicht länger als drei Jahre dauern und bis zu diesem Zeitpunkt eine Personalplanung vorliegen soll, wie der weitere berufliche Werdegang geplant ist,
- Beschäftigte in Verwaltung und Technik auf Landesstellen oder grundfinanziertes Personal dann sogleich einen unbefristeten Vertrag erhalten sollen, wenn sie Daueraufgaben wahrnehmen,
- jetzt bestehende langjährige Befristungen überprüft werden und mit den Institutsleitungen hinsichtlich des weiteren Vorgehens unter Beteiligung der Betroffenen eine Personalplanung vorgenommen wird.

Im Jahr 2021 hat die DE 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 2021 139 (84 GFA / 55 UA). Die Zahl der sogleich unbefristeten Neueinstellungen auf der Basis der Selbstverpflichtung „Gute Arbeit am KIT“ betrug 92 (39 GFA / 53 UA).

Insgesamt hat die Selbstverpflichtung „Gute Arbeit am KIT“ dazu geführt, dass die Praxis bei der Befristung von Arbeitsverträgen deutlich verändert wurde. Alle Beteiligten sind davon überzeugt, dass dies der richtige Weg ist, angemessenere und verlässlichere Arbeitsbedingungen am KIT zu schaffen.

Wie 2020 stellte auch das Jahr 2021 aufgrund der Corona-Pandemie eine Herausforderung dar. Da die Beschäftigten vor dem Hintergrund des Infektionsgeschehens weiterhin zunehmend von zu Hause aus arbeiteten, wurden hierfür weitere technische Lösungen entwickelt,

die Digitalisierung vorangetrieben und die personalvertretungsrechtlichen Grundlagen geschaffen. Daher wurden drei Dienstvereinbarungen abgeschlossen und die Verhandlungen zur Anpassung einer weiteren Dienstvereinbarung aufgenommen.

Die „Dienstvereinbarung über die Einführung und Anwendung von Videokonferenz-Systemen und weiteren elektronischen Kommunikationssystemen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)“ – unterschrieben am 11. Januar 2021 – wurde im Zuge der zunehmenden Digitalisierung und vermehrten Nutzung elektronischer Kommunikationssysteme erforderlich. Ziel der Dienstvereinbarung sind unter anderem der Schutz der Persönlichkeitsrechte der Beschäftigten, die Gewährleistung von Datenschutz und Informationssicherheit sowie die Sicherstellung der Arbeitsfähigkeit auf Distanz. Den Beschäftigten soll damit ein zeitgemäßes, aber dennoch zum entsprechenden Schutzbedarf passendes, angemessen sicheres Arbeitsmittel zur Verfügung gestellt werden. Das Dokument umfasst etwa Internettelefonie, Chat- und Messengerdienste, Videokonferenzsysteme sowie für deren Betrieb notwendige darunterliegende Komponenten wie beispielsweise MS-Teams, Jitsi oder BigBlueButton, welche Kommunikation in Videokonferenzen oder weitere Austauschformate wie Chat über Internettechnologien ermöglichen, ohne dass auf Funktionalitäten oder Verbindungen zu einer Telefonanlage zurückgegriffen wird.

Die „Dienstvereinbarung über die Implementierung von Sprachtools in die Telefonanlage am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)“ – unterschrieben am 19. Januar 2021 – wurde auch im Zuge der zunehmenden Digitalisierung und aufgrund aktueller Bedürfnisse erforderlich, vermehrt flexibel einsetzbare elektronische Kommunikationssysteme zu nutzen, da nicht immer am Arbeitsplatz in der Dienststelle gearbeitet werden konnte. Eine einfache, zugängliche und zuverlässige Nutzbarkeit der Festnetztelefonie an möglichst vielen Orten, auch außerhalb der Dienststelle, ist hierfür ein effektives Mittel. Sie regelt die Grundsätze für die Integration und Anwendung von Telefonie- und Kollaborationstools in die Telefonanlage der Dienststelle und umfasst etwa die App-gesteuerte Nutzbarkeit des Nebenstellenanschlusses am festen Arbeitsplatz in der Dienststelle sowie über das Smartphone oder den PC an einem ortsfernen Arbeitsplatz.

Die „Dienstvereinbarung über den Einsatz des Arbeitsschutzmanagementsystems (AMS) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)“ – unterschrieben am 16. Februar 2021 – hat das Ziel, die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten am Arbeitsplatz zu gewährleisten und damit Arbeitsunfälle, arbeitsbedingte Verletzungen und Erkrankungen zu vermeiden sowie Haftungsrisiken der Dienststelle im Bereich des Arbeitsschutzes zu reduzieren. Damit dieses Ziel erreicht werden kann, ist der Einsatz eines AMS eine wichtige Voraussetzung, da es als Instrument der Prävention nachhaltig wirkt. Der Einsatz eines solchen Systems soll zudem dazu führen, dass Sicherheit und Gesundheit am Arbeitsplatz einen angemessenen Stellenwert genießen und konsequent als Führungsaufgabe verstanden und betrieben werden. Der mit AMS verfolgte Zweck ist die zwingend erforderliche, rechtssichere Dokumentation von Gefährdungsbeurteilungen, Betriebs- und Arbeitsanweisungen und vergleichbarer, der Arbeitssicherheit dienender Dokumentationen sowie die Terminverfolgung von Unterweisungen, Fortbildungen, Maßnahmen und Wirksamkeitsprüfungen jeglicher Arbeitsschutzdokumentation.

Im Jahr 2021 haben zudem die Verhandlungen mit dem Personalrat der Dienststelle Karlsruhe für eine Anpassung der „Dienstvereinbarung zur Telearbeit und mobilen Arbeit am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)“ begonnen.

Die Motivation zur Überarbeitung der geltenden Dienstvereinbarung resultierte aus der Erkenntnis, dass die Möglichkeit, mobil zu arbeiten, von den Beschäftigten des KIT vor dem Hintergrund der Pandemie als sehr positiv aufgenommen wurde und damit „Homeoffice“ weiterhin unter neuen Randbedingungen möglich sein soll.

Um die gewonnenen Erkenntnisse auch bei der Rückkehr zum normalen Dienstbetrieb gewähren zu können, sehen die Regelungen der angepassten Dienstvereinbarung vor, dass mobiles Arbeiten nicht länger an besondere Gründe gebunden ist. Mobiles Arbeiten kann nun auch für einen längeren Zeitraum ermöglicht werden und es gibt zukünftig keine Frist zur Einholung des Einverständnisses durch die Führungskraft. Mit den Regelungen, dass eine Kombination aus Telearbeit und mobiler Arbeit zu maximal 40% möglich ist und diese 40%-Regelung auf den Monat bezogen werden kann, wird den Beschäftigten eine möglichst große Flexibilität gewährt.

Die angepasste Dienstvereinbarung dient als Zwischenschritt. Später gewonnene Erkenntnisse, u.a. aus dem Projekt „New Work“, sollen in die Betrachtung der Themen Telearbeit und mobile Arbeit einfließen und die Inhalte der Dienstvereinbarung grundsätzlich neu geordnet und geregelt werden.

Zentrale Anlaufstelle 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 mehrerer größerer Forschungsprojekte sowie mit der Bearbeitung der Fragen, die sich aus der Corona-Pandemie ergeben, wie z.B. die Verlängerung von Forschungsprojekten, befasst.

Im Hinblick auf die Ausarbeitung von Geschäftsprozessen wurden insbesondere weitere Schritte im Rahmen des Außenwirtschaftsrechts gegangen. Darüber hinaus war ein wesentliches Tätigkeitsgebiet der DE RECHT in diesem Jahr die Begleitung von rechtlichen und steuerrechtlichen Fragen und die Erstellung von Satzungen im Zusammenhang mit KIT 2.0. Schließlich wurden weitere Komponenten des Konzeptes zur Tax Compliance gestaltet.

Die **DE Organisationsentwicklung und Prozesse (OEP)** ist im Rahmen ihrer drei Säulen die zentrale Anlaufstelle für das Prozess- und Organisationsmanagement sowie für die Organisationsberatung. Die DE OEP hat in 2021 nicht nur wieder zahlreiche Prozessaufnahmen und -optimierungen begleitet, sondern auch die dezentralen Prozessmodelliererinnen und -modellierer der administrativen Organisationseinheiten in ihren Tätigkeiten, unter anderem durch Schulungen oder durch die sog. „Prozesswerkstatt“ als Informations- und Austauschformat zu Prozessmanagementthemen, unterstützt. Dadurch gibt es weiter vermehrt definierte, standardisierte Prozesse am KIT, die auch ihre Dokumentation in SIGNAVIO gefunden haben. Das Leitprojekt 7 der Dachstrategie KIT 2025, welches im Berichtsjahr weiterbearbeitet wurde, hat zum Ziel, die Grundlagen für ein Prozessmanagement am KIT zu erarbeiten. Zum Jahresende 2020 befand sich das Leitprojekt in der Phase, die theoretischen Grundlagen für ein Prozessmanagement am KIT im „Rahmenkonzept Prozessmanagement am KIT“ anhand eines Pilotprozesses praktisch zu evaluieren. Die Aufnahme und Dokumentation des Pilotprozesses wurde 2021 abgeschlossen. Damit begann die letzte Phase des Leitprojekts, in der die Ergebnisse dieser Pilotphase ausgewertet und in die weitere Konzeptionierung des Prozessmanagements überführt wurden. Resultat war die Überführung des Rahmenkonzepts in einen „Handlungsleitfaden für die Prozessaufnahme, Prozessdokumentation und Prozessanwendung am KIT“. Das Leitprojekt steht zum Jahresende 2021 somit kurz vor einem erfolgreichen Abschluss. Im Hinblick auf das Organisationsmanagement leistet die DE OEP ihren Beitrag zur Stärkung einer stabilen und robusten Aufbauorganisation. Dafür wurden insbesondere in 2021 die Umsetzungsarbeiten im Nachgang des in 2020 abgeschlossenen Leitprojektes 4.1

„SAP OM 2.0“, in dem die Grundlagen für die IT-systemseitige Abbildung der Organisationsstammdaten mit den der Governance des KIT entsprechendem Datenmodell entwickelt worden war, weiter vorangetrieben. So konnte im Rahmen der Bestandsdatenerhebung das SAP-Organisationsmanagement (SAP-OM) weiter aktualisiert und die Datenqualität erhöht werden. Mit der sog. „0-Stellung“ wurden sämtliche Leitungen der Organisationseinheiten im SAP-OM eingepflegt, sodass darauf basierend neue E-Mail-Verteilerlisten generiert und zum Einsatz gebracht werden konnten. In Zusammenarbeit mit SCC-AMA wurde das Visualisierungstool, welches die Aufbauorganisation tagesaktuell bereitstellt, weiterentwickelt. Innerhalb der Organisationsberatung werden die Projekte „Vereinheitlichung der PSE-Prozesse“, „New Work“ und „Gendergerechte Sprache“ begleitet. Insgesamt unterstützt die DE OEP weitere Projekte, wie z.B. das Implementierungsprojekt KIT 2.0, 2. Phase: „Umsetzung des zweiten KIT Weiterentwicklungsgesetzes KITG 2.0“, das Leitprojekt 5.2 „Personalstrategie“, LP 4.2 „FIS (Relaunch), LP 1.0 „Etablierung eines kontinuierlichen Strategieprozesses Forschung“, „DFG-Kodex“ oder das Projekt „Umsetzung der Evaluationsergebnisse der Chancengleichheitspolitik am KIT“ begleitet. Im Berichtsjahr konnten u.a. folgende Projekte, bei denen die DE OEP die Projektverantwortlichkeit innehat, initiiert werden: „Novellierung der Chancengleichheitsatzung und Wahlordnung der Chancengleichheitsbeauftragten und ihren Stellvertreterinnen“ und „Einführung von Online-Wahlen“.

Die Aufgaben der DE **Planen und Bauen (PB)** beinhalten die Projektsteuerung, Vertretung gegenüber Behörden und Prüfinstanzen, sowie die Beratung von Nutzerinnen und Nutzern in bautechnischen Angelegenheiten aller Neubau- und Gesamtsanierungsvorhaben des KIT. Entsprechend der Zuordnung der Liegenschaften zum Großforschungs- oder Universitätsbereich besteht eine unterschiedliche Ausprägung der Aufgaben, Verfahren und Verantwortlichkeiten.

Auf Basis der Ermächtigung des KIT im WissFG werden seit 2021 mit der personellen Besetzung des Baucontrollings bei PPQ die kleinen Baumaßnahmen >1 Mio. Euro - 6 Mio. Euro im Vereinfachten Bauverfahren mit Prüfung durch die interne Instanz abgewickelt.

Aktuelle Maßnahmen: Hover BIM-Lab CO; HOVER AMS-Labor CN; Sanierung Trinkwasseranlagen des INE CN; Technikum ICT CN.

Um den zukünftigen Ablauf zu optimieren, werden Großprojekte > 6 Mio. Euro in einem Pilotprojekt ab 2022 im Vereinfachten Bauverfahren, koordiniert mit der Oberfinanzdirektion (OFD) Karlsruhe und dem internen Baucontrolling, gemeinsam abgewickelt.

Alle Neubauprojekte und Gesamtsanierungsvorhaben werden nach dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) mindestens „Silber“ zertifiziert. Die Zertifizierung und die Hilfestellung bei der Beratung trägt die OFD Karlsruhe bei.

Trotz der aktuellen Kostenentwicklung seit 2021 und der geopolitischen Krise konnte die Projektkalkulation in den Projekten Bau 319 und Bau 257 um ca. 800 TEuro mit Abschluss der Realisierung und des Verwendungsnachweises unterschritten werden.

Mit den Jahres-Indexsteigerungen in 2021 > 10% und der aktuell steigenden Inflationsrate von 7,3% sowie den zunehmenden Energie- und Rohstoffpreisen bei Lieferengpässen werden für die kommenden Ausschreibungen jedoch erhebliche Mehrkosten erwartet, die aktuell noch nicht kalkulierbar sind.

In der Großforschungsaufgabe (GFA) entwickelt sich das EnergyLab mit dem Infrastrukturausbau und den Versuchsanlagen weiter.

Das Karlsruhe Center for Optics and Photonics (KCOP) wurde im März 2022 durch das BMBF nach Prüfung der Bauunterlage freigegeben. Die Baugenehmigung wird im Mai 2022 erwartet. Das Institut für Katalyseforschung und -technologie (IKFT) geht im zweiten Quartal 2022 in die Entwurfsphase zur Erstellung der Bauunterlage.

Die beiden Großprojekte werden die städtebauliche Neuorientierung am Campus Nord einleiten.

Für die Sanierung des Südwestflügels des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung (IMK) am Campus Alpin wird in 2022 die Bauunterlage erstellt werden.

Das systematische Screening von Gebäudeschadstoffen wurde für das gesamte KIT abgeschlossen. Die Ergebnisse fließen in die Sanierungsperspektive und die Bauliche Entwicklungsplanung (BEP) ein.

Weitere im Wirtschaftsplan enthaltene Bauvorhaben befinden sich in der Projektplanung und Projektentwicklung.

Auf dem Campus Ost wurde das Großprojekt „Karlsruher Forschungsfabrik“ in Kooperation mit der Fraunhofer-Gesellschaft im Juni 2021 an die Nutzenden übergeben. Die Einweihungsfeier fand am 28. März 2022 mit der Teilnahme des Ministerpräsidenten W. Kretschmann, der Ministerin Th. Bauer, MWK, und der Wirtschaftsministerin Dr. N. Hoffmeister-Kraut statt. Der zweite Bauabschnitt zur denkmalrechtlichen Sanierung der ehemaligen Mannschaftsgebäude wird im Frühjahr 2022 zur Unterbringung der Bürobereiche der FCO fertiggestellt werden. Im Dachgeschoss wird das GFA-finanzierte Teilprojekt des Projekts HOVER für das TMB untergebracht werden. Die Übergabe wird in 2023 erfolgen.

Das Bebauungsplan-Verfahren der Stadt Karlsruhe wird im 1. Quartal 2022 mit dem Ratsbeschluss in die Offenlage gehen. Die Verabschiedung im Stadtrat wird im 3. Quartal 2022 erfolgen. Mit Erlangung des Baurechts wird das Projekt des Studierendenwerks für das Appartementshaus am CO erstellt werden. Mit der Fertigstellung 2024 werden die Flächen der Interimsunterbringung im Mannschaftsgebäude 18 für die Nutzung durch das KIT frei.

Im Universitätsbereich Campus Süd ist das Projekt InformatiKOM 1 + 2 der Klaus-Tschira-Stiftung (KTS) am Adenauerring neben dem ehemaligen Kinderklinikum im Bau. Nach Fertigstellung des Rohbaus und der Gebäudehülle sind die Installationen und der Ausbau im Terminplan. Der Bauteil 1 wird im August 2023 an die Nutzer übergeben werden, der Bauteil 2 bereits im Mai 2023.

Das Lern- und Anwendungszentrum Mechatronik (LAZ) an der Kaiserstraße befindet sich im Rohbau und wird Ende 2023 fertiggestellt werden.

Der Neubau der Botanik in der Kornblumenstraße befindet sich in der Ausführungsplanung. Die Fertigstellung ist für Ende 2024 vorgesehen.

Die Sanierung der Alten Botanik an der Kaiserstraße wird unter Denkmalschutzbedingungen im 2. Quartal 2025 abgeschlossen werden.

Der zweite Bauabschnitt des Projekts TRIANGEL „Office Space“ wird im Bauteil an der Fritz-Erler-Straße in den ehemaligen Räumen der Badischen Beamtenbank ab 2022 realisiert werden.

Die Aufgabe der DE **Immobilienmanagement (IM)** ist die Steuerung des Immobilienbestands aller Standorte des KIT, der Flächennutzung und der Finanzierung von Baumaßnahmen. Des Weiteren koordiniert die DE die Bauliche Entwicklungsplanung und die Projektentwicklung. Für die Bearbeitung der operativen Flächen- und Liegenschaftsaufgaben ist die Abteilung Flächen- und Liegenschaftsmanagement (FLM) innerhalb der DE IM zuständig.

Mit der Gründung der DE IM im Vorjahr wurden der DE folgende Aufgaben zugeordnet: Steuerung des Immobilienbestands und der Flächennutzung; Steuerung der Finanzierung von Baumaßnahmen, die Projektverantwortung für die „Bauliche Entwicklungsplanung“ (BEP) sowie Funktionen im Rahmen der Projektentwicklung.

Nachdem das Jahr 2020 durch die interne Organisationsentwicklung (Prozesse, Strukturen, Personal) geprägt war, hat sich diese Entwicklung in 2021 fortgesetzt und in Bereichen verfestigt.

Inhaltlich wurden in den einzelnen Aufgaben wichtige weitere (Teil-) Ergebnisse erreicht: Im Rahmen der BEP konnten zusätzliche Ergebnisse in den Teilmodulen erzielt werden. Im Modul Bauliche Analyse wurden alle wesentlichen Gebäude an den Standorten der GFA und UA bei Ortsbegehungen erfasst (insgesamt rund 250 Einzelgebäude). In der UA fanden die Begehungen in enger Abstimmung mit dem Landesbetrieb Vermögen und Bau, Amt Karlsruhe statt. Die Auswertung und Validierung der Ergebnisse mit den Beteiligten ist in der ersten Jahreshälfte 2022 vorgesehen. Im Modul Flächenbedarfsbemessung wurde die Bemessungsmethodik im Grundsatz entwickelt und im Jahr 2021 weiter ausgearbeitet. Die Erfassung und Auswertung der Flächen erfolgte in enger Abstimmung mit den Bereichen des KIT. Zudem wurde ab der zweiten Jahreshälfte 2021 mit der Entwicklung einer städtebaulichen Strukturplanung begonnen.

Die Bearbeitung des Baulichen Entwicklungskonzepts für die Physik im Bereich V wurde intensiviert, um die dringend erforderliche Projektentwicklung auf den Weg zu bringen. Insbesondere da sich die kritische bauliche Situation der Physikgebäude am Campus Süd verschärft hat und deshalb eine Neukonzeption der Physik im Rahmen der strategischen Weiterentwicklung des KIT weiterhin unumgänglich ist.

Die Bauliche Entwicklungsplanung wird in Beteiligungsformaten, insbesondere auf Ebene des Präsidiums und der Bereichsleitungen, abgestimmt. Externe Stakeholder, wie das Bauressort der Stadt Karlsruhe, wurden weiterhin in den Kommunikationsprozess einbezogen. Der Themenkomplex Nachhaltigkeit wurde weiter ausgerollt und spielt gerade bei der Umsetzung von Bauprojekten inzwischen eine wichtige Rolle, die zum Erreichen der Klimaschutzziele noch weiter an Bedeutung zunehmen wird.

Im Flächen- und Liegenschaftsmanagement standen weiterhin die interne Organisationsentwicklung und der Personalaufbau im Fokus der Aktivitäten. Zum Jahresbeginn 2022 konnte eine neue Abteilungsleitung für das FLM gewonnen werden. Die Projektbearbeitung für ein einheitliches CAFM-System für das gesamte KIT ist vorangeschritten.

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. Außerdem werden Grundsatzfragen der zahlreichen Schnittstellen zwischen KIT und KTE besprochen.

Die interministerielle Arbeitsgruppe „AG Bauverfahren“ unter Beteiligung der relevanten Ministerien und nachgeordneten Behörden von Bund und Land hat zur Aufstellung eines einheitlichen Bauverfahrens für die GFA und UA wichtige Zwischenetappen erreicht.

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 und Sparsamkeit im Wettbewerb unter Beachtung des öffentlichen Vergabe- und Haushaltsrechtes durchgeführt. Unter denselben Voraussetzungen sind auch die einzelnen Institute/Organisationseinheiten (gemeinsam nachfolgend Institute) berechtigt, Beschaffungen < 4.200 Euro netto durchzuführen. Hiervon ausgeschlossen sind unter anderem Bau-, Personaldienst- und Beratungsleistungen sowie Werk- oder Dienstleistungen von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des KIT. EVM ist darüber hinaus zentrale Ansprechstelle und prozessverantwortlich für die Erstellung und die Abgabe von Verkaufsangeboten sowie die Annahme von Aufträgen. Inhaltlich sind die jeweils durchführenden Institute Sachverantwortliche. Im Einzelfall kann das Präsidium Institute 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 den Großforschungsbereich 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 in 2021 eingeführte Pilotprojekt der elektronischen Vergabeakte in einer Einkaufsgruppe soll im Jahr 2022 auf alle Einkaufsgruppen ausgeweitet werden, um eine vollständige Digitalisierung der Prozesse bis hin zur durchgängig papierlosen Bearbeitung aller Geschäftsvorfälle in der DE EVM als mittelfristiges Ziel zu erreichen.

Die DE **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 Aufgabenbereiche sicherzustellen.

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 vorgelegt. Die Umsetzung der eingeleiteten Schritte wird permanent verfolgt. Die Verteilung der Mittel im wissenschaftlichen Bereich erfolgt zukünftig gemäß der geltenden Governance über die Bereiche, ein nachhaltiger Strategiefonds des Präsidenten wurde aufgebaut. Die Vereinheitlichung und Weiterentwicklung der Budgetsteuerung am KIT ist wesentlich bestimmt durch die Entwicklungen im Rahmen von KIT 2.0. Das darauf basierende Berichtswesen wird auf SAP-Basis eingeführt. Mit der im März 2020 eingeführten automatisierten Rechnungseingangsbearbeitung ist sowohl die elektronische Entgegennahme von Eingangsrechnungen als auch ein sich daran anschließender vollständig elektronischer Workflow etabliert. Auch im Bereich der Ausgangsrechnungen werden elektronische Rechnung versandt und ein interner elektronischer Workflow wird eingeführt. Die Digitalisierung weiterer Prozesse bis hin zur durchgängig papierlosen Bearbeitung aller Geschäftsvorfälle im Finanzbereich ist das mittelfristige Ziel.

Die DE **Projekt- Prozess- und Qualitätsmanagement (PPQ)** begleitet in der Initiierungs- und Umsetzungsphase von wissenschaftsinduzierten Ausbauinvestitionsprojekten des KIT Aufgaben des Projektmanagements bzw. der Realisierungsunterstützung an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft, und Organisationseinheiten der Administration. Daneben übernimmt sie Controllingaufgaben zu Ausbauinvestitionen im Auftrag des Präsidiums und der Bereichsleitungen und organisiert in diesem Kontext auch eine bereichsübergreifende Veranstaltung zum Status der Großinvestitionsprojekte.

Im Jahr 2021 wurden 24 laufende Investitions-Projekte im Korridor größer 2,5 Mio. Euro begleitet. Die Projekte MOSES, FLUTE; SOLTEC und MoNiKa wurden erfolgreich beendet. Als neue Investitionsmaßnahmen wurden die Projekte Hika, das DeepStor-Vorprojekt sowie Hover neu aufgenommen. Ebenfalls als Aufgabe neu hinzu kam die Begleitung von Großgeräteinvestitionen aus großen Drittmittelvorhaben, die inhaltlich zum Teil eng mit den laufenden,

institutionellen Großinvestitionen verzahnt sind. Hervorzuheben sind hierbei die Projekte Actris-D_CF, Actris-D_NF, ApplHy, Heloka_US sowie Seko-P2M. In Vorbereitung auf Folgeprojekte wurden mehrere Vorhaben in enger Abstimmung mit der koordinierenden DE FOR und anderen Dienstleistungseinheiten zur Antragsreife gebracht.

Neben den Aufgaben im Rahmen des Projektmanagements, der Qualitätssicherung und des Controllings von wissenschaftsinduzierten Großinvestitionsprojekten nahmen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der DE auch Aufgaben im Rahmen einiger Projekte zu KIT 2025 wahr. Hervorzuheben sind dabei das Leitprojekt 1.4 „Global sichtbare Großgeräte und das Umsetzungsprojekt zur Weiterentwicklung des Bauprojektprozesses und des Bauprojektcontrollings, die jeweils in 2021 begonnen wurden.

Der Beschluss des Präsidiums zur Realisierung des vereinfachten Bauverfahrens im Umfeld der Großforschungsaufgaben aus dem Jahr 2020 konnte mit der Besetzung der vom Fördergeber geforderten Mindeststellenzahl ab März 2021 konkretisiert werden. Insgesamt wurden im ersten Jahr vier Pilotprojekte im vereinfachten Bauverfahren gestartet, anhand derer mit den beteiligten Dienstleistungseinheiten sowie in Abstimmung mit den beteiligten Ministerien das Verfahren im nächsten Schritt weiter verfeinert und konkretisiert sowie die Zahl der Anwendungsfälle gesteigert werden soll.

Die **Stabsstelle Stab des Präsidenten und CIO (STAB)** unterstützt den Präsidenten des KIT in seiner operativen und strategischen Verantwortung. Die Stabsstelle setzt sich zusammen aus den drei Abteilungen „Präsidentenbüro“, „Digital Office“ und „Koordinationsstelle Helmholtz-Forschungsbereich Energie“. Leiterin der Stabsstelle und zugleich Chief Digital Officer (CDO) des KIT ist Dr. Julia Winter.

Das Präsidentenbüro unterstützt Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka in allen operativen und strategischen Tätigkeiten. In 2021 stand vor allem die Weiterentwicklung des KIT, die in der Verabschiedung eines Weiterentwicklungsgesetzes des KIT resultierte, die Begleitung der Umsetzung der Dachstrategie KIT 2025 sowie der Umgang mit der Pandemiesituation neben den bereits bekannten Herausforderungen im Fokus. Darüber hinaus war die Wissenschaftsplattform Klimaschutz ein zentraler Aspekt der Arbeit.

Das Digital Office ist die zentrale Einheit, die das KIT bei der Digitalisierung begleitet und die Leitungsebene in ihrer Verantwortung diesbezüglich berät und unterstützt. Im Jahr 2021 lag der Hauptfokus auf der Erarbeitung des Handlungsfeldes „Digitalisierung“ als neues Kapitel der Dachstrategie KIT 2025. Über die gemeinschaftliche Erarbeitung von Thesen, abgeleiteten Zielen und Maßnahmen wurde im Austausch mit den zuständigen Gremien in einem breiten und iterativen Prozess ein Entwurf für das neue Kapitel „Digitalisierung“ der Dachstrategie erstellt. Dieser Text wird Grundlage für eine Befassung in Senat und Aufsichtsrat im ersten Quartal 2022 sein. Nach den entsprechenden Beschlüssen werden die Maßnahmen projektiert und die Projekte durch die Leitung freigegeben werden, um damit in die Umsetzung einzusteigen.

Zudem wurde 2021 die zweite Ausschreibungsrunde im Strategiefonds des KIT im Teilbudget Digitalisierung vorbereitet und Verfahrensverbesserungen auf Grundlage der Erfahrungen im Vorjahr vorgenommen. Der Fonds stellt Fördermittel bereit, um strategisch relevante Digitalisierungsvorhaben am KIT aktiv und gezielt zu unterstützen und zu beschleunigen. Im Jahr 2021 wurden 28 Anträge gestellt und 16 davon bewilligt, die im Laufe des Jahre 2021 begonnen und z.T. schon abgeschlossen wurden.

Die Koordinationsstelle Helmholtz-Forschungsbereich (FB) Energie unterstützt den Präsidenten des KIT und Vizepräsidenten der Helmholtz-Gemeinschaft, Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, in seiner Rolle als Forschungsbereichskoordinator Energie der Helmholtz-Gemeinschaft. Im

Rahmen der Betreuung der Gremien des FB Energie standen 2021 die erste Sitzung des Strategischen Beirats sowie die Erstellung einer Internationalisierungsstrategie und einer Open-X (Open Access/Open Data/Open Source) Strategie im Fokus. Die Erstellung einer Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR) als Instrument für die strategische Forschungsplanung im FB Energie hat begonnen. Energie System 2050 (ES2050) hat seine Arbeit als zentrale Plattform des Forschungsbereichs Energie zur programm- und FB-übergreifenden Vernetzung sowie dem Talentmanagement, der Öffentlichkeitsarbeit und dem Wissenstransfer (Outreach) aufgenommen. In diesem Rahmen hat ES2050 die Kickoff-Veranstaltung der PoF IV im FB Energie organisiert sowie zwei Positionspapiere erstellt.

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 2021 viele Fragen und Unsicherheiten 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. Zu diesem Thema wurde ein Merkblatt zur allgemeinen Information im Intranet veröffentlicht.

Die Auswertung der Risikoabfrage von COMP zu Korruptionsrisiken vom April 2021 zeigte im Allgemeinen, dass die am KIT implementierten Präventionsmaßnahmen bekannt sind und nahezu flächendeckend gut umgesetzt werden. Die Ergebnisse wurden auf Sensibilisierungsbedarf untersucht und bei Bedarf Gespräche mit den Leiterinnen und Leitern von Organisationseinheiten geführt.

Im März 2021 tagte der jährliche interne Arbeitskreis Compliance zum kommunikativen Austausch der Compliance am KIT. Der externe Erfahrungsaustausch der Compliance-Beauftragten mit Compliance-Verantwortlichen anderer Forschungseinrichtungen musste in Folge von Einschränkungen aufgrund der Corona-Pandemie entfallen. Daneben war eine verstärkte Kontaktaufnahme universitärer Einrichtungen mit der Compliance-Beauftragten aufgrund des am KIT weit fortgeschrittenen Compliance-Management-Systems zu verzeichnen.

Der jährliche Compliance-Bericht enthielt vereinzelt Anregungen zu Prozessoptimierungen bzw. Sensibilisierungsmaßnahmen. Gesamtbetrachtend ist auch für 2021 festzustellen, dass das Compliance-Management am KIT kontinuierlich für steigende 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.

Als einen wesentlichen Baustein einer Datenschutzorganisation am KIT hat das Präsidium im November 2019 die „Richtlinie zu Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartnern für Datenschutz und Informationssicherheit in den Organisationseinheiten des KIT“ beschlossen. Die Benennung der Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner wurde im Berichtszeitraum nicht vollständig abgeschlossen. Die Benennung soll im Jahre 2022 vollständig erfolgt sein.

Die Schwerpunkte der Tätigkeiten der Stabsstelle Datenschutz standen im Jahr 2021 wie bereits im letzten Berichtszeitraum im Lichte der COVID-19-Pandemie. Insbesondere lag der Fokus auf der datenschutzrechtlichen Betrachtung von neuen Diensten, der Prüfung der Voraussetzungen zur datenschutzkonformen Durchführung von Online-Wahlen sowie der Umsetzung

der Anforderungen der diversen Corona-Verordnungen insbesondere bezüglich der notwendigen Datenerhebungen, beispielweise der Erfassung des 3G-Status.

Ein weiterer Schwerpunkt der Tätigkeit der Datenschutzbeauftragten des KIT im Berichtszeitraum war die Mitarbeit in der Arbeitsgruppe der baden-württembergischen Universitäten zur Erstellung von Mustersatzungen gem. §§ 12 Abs. 3, 6 Landeshochschulgesetz (LHG).

Wie auch im vorhergehenden Jahr beriet die Datenschutzbeauftragte mit ihrem Team Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei Forschungsprojekten, bei denen personenbezogene Daten von Probandeninnen und Probanden oder Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern verarbeitet werden mussten sowie die Ethikkommission des KIT zur datenschutzrechtlichen Konformität von Forschungsprojekten, bei denen ein Ethikvotum benötigt wurde.

Des Weiteren wurden von der Stabsstelle Datenschutz Auftragsdatenverarbeitungsverträge mit externen Dienstleistern sowie Verträge gem. Art. 26 DS-GVO verhandelt. Die Stabsstelle Datenschutz nahm zudem an Dienstvereinbarungsverhandlungen teil und beriet bei IT-Projekten, die die automatisierte Verarbeitung von personenbezogenen Daten zum Gegenstand hatten. Die Datenschutzbeauftragte arbeitet eng mit dem Informationssicherheitsbeauftragten des KIT zusammen. In der Arbeitsgruppe für Informationssicherheit, Datenschutz und Recht (ASDuR) werden unter der Leitung des Informationssicherheitsbeauftragten des KIT 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.

Im zweiten Jahr der Corona-Pandemie steht die psychische Gesundheit weiterhin im Fokus der **Stabsstelle Konfliktmanagement und Psychosoziale Beratung (KMB)**. Trotz einer gewissen Routine im Umgang mit den pandemiebedingten Rahmenbedingungen ist die Anzahl der Ratsuchenden im Vergleich zu den Vorjahren nochmals angestiegen.

Die Beratungs- und insbesondere Online-Angebote werden sehr gut angenommen und rege genutzt.

Mit der Psychosozialen Beratung stellt die Stabsstelle KMB die zentrale Anlaufstelle für berufliche und private Herausforderungen dar, die Mitarbeitenden die Möglichkeit bietet, sich wieder orientieren und sammeln zu können. Die Vereinbarkeit von Beruf und Familie bleibt im Berichtszeitraum weiterhin eine große Herausforderung. Aufgrund der Dauer der Lockdowns sind Isolation und Vereinsamung zum Beratungsthema geworden. Resilienz- und Achtsamkeitskurse wurden mehrfach online angeboten und waren permanent ausgebucht. Für Gäste und ausländische Mitarbeitende wurden Beratungs- und Schulungsangebote in englischer Sprache geschaffen.

In der Konfliktbearbeitung konnte das Format von Online-Mediationen weiter etabliert werden und fand bei den Konfliktparteien höhere Akzeptanz. Die Partner des Netzwerkes Konfliktmanagement analysierten die Herausforderungen von Homeoffice und Führen auf Distanz, um gezielt Maßnahmen gegen Konfliktpotenziale einzuleiten. Die Erfahrungen fließen in die Entwicklung neuer Arbeitsmodelle (New Work) ein.

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 2021 wurden im Rahmen der Prüfungstätigkeit neben der Erstellung des Prüfungsplans 2021, des Tätigkeitsberichts für das Jahr 2020, zwei Realisierungsberichten von Abschlussvermerk-Anweisungen und des Risikoberichts 2021 des KIT insgesamt 16 Revisionsberichte gefertigt.

Im Rahmen des Audits von EU-Projekten wurden sechs Projekte 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.

Chancengleichheit ist im Sinne des Gender-Mainstreamings in der Struktur des KIT verankert und eine wichtige Managementaufgabe. Im Präsidium ist die Vizepräsidentin für Personal und Recht die Ansprechpartnerin für die **Chancengleichheitsbeauftragten**. Diese sind in die relevanten Gremien und Kommissionen des KIT eingebunden. Der Chancengleichheitsplan des KIT beinhaltet Maßnahmen und Ziele, die eine Erhöhung der Frauenanteile auf verschiedenen Qualifizierungsstufen festlegen. Diese werden im jährlichen Gender Monitoring-Bericht evaluiert. Maßnahmen zur Förderung der Chancengleichheit von Frauen und Männern werden in verschiedenen Organisationseinheiten angeboten und durchgeführt. Hervorzuheben sind hier die Geschäftsstelle Chancengleichheit, die fachlich den wissenschaftlichen Chancengleichheitsbeauftragten zugeordnet ist, sowie die Abteilung Diversity Management in der DE Personalentwicklung und Berufliche Ausbildung (PEBA).

Im Jahr 2021 wurde das Projekt „Umsetzung der Evaluationsergebnisse der Chancengleichheitspolitik des KIT“ erfolgreich abgeschlossen. Ein Nachfolgeprojekt daraus ist die „Optimierung des ChG-Marketings“. Hier ist die Chancengleichheit ebenso involviert wie in die Projekte „New Work“ und „Behandlung des Themas Machtmissbrauch am KIT“. Im Herbst 2021 wurde darüber hinaus ein Projekt zur Novellierung der „Satzung für die Chancengleichheit für Frauen und Männer am KIT“ und „Wahlordnung für die Wahl der Chancengleichheitsbeauftragten und ihren Stellvertreterinnen am KIT“ initiiert, welche Ende 2022 verabschiedet werden soll.

Die KIT-Senatskommission „Chancengleichheit und Diversität“, tagte in 2021 vier Mal. Themenschwerpunkte waren u.a. die digitale Barrierefreiheit, der Austausch zu aktuellen Aktivitäten der AG „Antidiskriminierung“ sowie die Einrichtung eines Inklusionsbeirates am KIT. Ein Highlight war der gemeinsame Kurz-Workshop „Lessons learned aus der Corona-Pandemie“ für alle Mitglieder der Kommission, bei dem ein Blick auf Herausforderungen und Möglichkeiten im Hinblick auf Chancengleichheit und Diversität während und nach der Pandemie gerichtet wurde.

Der neue Chancengleichheitsplan 2022-2026 wurde als Teil des Struktur- und Entwicklungsplans nach Abschluss des Gremienweges, positiver Stellungnahme des KIT-Senats und Beschluss des Aufsichtsrates im November 2021 an das MWK übersandt. Der Chancengleichheitsplan enthält ambitionierte Ziele und Maßnahmen zur Weiterentwicklung und Verwirklichung der Chancengleichheit am KIT. Der umfangreiche partizipative Entwicklungsprozess startete Ende 2019. Aus der Chancengleichheit waren sowohl die Chancengleichheitsbeauftragten und die Leitung der Geschäftsstelle Chancengleichheit als auch einige Vertrauensfrauen aus den KIT-Fakultäten Teil des Projektteams.

Der Arbeitsbereich „KINT – Kinder in Naturwissenschaft und Technik am KIT“, welcher der Geschäftsstelle Chancengleichheit zugeordnet ist, umfasst aktuell drei Maßnahmenswerpunkte; Schulkind-Betreuung (mit Fokus auf die Ferienzeiten im Schulferienkalender Baden-Württemberg), Kinder-Uni sowie Angebote zur Kongressbetreuung. Der Fokus 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. Im Rahmen der außerschulischen Bildungs- und Betreuungsangebote für schulpflichtige Kinder nahmen im Jahr 2021 insgesamt 253 Kinder an den 7 Veranstaltungswochen der Schulkindbetreuung des KIT teil. Im Einklang mit der jeweils für das Land Baden-Württemberg geltenden CoronaVO wurden gemäß den Vorgaben zur Einhaltung des Infektionsschutzgesetzes im Jahr 2021 keine weiteren Präsenzveranstaltungen angeboten und durchgeführt.

Der bundesweite Girls' Day fand 2021 zum ersten Mal komplett digital am KIT in Zusammenarbeit von Campus Süd, Nord und Alpin statt. Mit rund 500 angemeldeten Schülerinnen aus ganz Deutschland konnten eine sehr gute Resonanz und große Reichweite erzielt werden. Die Schülerinnen hatten dabei die Möglichkeit, ihr Wissen in ca. 50 Online-Workshops zu Themen wie Computersimulationen, Robotik oder Thermodynamik zu erweitern. Zudem bot die Berufliche Ausbildung des KIT eine digitale Führung durch eine Werkstatt an, welche live übertragen wurde. Im Nachgang konnten sich die Schülerinnen zudem am eigens für diesen Tag entwickelten Girls' Day-Quiz beteiligen.

Im Rahmen des Audits „familiengerechte hochschule“ wurde die Kampagne „Kind und Campus: So geht's!“ weiterverfolgt. Ein geplanter Infostand vor der Mensa musste aufgrund der Pandemie abgesagt werden. Der Runde Tisch „Studieren mit Kind am KIT“ traf sich in 2021 zwei Mal.

Im Rahmen des Vereins „Familie in der Hochschule e.V.“ fanden eine digitale Jahrestagung im Juni sowie ein digitales Arbeitstreffen im November statt. Die Leiterin der Geschäftsstelle Chancengleichheit wirkt weiterhin als Sprecherin im Vorstand des Vereins mit.

Die Arbeitsgruppe „gegen sexualisierte Belästigung und Gewalt“ am KIT organisierte im Zuge der LaKoG-Kampagne „#Zieh einen Schlusstrich“ auch in 2021 wieder verschiedene Aktionen zur Sichtbarmachung des Themas „Gegen Gewalt an Frauen“. Am bundesweiten „Tag gegen Gewalt an Frauen“ am 25. November 2021 standen verschiedene Chancengleichheitsakteurinnen und -akteure im Rahmen einer „offenen Sprechstunde“ für Anfragen über diverse Kanäle wie Chat, Telefon, Zoom etc. zur Verfügung. Auch eine Kommunikationsplattform für Studierende im Internet wurde bespielt. Das Präsidiumsgebäude am Campus Süd sowie das Casino am Campus Nord erstrahlten zudem in orangefarbenem Licht, welches international als Zeichen gegen Gewalt verstanden wird.

Der **Personalrat** vertritt die Interessen der Beschäftigten des KIT nach den Vorgaben des Landespersonalvertretungsgesetzes sowohl auf individueller als auch auf kollektiver Ebene. Im Jahr 2021 wurden u.a. weitere Dienstvereinbarungen abgeschlossen, die Vereinfachungen für die Arbeit aus dem Homeoffice beinhalten und diese regeln, wie z.B. die Telefonie über eine App. Dies wurde nicht nur coronabedingt notwendig, sondern auch im Hinblick auf das Projekt „New Work“, welches vom Präsidium des KIT neu aufgelegt wurde.

In das Projekt „New Work“ wurde der Personalrat von Anfang an eingebunden und beteiligt sich hier insbesondere in der Perspektive Mensch. Dort sind die meisten personalratsrelevanten Fragestellungen zu erwarten.

Auch im Projekt „Personalstrategie“ des KIT war der Personalrat von Anfang an eingebunden und hat einige Teilprojekte begleitet. Die Fragen der aus den Projekten resultierenden Mitbestimmung werden erst in diesem Jahr angegangen werden.

Ein großes Anliegen des Personalrats war, sich dem Thema Machtmissbrauch zu widmen. Machtmissbrauch hat viele Facetten. Häufig ist wissenschaftliches Personal davon betroffen, insbesondere die Promovierenden. Deren prekäre arbeitsvertraglichen Bedingungen waren 2021 ebenfalls ein wichtiges Thema zwischen Personalrat und Dienststelle.

Der Internetauftritt des Personalrats wurde überarbeitet und bildet nun mit den Instrumenten digitale Informationsveranstaltung, gedrucktes PR-Info und digitaler PR-Newsletter ein umfassendes Informationstool für die Beschäftigten.

Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit des Personalrats waren Beratungen einzelner Beschäftigter. Besonderen Beratungsbedarf gab es zu Fragen bezüglich der Arbeit aus dem Home-office.

Der Personalrat ist im KIT-Senat vertreten und einzelne Personalratsmitglieder arbeiteten aktiv in verschiedenen KIT-Senatskommissionen mit.

Die Tarifrunden TVöD und TV-L (beide Tarifverträge gelten am KIT) spielten bei der Arbeit des Personalrats ebenso eine Rolle wie bspw. die Auseinandersetzung mit gesetzlichen Änderungen im Arbeits- und Tarifrecht. Schließlich setzte der Personalrat seine Zusammenarbeit mit Betriebs- und Personalräten anderer bundesdeutscher Forschungseinrichtungen und den Universitäten des Landes Baden-Württemberg fort. Die traditionell gute Zusammenarbeit mit der Gewerkschaft ver.di wurde weiter gepflegt.

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 Engineering Digital Futures (EDF) und dem Betrieb des Helmholtz-Großgeräts GridKa, das dem Helmholtz-Programm Matter and the Universe (MU) zugeordnet ist, übernimmt das **Steinbuch Centre for Computing (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 hatte pandemiebedingt erneut ein wesentlicher Teil der Aktivitäten das Ziel, Online-Lehre und Arbeiten im Home-Office bzw. in virtuellen Räumen zu unterstützen und technisch zu verbessern. Zusätzlich zur technischen Integration der Zoom- und Microsoft-Plattformen wurde auf der Basis der Software Big Blue Button ein internes Videokonferenzsystem incl. Reservierungssystem für Anwendungen mit hohen Datenschutz- und Vertraulichkeitsanforderungen (z.B. Berufungskommissionen oder Prüfungen) realisiert.

Im Rahmen der Inkubator-Plattform „Helmholtz Federated IT Services“ (HIFIS) wurden die Arbeiten der Etablierung einer Helmholtz-weiten Infrastruktur zur Authentifizierung und Autorisierung (AAI) für den Zugang zu IT-Ressourcen gestartet. Für das HIFIS Cloud Cluster bringt das SCC innerhalb verschiedener Arbeitsgruppen zum föderierten Service Management Dienste in die Helmholtz Cloud ein, u.a. den NextCloud-basierte bwSync&Share-Dienst und eine OpenStack-Umgebung.

Weiter wurden im Berichtszeitraum unter Koordination des SCC im Land Baden-Württemberg zwei Projekte eingeworben, in denen gemeinsam zwei wesentliche Teile der IT-Infrastruktur für Forschung und Lehre weiterentwickelt werden. Zum einen sind die Campusnetze der Universitäten und Hochschulen für angewandte Wissenschaften die Basis jeglicher elektronischen Kommunikation auf dem Campus. Im Projekt bwCampusnetz soll deshalb eine exemplarische Netzwerkarchitektur für ein Next-Generation-Campusnetz entworfen und prototypisch implementiert werden. Die Schwerpunkte werden dabei auf Netzsegmentierung, Wireless LAN, VPN und Firewall liegen. Weiterhin steht an den Hochschulen des Landes für den Zugang zu einer Vielzahl an verteilten Diensten und Ressourcen die im Projekt bwIDM entwickelte föderierte AAI zur Verfügung. Im Projekt bwIDM2 soll diese Infrastruktur den gestiegenen Anforderungen insbesondere an IT-Sicherheit angepasst werden. Es etabliert u.a. eine Gruppen-/Rollenverwaltung für überregionale und nationale Communities mit Delegationsmechanismen und erarbeitet Fachkonzepte zur Integration eines langfristigen Personen-Identifikators, wie er im Forschungsdatenmanagement notwendig ist.

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. Im Berichtsjahr hat die Corona-Pandemie eine sehr wesentliche Rolle in der KIT-Bibliothek gespielt. Die sonstige 24-Stunden-Öffnung war ausgesetzt und die Benutzung vor Ort stark eingeschränkt. Die Fachbibliotheken Chemie und Informatik waren wegen Baumaßnahmen und Corona-Sondernutzungen mit wenigen Ausnahmen das gesamte Berichtsjahr für den Bibliotheksbetrieb gesperrt. Durch die bereits seit vielen Jahren verfolgte E-First-Strategie bei Erwerbung und Lizenzierung neuer Medien konnte die Bibliothek das Informationsangebot aber trotz der eingeschränkten Zugänglichkeiten weitestgehend nahtlos aufrechterhalten.

Das digitale Schulungsangebot wurde weiter ausgebaut. Unter dem Titel „Online Course: Good Research Practice“ ist eine englische Version des erfolgreichen Onlinekurses „Gute wissenschaftliche Praxis“ als Referenzkurs über die Webseite der DFG frei verfügbar.

Um ihre Dienstleistungen auch künftig zu erweitern und zu aktualisieren, führt die Bibliothek eine Reihe von Drittmittelprojekten mit Förderung durch DFG, BMBF, MWK u.a. durch. Der systematische Zugang zu digitalen Datenbeständen wird für neue wissenschaftliche Erkenntnisse und damit für Innovationen und Technologietransfer immer wichtiger. Die Bibliothek unterstützt die NFDI-Konsortien mit Beteiligung des KIT über verschiedene Dienstleistungen, wie etwa durch „forschungsdaten.info“, das gemeinsam mit der Universität Konstanz betrieben wird, und als Mitveranstalter der E-Science-Tage.

Eine Treuhandstelle für Mobilitäts-Daten (TreuModa) ist unter Beteiligung der Bibliothek im Aufbau, die als unabhängige und gemeinnützige Schnittstelle eine datenschutzkonforme Bereitstellung und Nutzung von Daten aus dem Bereich der Mobilität durch Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft ermöglichen wird.

Die KIT-Bibliothek hat zusammen mit der TIB Hannover eine Absichtserklärung für die Schaffung eines Portals für forschungsnahe Dienste in der Chemie „Fachinformationsdienst Chemie“ eingereicht.

In Kooperation mit dem Forschungsdatenmanagement NRW wurde ein „Zertifikatskurs Forschungsdatenmanagement“ mitgestaltet und ein Teilmodul „Technische Infrastruktur“ übernommen, dass den Teilnehmern einen umfangreichen Überblick zum Thema Repositorien vermittelt.

Der Publikationsfonds zur Förderung von Open Access Publikationen wurde ausgebaut. Die Bibliothek hat erfolgreich Mittel im Rahmen der DFG Ausschreibung zur Open-Access-Transformation eingeworben. Um eine effiziente Bewirtschaftung der Fördermittel zu gewährleisten und den Anforderungen des Monitorings zu begegnen, wurden das sog. APC-Modul, eine Eigenentwicklung der KIT-Bibliothek zur Verarbeitung von Gebührenrechnungen für Publikationen in Gold-Zeitschriften, um einige Datenfelder und Funktionalitäten erweitert und die Abläufe zwischen Rechnungsstelle der KIT-Bibliothek und Finanzmanagement des KIT weiterentwickelt.

Mit „KITopen“ betreibt die Bibliothek weiterhin ein sehr innovatives Repository, das alle Publikationen des KIT verzeichnet und zudem Forschungsdaten, digitale Lehrveranstaltungen und andere Publikationen sammelt und erschließt. „KITopen“ ist ein wichtiges Element der Forschungsberichterstattung am KIT. Mit „KIT Scientific Publishing“ betreibt die Bibliothek den deutschlandweit größten institutionellen Verlag für die Forscher/innen des KIT. Der Verlag ist ein wesentlicher Baustein der Open-Access-Förderung, weil alle Publikationen dort parallel auf „KITopen“ veröffentlicht werden. Für das vom BMBF geförderte Projekt „TU9_Monos“ werden die Publikations- und Produktionswege von Open-Access-Monografien nachhaltig auf andere Einrichtungen übertragbar gemacht.

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, die Unterstützung und Begleitung koordinierter Forschungsprogramme und deren Initiativen bei der Erstellung von Antragsskizzen und Vollarträgen. Außerdem gehören Begutachtungen, die Weiterentwicklung der Nachwuchsförderung am KIT sowie die Qualitätssicherung der Promotionsbedingungen zu den Aufgaben des KHYS. Neben den in Kapitel A.1.2.5 dargestellten

Aufgaben, Maßnahmen und Tätigkeiten war das Jahr 2021 vor allem durch mehrere Projekte geprägt.

Das Vorhaben „Young Scientist Support – KHYS“ des Exzellenzstrategieantrags beinhaltet die Weiterentwicklung des KHYS u. a. hinsichtlich der Zusammenarbeit mit den Promotionsprogrammen des KIT. So wurde der Aufbau neuer KIT Graduate Schools an den KIT-Zentren mit einem entsprechenden wettbewerblichen Verfahren weitergeführt. In der zweiten Förderrunde wurden vier Schools „Enabling Net Zero“, „Cyber Security“, „Quantum Matter“ und „Computational and Data Science“ ausgewählt. Das eingeworbene Helmholtz Career Development Center, das „KHYS Postdoc Office“, hat sich erfolgreich etabliert, und sein breites Angebot steht allen Postdocs und Postdoc-Interessierten zur Verfügung. Zum zweiten Mal wurde eine Befragung der Postdocs durchgeführt, um mehr über die Bedarfe der Postdocs zu erfahren und die Qualität der Postdoc-Phase am KIT weiterzuentwickeln. Um den negativen Auswirkungen für den wissenschaftlichen Nachwuchs durch die einschränkenden Maßnahmen im Rahmen der Corona-Pandemie begegnen zu können, wurden drei Angebote aufgesetzt. Das Weiterbildungsprogramm wurde auf Online- bzw. E-Learning-Angebote umgestellt, ein Notfallfonds zur Unterstützung des Promotionsabschlusses aufgesetzt und mit dem Remote Collaboration Program ein flexibles Tool geschaffen, das Promovierende und Postdocs dabei unterstützt, ihre internationalen forschungs- oder karriererelevanten Netzwerke unabhängig von derzeitigen Reisebeschränkungen auszubauen oder zu erhalten.

Das **House of Competence (HoC)** ist die zentrale wissenschaftliche Einrichtung am KIT zur fachübergreifenden Kompetenzentwicklung von Studierenden. Im HoC sind drei organisationale Einheiten zusammengeschlossen, die für das KIT die Themen Schlüsselqualifikationen, Lehrerbildung und Mediales Lernen entwickeln. Das HoC leistet Forschungsarbeit und erbringt darauf basierend Lehr- und Beratungsangebote sowie zusätzliche Services.

Der Onlinekurs „Gute wissenschaftliche Praxis“ der KIT-Bibliothek und des Schreiblabors des HoC wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) in das Portal Wissenschaftliche Integrität aufgenommen. Das Portal dient zur Konkretisierung des DFG-Kodex „Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“. In der Linkliste zu Leitlinie 2 „Berufsethos“ verweist die DFG auf den Kurs als Beispiel für die Vermittlung guter wissenschaftlicher Praxis, die fester Bestandteil in der hochschulischen Ausbildung sein sollte. In dem Onlinekurs lernen Studierende, welche Regeln und Normen des Wissenschaftssystems bereits im Studium relevant sind und wie Forschung redlich durchgeführt wird. Das Angebot ist seit Sommer 2020 für Angehörige des KIT auf ILIAS verfügbar, Externe können über die Plattform „Open Courses KIT“ darauf zugreifen.

Das vom Methodenlabor des HoC gemeinsam mit dem Institut für Sport und Sportwissenschaft verantwortete Projekt „MyHealth“ hat zusammen mit dem Netzwerk Gesundheit des KIT den diesjährigen Preis „Homeoffice sicher und gesund gestalten“ der Unfallkasse Baden-Württemberg (UKBW) gewonnen. Die Jury der UKBW hob vor allem folgende Punkte der Bewerbung des KIT lobend hervor: das breite Angebot für Studierende und Beschäftigte, die hohe Akzeptanz durch kontinuierliche Weiterentwicklung von Strukturen sowie die Initiativen für Bewegung und psychische Gesundheit mithilfe neuer Medien. Der Preis ist mit 10.000 Euro dotiert.

Am Perspektivenlabor des HoC wurde das Pilotprojekt „TrainMe@KIT“ zur Förderung der Chancengleichheit am KIT gestartet. Das Ziel ist, weiblichen Studierenden berufliche Wege am KIT aufzuzeigen und den Nachwuchs in technischen Abteilungen zu fördern. Im Rahmen dieses Projektes bietet das HoC zehn Praktikumsplätze für Studentinnen an. Die Praktika finden in verschiedenen Abteilungen am Campus Nord statt, wie beispielsweise Gebäudemanagement, Ver- und Entsorgungsanlagen oder Planen und Bauen. Das Programm richtet sich

an junge Frauen, die etwas bewegen möchten und Spaß an interdisziplinärer und hierarchie-übergreifender Arbeit haben. Parallel zum Praktikum unterstützt das HoC beim Aufbau eines Netzwerkes von Praktikantinnen, Mitarbeitenden sowie internen und externen Führungskräften und Expertinnen, um einen Erfahrungsaustausch in neuen Begegnungsformaten zu ermöglichen.

Vom Lernlabor des HoC ist eine neue Publikation in der vom HoC betreuten Reihe „Forschungsperspektive Schlüsselqualifikation“ erschienen. Der Band „Lehre – Beratung – Forschung: Lernprozesse im Hochschulkontext fördern“ zeigt Chancen und Herausforderungen im Rahmen der Förderung des forschenden, medienbasierten und selbstregulierten Lernens im akademischen Kontext auf. Anhand von Praxisbeispielen aus verschiedenen deutschen Hochschulen werden fachübergreifende Konzepte für die Lehre und Beratung illustriert und die Implementierung der Ansätze kritisch reflektiert. Zudem werden Evaluationskonzepte und Forschungsansätze zur Überprüfung der Wirksamkeit erläutert und die daraus hervorgehenden Ergebnisse präsentiert

Das **Zentrum für Mediales Lernen (ZML)** als Dienstleister, Projektpartner und koordinierende Einrichtung im Bereich Digitalisierung/E-Learning fokussierte sich auch 2021 auf die pandemiebedingte Umstellung des Lehrbetriebs am KIT auf Online-Lehre. Schwerpunkt der Aktivitäten bildete dabei der Ausbau des Informations- und Beratungsangebotes zum Thema „Hybride Lehre“ (<https://www.zml.kit.edu/corona-info.php>).

Die an das ZML angekoppelte Geschäftsstelle des Hochschulnetzwerks Digitalisierung der Lehre Baden-Württemberg (HND-BW), das am KIT eingerichtet wurde, intensivierte seine Arbeit. Das Netzwerk ist zum einen operativ tätig, d.h. es koordiniert den Wissenstransfer zwischen den E-Learning-Servicestellen und initiiert gemeinsame Projekte. Zum anderen versteht sich das HND-BW als strategischer Verbund. Der Geschäftsführer des Hochschulnetzwerks steht in engem kollegialen Austausch mit der Leitung der E-Learning-Services am ZML, die die Interessen des KIT im Netzwerk vertritt. Die Prorektorinnen und Prorektoren sowie die Vizepräsidentinnen und Vizepräsidenten für Lehre der Landesuniversitäten identifizieren im HND-BW Lenkungskreis kollaborative Handlungsfelder, stimmen Positionen ab und vertreten sie gemeinsam nach außen.

Aktuell laufen zwei Projekte zum Thema digitale Prüfungen mit Beteiligung des HND-BW und des ZML. Im Rahmen von „Prüfung hoch III Drei“ haben sich Initiativen am KIT, an der FAU Erlangen-Nürnberg und an der RWTH Aachen zusammengeschlossen. Mit Unterstützung des Stifterverbandes wird ein überregionales Netzwerk für den Erfahrungsaustausch über innovative Prüfungsszenarien aufgebaut und mit Fellowships engagierte Lehrende gefördert, die kreative Prüfungsideen umsetzen.

Im großen Verbundprojekt „Partnerschaft für innovative E-Prüfungen“ (PePP) entwickeln alle baden-württembergischen Landesuniversitäten gemeinsam Prüfungsszenarien, die mehr Kompetenzorientierung, Lernendenzentrierung und Flexibilität ermöglichen. Die Vorhaben zielen auf ein landesweites System für Fernprüfungen ab, auf die Realisierung von Prüfungen mit mobilen Endgeräten sowie auf die Integration von Praxissoftware in Prüfungsumgebungen.

In verschiedenen weiteren Projekten hat das ZML seine Kernkompetenzen in den Bereichen Mediendidaktik und Medienproduktion eingebracht und diese weiterentwickelt. So entstand u.a. in einer gemeinsamen Projektgruppe des ZML und des Instituts für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV) ein deutschsprachiger „Massive Open Online Course“ (MOOC) zum Thema „Angewandte Machine Learning Algorithmen“. Der MOOC vermittelt sowohl ein grundlegendes Verständnis für Machine Learning als auch praktische Kompetenzen im Umgang mit Algorithmen. Seit September 2021 steht der Kurs allen Interessierten uneingeschränkt auf der Plattform des KI Campus zur Verfügung: <https://ki-campus.org/amalea>

Das **Zentrum für Lehrerbildung (ZLB)** am KIT ist die zentrale Anlaufstelle für alle Studierenden des höheren Lehramts an Gymnasien am KIT. 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 verschiedenen Institutionen im Feld der Lehramtsausbildung.

Seit März 2020 läuft das QLB-Projekt (Qualitätsoffensive Lehrerbildung) „Digitalisiertes Lernen in der MINT-Lehrkräftebildung (digiMINT)“. In „digiMINT“ werden in den MINT-Lehramtsfächern digitale Lernkontexte entwickelt, erprobt und evaluiert. Das Projekt wird seit November 2020 durch „digiLAB“ mit den Fächern NwT und Sport ergänzt. Im Wintersemester 2021/22 fand erstmals das Seminar „Lehre.digital - Digitale Kompetenzen für Lehramtsstudierende“ im Bildungswissenschaftlichen Begleitstudium statt.

Das seit Ende 2019 vom MWK geförderte Drittmittelprojekt „KAiAC-T“ hat sich seit 2020 im fächerübergreifenden Lehramtsstudiengang als unterstützendes Begleitprogramm etabliert und in 2021 nochmals Fahrtwind aufgenommen: Die ständigen und teilweise sehr kurzfristigen, pandemiebedingten Anpassungen haben die Begleitveranstaltungen zum Orientierungspraktikum nachhaltig positiv verändert. Dabei sind das vorbereitende Online-Self-Assessment, die individuelle und zeitlich unabhängige Bearbeitung von Reflexionsaufgaben via ILIAS, die durchgeführten online-Workshops via Zoom, die Etablierung eines anschlussfähigen E-Portfolios nur einige Beispiele. Als Verbundprojekt mit der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe konnte 2021 zudem die erfolgreiche Zusammenarbeit auf ein übergreifendes Netzwerk lehramtsausbildender Hochschulen in Baden-Württemberg ausgeweitet werden.

Das **Studienkolleg (STK)** hat im Auftrag des MWK die Aufgabe, internationale Studienbewerberinnen und -bewerber auf die Feststellungsprüfung (FSP) oder auf den erforderlichen Sprachnachweis (DSH oder TestDaF) 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 2021 zwölf Vollzeitkurse mit Ausrichtung auf Studienfächer im natur- und ingenieurwissenschaftlichen Bereich sowie sechs Kurse zur Vorbereitung auf den TestDaF/DSH statt mit insgesamt rund 236 Studierenden. Hinzu kamen je dreiwöchige Deutschsprachkurse vor Beginn des Semesters. Im März/April 2021 fanden fünf dieser Intensiv-Kurse mit rund 60 und im September/Oktober 2021 zwölf Kurse mit rund 120 Teilnehmerinnen und Teilnehmern statt. Zudem stellt das Studienkolleg ein jährliches Angebot an ca. 53 studienbegleitenden, allgemeinen Deutschkursen (GER, A1-C1) für insgesamt rund 820 Teilnehmende. Das Angebot wird durch gesonderte Deutschkurse auf Anfrage für KIT-interne Einrichtungen sowie durch TestDaF-Vorbereitungskurse erweitert. Des Weiteren unterstützte das Studienkolleg im Jahr 2021 43 Geflüchtete im Rahmen des DAAD-Programms INTEGRA in Propädeutika und in Deutschkursen.

Leider war auch das Berichtsjahr 2021 am **Sprachenzentrum** von der Corona-Pandemie geprägt. Erfreulicherweise konnten aber nach drei Online-Semestern 90% der Kurse des Wintersemesters 2021/22 vollständig in Präsenz durchgeführt werden. Es wurde die übliche Anzahl von etwa 200 Kursen in 14 Sprachen angeboten. Auch zukünftig werden die Dozentinnen und Dozenten für eventuell kurzfristige Umstellungen auf digitales Unterrichten entsprechend

geschult und mit Zugängen für Meeting-Plattformen ausgestattet. Die angestammten Prüfungsformate UNICert und DAAD-Test konnten auch 2021 angeboten werden. Das Sprachenzentrum war in den Online-Konferenzen der europäischen Hochschulverbünde EUCOR und EPICUR präsent.

Das **MINT-Kolleg Baden-Württemberg** ist die zentrale Anlaufstelle für alle Studienanfängerinnen und -anfänger der MINT-Fächer am KIT und bietet zahlreiche studienvorbereitende und -begleitende Unterstützungskurse an. Das MINT-Kolleg ist eine Verbundeinrichtung des KIT und der Universität Stuttgart. Beide Partneruniversitäten verfolgen das gemeinsame Ziel, Studieninteressierten und Studierenden den Übergang von der Schule an die Hochschule zu erleichtern und sie auf die Anforderungen eines MINT-Studiums vorzubereiten.

Konkretes Ziel der Einrichtung ist die Erleichterung der Studieneingangsphase durch eine Vielzahl an fachlichen Kursmaßnahmen, um individuelle Fähigkeiten und Kompetenzen für ein MINT-Studium zu fördern. Das MINT-Kolleg bietet eine Reihe von Kursen im Bereich der studienvorbereitungs- und Studieneingangsphase. Diese reichen von studienvorbereitenden Maßnahmen im digitalen Format sowie im Präsenzformat bis hin zu semesterbegleitenden und prüfungsvorbereitenden Kursen mit individuellen Betreuungsmöglichkeiten. Die Vorkurse und die propädeutischen Kurse unterstützten Studieninteressierte und angehende Studierende bei der Vorbereitung auf ein MINT-Studium. Zugleich gibt es digitale Lehr-/Lernmaßnahmen (Online-Brückenkurse, Online-Assessment-Test), die Studieninteressierte bei der fachlichen Selbsteinschätzung und bei der Vorbereitung auf ein Studium unterstützen. Die studienbegleitenden Kursmaßnahmen wie Semesterkurse und prüfungsvorbereitende Aufbaukurse sind sowohl inhaltlich als auch organisatorisch auf die Studienpläne der MINT-Studiengänge des KIT angepasst. Durch die verschiedenen Formate haben Studierende in der gesamten Studieneingangsphase bzw. in den ersten zwei bis drei Fachsemestern die Möglichkeit, für ihre Studiengänge relevante Inhalte zu wiederholen und zu vertiefen sowie in kleinen Gruppen zu üben. Zugleich werden sie bei Bedarf durch die Möglichkeit der Streckung der Studieneingangsphase entlastet und stärker gefördert.

Im Sommersemester 2021 stand die digitale Lehre im Fokus der Lehraktivitäten des MINT-Kollegs. Trotz digitaler Lehre ist die Nachfrage nach den MINT-Kursen gleich hoch geblieben. Neben der Online-Lehre in Echtzeit mit digitalen Arbeitsmaterialien fanden auch hybride Formate statt. So wurden hybride Vorkurse für Studienanfängerinnen und Studienanfänger des Jahrgangs 2021/22 mit dem Ziel angeboten, die Vernetzung der angehenden Studierenden vor Ort zu ermöglichen. Das Format kam bei den Studierenden sehr gut an. Zum einen wurde die Flexibilität des hybriden Formates sehr gut bewertet, da auch Studierende ohne eine Wohnmöglichkeit vor Ort vom Vorkurs profitiert haben. Zum anderen schätzten die Teilnehmenden die Möglichkeiten des gegenseitigen Kennenlernens vor Ort. Im Wintersemester 2021/22 fanden die MINT-Kurse wieder vollständig in Präsenzformat statt.

Neben den Lehrtätigkeiten arbeitete das MINT-Kolleg auch 2021 an bestehenden Kooperationsprojekten mit. Ein wichtiger Meilenstein im Berichtsjahr war die erfolgreiche Verstetigung der Studienstart-Landesfördermittel (Fonds Erfolgreich Studieren in Baden-Württemberg) und hierdurch die Sicherung der künftigen Weiterentwicklung der Online-Brückenkurse. Die digitalen Brückenkurse Mathematik und Physik wurden im Rahmen von Kooperationen mit weiteren Universitäten und Hochschulen bundesweit unter Federführung des MINT-Kollegs entwickelt. Beide Brückenkurse erhielten im Rahmen einer externen Qualitätssicherung das Qualitätssiegel der TU9.

Ferner beteiligte sich das MINT-Kolleg im Rahmen der landesweiten cosh-Kerngruppe Physik an der Entwicklung des Mindestanforderungskatalogs Physik. cosh steht für ein Kooperations-team zwischen Schule und Hochschule. Diese Arbeitsgruppe setzt sich für eine verbesserte Zusammenarbeit zwischen Schulen und Hochschulen des Landes Baden-Württemberg ein.

Der Mindestanforderungskatalog Physik beschreibt die Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen, die angehende Studierende eines MINT-Studiengangs vorweisen sollten, um das Studium erfolgreich zu starten.

Das **Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale (ZAK)** ist eine zentrale wissenschaftliche Einrichtung des KIT. Die Kernaufgabe ist der Austausch zwischen Wissenschaft und Gesellschaft in Lehre, öffentlichen Veranstaltungen und Forschung. In der fachübergreifenden Lehre erwerben Studierende Kenntnisse, Schlüsselkompetenzen und Wissen außerhalb der eigenen Fachgrenzen. Das Studium Generale sowie vertiefende Studienangebote als Zusatzqualifikation bieten Orientierung für Studium und Gesellschaft. Die Lehre am ZAK bereitet auf erfolgreiches Handeln an den Schnittstellen zwischen Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Öffentlichkeit im späteren Berufsleben vor.

In Veranstaltungen für die Öffentlichkeit werden gesellschaftsrelevante Sachdebatten um Umwelt, Technologie und Wissenschaft aufgegriffen und die Folgen wissenschaftlichen Handelns reflektiert. Zudem wird gefragt, wie Austausch zwischen Wissenschaft und Gesellschaft in liberalen Demokratien gelingen kann und gestaltet werden sollte. In der Forschung beschäftigt sich das ZAK auf der Grundlage sozialwissenschaftlicher Forschungsmethoden mit Dynamiken öffentlicher Debatten um Wissenschaft, Technologie und Nachhaltigkeit.

Seit dem 1. August 2021 hat Prof. Dr. Senja Post die wissenschaftliche Leitung des ZAK übernommen. Das Verhältnis zwischen Wissenschaft und Gesellschaft steht im Fokus ihrer Forschungstätigkeit. Sie ist gleichzeitig Professorin für Wissenschaftskommunikation mit dem Schwerpunkt Wirkung/Transfer am Institut für Technikzukünfte (ITZ).

Hervorzuhebende öffentliche Veranstaltungen im Jahr 2021 waren: im Wintersemester 2020/21 das Colloquium Fundamentale zu „Das vom Menschen Gemachte. Kulturwissenschaft gestern und morgen“ und im Sommersemester 2021 zu „Anthropozän. Die ökologische Frage und der Mensch, der sie stellt“. Das Colloquium Fundamentale stellt in jedem Semester als Vortragsreihe jeweils ein gesellschaftlich bedeutsames Thema in Vorträgen, Streitgesprächen und Podiumsdiskussionen interdisziplinär in den Mittelpunkt und wendet sich dabei an Studierende, Mitglieder und Angehörige des KIT sowie an die interessierte Öffentlichkeit. Erstmals unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Dr. Senja Post folgten im Wintersemester 2021/22 sechs Vorträge zum Thema „Wissenschaft in der Politik. Von den Potenzialen und Problemen einer komplexen Beziehung“. Im Jahr 2021 führte das ZAK zudem mehrere öffentliche Kooperationsveranstaltungen durch: Die „Frühlingstage der Nachhaltigkeit – Projektstage zu Nachhaltigkeit in Wissenschaft, Studium, Beruf und Alltag“, mit einer öffentlichen Keynote von Prof. Dr. Maja Göpel mit über 1.000 Zuschauenden zu „Wir machen Zukunft – Das spannende Zusammenspiel zwischen Freiheit und Verantwortung“. – Als Beitrag zur EFFEKTE-Reihe in Kooperation mit dem KIT-Zentrum Klima und Umwelt und dem Wissenschaftsbüro der Stadt Karlsruhe fand der Vortragsabend „Heiter bis wolkig: Die Erderwärmung und die Wolken“ mit Prof. Dr. Jan Cermak und Prof. Dr. Corinna Hoose vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung des KIT statt. Das ZAK beteiligte sich zudem am Projekt „CuLTURE China - The KIT Competence Network for Innovation in Cultural Learning and Training in a University and Research Environment“ und führte 2021 hierfür u.a. einen Vortragsabend und Diskussionsveranstaltungen im Format „Internationales Forum“ durch: „China – Umgang mit einer neuen Weltmacht“, ein Vortrag von Dr. Mareike Ohlberg (Senior Fellow, Asia Program, The German Marshall Fund of the United States). In Kooperation mit dem Department für Geschichte des KIT beteiligte sich das ZAK an der öffentlichen Ringvorlesung „50 Jahre Grenzen des Wachstums“ (acht Termine). Das ZAK führte die zweitägige öffentliche Konferenz „Arbeit von übermorgen – zwischen Science und Fiction“ im Rahmen des BMBF-geförderten Projektes „FutureWork“ und in Kooperation mit dem ZKM Karlsruhe durch. Erstmals wurden die ZAK

Talks als zweitägige Veranstaltung mit Symposium, ARTE-Filmnacht, Podiumsdiskussion und Lesung im Rahmen der KIT Science Week 2021 „Der Mensch im Zentrum Lernender Systeme“ durchgeführt, gefördert durch das BMBF und das MWK BW (Förderung Exzellenzuniversität), in Kooperation mit ARTE, dem Badischen Staatstheater Karlsruhe und dem ZKM Karlsruhe.

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 werden Veranstaltungen zu rund 370 Kursthemen angeboten.

Im Berichtsjahr 2021 wurden 624 Kurse mit insgesamt 5.984 Teilnehmenden durchgeführt. Durch die Corona-Pandemie kam es auch 2021 zu Einschränkungen im Kursbetrieb. Kurse mussten verschoben, abgesagt oder mit verminderter Teilnehmezahl durchgeführt werden. Es wurden zusätzlich verstärkt Online- und Hybridkurse angeboten. Während die Kursanzahl nahezu gleichgeblieben ist, stieg die Anzahl der Teilnehmenden um knapp 3%.

Der Anteil externer Teilnehmender lag daher nur bei 74% im Vergleich zum Vorjahr. Die Einnahmen aus dem externen Kursbetrieb stiegen um 19% Prozent und betrugen 2 Mio. Euro.

Die für 2021 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.

Im nächsten Jahr wird im zweiten Halbjahr eine Rückkehr zum Normalbetrieb erwartet.

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. Im Zuge der Neuordnung von Zuständigkeiten nach der Bundestagswahl 2021 wird die Projekträgerschaft Entsorgungsforschung vom BMWK zum BMUV wechseln. PTKA hat in 2021 sein Wachstum auf über 170 Mitarbeitende fortgesetzt. Maßgeblich hierfür waren drei Entwicklungen: Im Vertrag „Forschung für Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ wurden weitere Mehraufwendungen im Zuge von Corona-Hilfsmaßnahmen und zur Strukturstärkung für den Auftraggeber BMBF erbracht, die zu erheblichen Aufwüchsen führten. In der Projekträgerschaft für „Ressourcen, Kreislaufwirtschaft, Geoforschung“, die gemeinsam mit dem Projekträger Jülich (PtJ) betreut wird, wurden zusätzliche Aufgaben zur Koordination europäischer Aktivitäten übernommen und in Rechnung gestellt. Zu guter Letzt haben sich die für das Land Baden-Württemberg betreuten Fördermittel seit 2019 annähernd verdoppelt. Unter Ertragsgesichtspunkten hat sich das Jahr 2021 somit als das bislang wirtschaftlich beste des vollständig zusatzfinanzierten PTKA erwiesen. Die Einnahmen lagen insgesamt knapp über 17 Mio. Euro. Damit betreute PTKA in 2021 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 oder Existenzgründungen liegen, reichte. PTKA hat in 2021 das ursprünglich bereits für das Vorjahr geplante Kombiaudit seines Qualitätsmanagementsystems gem. ISO 9001:2015 und seines Informationssicherheitsmanagementsystems gemäß ISO 27001:2013 erfolgreich durchgeführt. Dem PTKA wurde somit attestiert, über ein normgerechtes integriertes Managementsystem der o.g. Standards zu verfügen. PTKA hat am 1. Oktober 2021 den 50. Jahrestag der Aufnahme von Aufgaben zur Übernahme von Projekträgetätigkeiten begangen. Die ursprünglich vorgesehene

Feierveranstaltung konnte aufgrund der anhaltenden pandemischen Lage jedoch nicht durchgeführt werden. Es wird geprüft, ob dies 2022 möglich 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.

Die weiter anhaltende Corona-Pandemie hat im TEC zu keinen Einschränkungen bei der Unterstützung der Forschenden des KIT geführt. Die aus dem Jahr 2020 bekannten Regelungen und praktizierten Abläufe zeigten sich als stabiles Fundament im Jahr 2021. Trotz weiter anhaltender Pandemie bewegte sich das Auftragsvolumen auf dem geringfügig gestiegenen hohen Niveau des Vorjahres. Diese Entwicklung in Kombination mit langen Lieferzeiten bei Materialien führte jedoch zu einer längeren Auftragsbearbeitung bei TEC. Im Jahr 2021 konnte TEC in neue Maschinen investieren, jedoch machten sich hier Lieferengpässe der Lieferanten negativ bemerkbar. Die bestellten Maschinen konnten erst im 1. Quartal 2022 geliefert und in Betrieb genommen werden. Für das Jahr 2022 wird mit deutlich gestiegenen Material- und Energiekosten gerechnet, sowie mit Engpässen und sehr langen Lieferzeiten bei den im TEC verarbeiteten Materialien. Dies verteuert Forschungsarbeiten mit einem größeren experimentellen Anteil und der Notwendigkeit von Anlagen und Forschungskomponenten.

A.6.3 Entwicklung des Basisbetriebs

Die DE **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 sowie Absolventinnen und Absolventen zur Verfügung, um alle Prozesse von der Bewerbung bis zur Ausgabe der Abschlussdokumente zu unterstützen. Ein großer Meilenstein in Bezug auf die Digitalisierung des Bewerbungsprozesses konnte Ende 2021 umgesetzt werden. Die Bewerbung für die Masterstudienplätze am KIT konnten nun erstmals vollständig und ohne Medienbrüche von der Einreichung der Bewerbung bis zur Immatrikulation digital umgesetzt werden. 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.

Neben dem Service für Studieninteressierte und Studierende leistet die DE SLE parallel den Service für die KIT-Fakultäten. Dies betrifft die Studiengangsentwicklung sowie die Lehr- und Prüfungsorganisation. Bei der Studiengangsentwicklung ist die Beteiligung am internen Akkreditierungsverfahren KIT-Plus Verfahren hervorzuheben sowie die Begleitung bei der vorgebenkonformen Entwicklung und IT-unterstützten Darstellung der Studiengänge.

Das Team der Lehr- und Prüfungsorganisation bearbeitet die Lehrveranstaltungs- und Prüfungsverwaltung und berät dabei die KIT-Fakultäten. Durch die Corona-Pandemie mussten in kürzester Zeit Prüfungsverfahren umgestellt und digitale Formate neu entwickelt werden. In den gegründeten Arbeitskreisen unterstützte das Team die Weiterentwicklung unterschiedlicher digitaler Prüfungsformate und der digitalen Lehrangebote.

Ein großer Erfolg war auch im Jahr 2021 die rein digitale Studieninformationswoche. Der normalerweise eintägige Studieninformationstag im November wurde über eine digitale Messeplattform abgehalten und die Zugriffsmöglichkeiten auf eine Woche verlängert. Mit deutlich erhöhten Registrierungen wurden nicht nur insgesamt mehr Studieninteressierte angesprochen, sondern auch im größeren überregionalen, europäischen und teilweise auch überkontinentalen Kreis.

Betriebsärztinnen und -ärzte unterstützen die Gestaltung guter Arbeitsbedingungen, sie beraten und unterstützen Arbeitgeber und Beschäftigte in Fragen des Arbeitsschutzes, der betrieblichen Gesundheitsförderung, Wiedereingliederung und der medizinischen Prävention. Die **Medizinischen Dienste (MED)** nehmen seit 2014 für alle Standorte des KIT im Raum Karlsruhe die arbeitsmedizinischen Aufgaben gemäß staatlichen und berufsgenossenschaftlichen Vorgaben zum Arbeits- und Gesundheitsschutz wahr. Den Standorten Ulm und Garmisch-Partenkirchen steht MED bei Bedarf beratend zur Verfügung.

MED betreute auch 2021 unverändert diverse am Campus Nord ansässige Gastinstitutionen und Fremdfirmen. Auch in Bezug auf die akut- sowie strahlenschutzmedizinische Notfallfunktionen, letztere insbesondere für Einrichtungen der KTE GmbH und des JRC Karlsruhe im vollkontinuierlichen Schichtdienst, ergaben sich keine Änderungen. Die Funktion als Regionales Strahlenschutzzentrum der Berufsgenossenschaften besteht weiterhin. Als einer der zahlreichen mit Strahlenschutz befassten Akteure am KIT ist MED Mitglied im „Netzwerk Strahlenschutz am KIT“.

MED ist weiterhin durch die leitende Betriebsärztin gemeinsam mit der Leitung des Instituts für Sport und Sportwissenschaften im Lenkungskreis des betrieblichen Gesundheitsmanagements (BGM) um VP Personal und Recht vertreten und neben zahlreichen anderen Akteuren operativ im Netzwerk Gesundheit engagiert. Im betrieblichen Eingliederungsmanagement (BEM) auf Basis des § 167 Abs. 2 SGB IX ist MED eine der möglichen Anlaufstellen für betroffene Beschäftigte.

Auch 2021 war wie schon das Vorjahr von der Corona-Pandemie geprägt. MED ist in Person der leitenden Betriebsärztin in der Koordinierungsstelle Corona vertreten. Der individuelle Beratungsbedarf sowohl von Beschäftigten als auch Führungskräften war außerordentlich hoch. Die Anfragen betrafen beispielsweise Maßnahmen bei Infektionen im Betrieb, gesundheitliche Aspekte beim Tragen von Mund-Nasen-Schutz, Corona-Tests, Impfungen, Verhalten bei Dienstreisen oder den Umgang mit Gästen aus dem Ausland.

Auch unter strenger Berücksichtigung des gebotenen erhöhten Infektionsschutzes für zu Untersuchende und medizinisches Fachpersonal konnten notwendige Routineaufgaben, wie die arbeitsmedizinischen Vorsorgen und insbesondere auch Eignungsuntersuchungen im Strahlenschutz, ohne größere Abstriche durchgeführt werden. Fakultative Leistungen, z.B. Herzkreislauf-Vorsorgen, mussten dagegen gestrichen werden. Auch die Kurse für betriebliche Ersthelfende, die bei MED-CN durch Eigenpersonal angeboten werden, mussten phasenweise ganz ausgesetzt werden bzw. konnten nur mit verminderter Gruppengröße stattfinden. Nachdem zur Jahresmitte die Politik grünes Licht gegeben hatte, dass Betriebsärztinnen und -ärzte Covid-Impfungen durchführen können, hat MED von Juni bis August 2021 an zwei eigens hierfür eingerichteten Impfzentren am Campus Süd und am Campus Nord ca. 3.100 Erst- und Zweitimpfungen für Beschäftigte von KIT und Gastinstitutionen, sowie – gegen Ende der Impfkampagne – auch für Studierende durchgeführt. MED konnte dankenswerterweise bei diesen Aktionen auf zahlreiche freiwillige Helfende aus anderen OEs des KIT zurückgreifen. Nach Veröffentlichung der STIKO-Empfehlungen zu Boosterimpfungen wurden bis zum Jahresende weitere 530 Covid-Impfungen durch MED verabreicht. Dazwischen fand im Oktober und November die alljährliche Grippeimpfaktion statt, die ebenfalls auf eine sehr gute Resonanz stieß. Bei allen Impfaktionen hat sich die Einführung eines elektronischen Anmeldeverfahrens, das in enger Zusammenarbeit mit SCC, DSB und PR etabliert wurde, sehr bewährt. Ziel ist es, dieses Instrument für die Organisation künftiger betrieblicher Gesundheitsaktionen beizubehalten.

Es ist zu hoffen, dass sich 2022 das Infektionsgeschehen so weit entspannt, dass Aufgaben, die pandemiebedingt eingeschränkt werden mussten und wo großer Nachholbedarf besteht, wiederaufgenommen werden können. Weitere betriebliche Covid-Impfaktionen, eventuell auch in Verbindung mit der jährlichen Grippeimpfaktion, sind nicht auszuschließen. Ob sich ein zunehmender Beratungsbedarf im Zusammenhang mit dem steigenden Anteil an mobiler Arbeit, sei es hinsichtlich ergonomischer Fragen oder psychomentaler Belastungen ergibt, bleibt abzuwarten.

Das **Toxikologische Labor** von MED ist eine behördlich bestimmte Inkorporationsmessstelle für Ausscheidungsanalysen (in vitro-Messstelle) gemäß §169 (1) Nr. 2 Strahlenschutzgesetz und akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018. Es führt jährlich ca. 2.800-3.000 radiochemische Ausscheidungsanalysen auf Alpha- und reine Betastrahler für rund 800-850 beruflich strahlenexponierte Personen überwiegend im Rahmen von Drittmittelprojekten durch und übermittelt zentral für das KIT und weitere Auftraggeber entsprechende Dosisfeststellungen an das Strahlenschutzregister des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Die Verbindung der Inkorporationsmessstelle mit MED als regionales Strahlenschutzzentrum für Baden-Württemberg und Hessen sowie als strahlenmedizinische Weiterbildungs- und Be-

ratungseinrichtung nach innen und nach außen, stellt eine für Deutschland einmalige inhaltliche Gesamtkonzeption der strahlenmedizinischen Expertise dar. Diese kann auch zukünftig im Sinne internationaler Aktivitäten für das KIT wertvoll sein.

Die Bewältigung der Corona-Pandemie war für zahlreiche in der Dienstleistungseinheit **Allgemeine Services (ASERV)** zusammengefasste Servicebereiche 2021 weiter eine große Herausforderung. Die Sicherstellung des Basisbetriebes bei gleichzeitiger Reduktion persönlicher Kontakte und Beachtung stringenter Hygieneregeln erforderte neben organisatorischen auch umfangreiche finanzielle Anstrengungen.

Die Hauptabteilung Veranstaltungsmanagement (VAM), die das komplette Portfolio für die Organisation von analogen und digitalen Veranstaltungen abdeckt, zählt zu den besonders betroffenen Bereichen. Messen, Kongresse und Events sowie studentische Veranstaltungen fielen pandemiebedingt größtenteils aus oder mussten in digitale Räume verlegt werden. Demgegenüber erhöhte sich der Aufwand für die Organisation der Lehre unter Pandemiebedingungen erheblich. Abhängig von der Zielgruppe, dem Format, der Anzahl der Teilnehmenden, der technischen Ausrüstung und vieler anderen Faktoren benötigt jede Veranstaltung individuelle Planung und Vorbereitung, besonders unter Einhaltung der Hygieneanforderungen. Im vergangenen Jahr hat sich VAM eine umfangreiche Expertise erarbeitet um Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Lehrende und Abteilungen der Administration bei der Anpassung und Durchführung von Veranstaltungen auch unter Pandemiebedingungen zu beraten und umfassende organisatorische Unterstützung anzubieten.

Die 2019 begonnene Neustrukturierung der beiden an den Hauptstandorten des KIT angesiedelten Druckbetriebe wurde in der Hauptabteilung Dokumente intensiv vorangetrieben. Auf Basis der Empfehlungen eines externen Organisationsgutachten wird zukünftig ein zentraler, am Campus Süd angesiedelter Standort für interne Druckaufgaben betrieben. Die betriebswirtschaftlich sinnvollen internen Kapazitäten wurden ermittelt und in der zukünftigen technischen und personellen Ausstattung berücksichtigt. Diese Maßnahme wurde in 2021 weitgehend abgeschlossen.

In der Hauptabteilung Sicherheitsdienstleistungen sind die operativen Einheiten der Sicherheitsorganisation des KIT, Campussicherheit und Werkfeuerwehr, zusammengefasst. Die Weiterentwicklung der Campussicherheit von einer klassischen Werkschutzorganisation am Campus Nord zu einer modernen campusübergreifenden Serviceorganisation wurde ebenfalls weiter vorangetrieben. Dabei steht unter anderem die technische und organisatorische Zusammenführung der Alarmzentralen von Campus Nord und Campus Süd an einen Standort im Fokus. In 2020 wurden die Betriebsfunksysteme an den Campusteilen vereinheitlicht sowie die Umstellung auf Digitalfunk initiiert, die in 2021 abgeschlossen werden konnte. Darüber hinaus wurde im Zuge der Nachhaltigkeit mit der Umstellung des Fuhrparks der Campussicherheit auf E-Fahrzeuge begonnen.

Auch im Fahrzeugpark der Werkfeuerwehr wurden zur Erhöhung der Einsatzflexibilität erste Schritte zum verstärkten Einsatz von Wechselladerfahrzeugen unternommen.

Auch die übrigen Servicebereiche der DE ASERV, wie Reinigung, Wäscheservice mit Dekontamination, Hörsaalbetreuung und Medientechnik sowie Mobilitätsthemen, die in der Hauptabteilung Infrastruktur zusammengefasst sind, wurden von der Corona-Pandemie vor neue Herausforderungen gestellt. Drastisch gestiegene Anforderungen an die Hygiene in allen Liegeschäften des KIT verursachten erheblichen zusätzlichen Aufwand. Im Bereich der Unterstützung der Lehre am KIT mussten zur schnellen Ertüchtigung der Lehrräume für die digitale Onlinelehre erhebliche Anstrengungen unternommen werden, um die Medientechnik an neue Lehrformate anzupassen.

Zum 1. Oktober 2021 wurden strukturelle Änderungen der DE Allgemeine Services (ASERV) umgesetzt. Zum einen wurden die Abteilung INFRA von ASERV zu FM, zum anderen die Abteilung Sicherheitsdienstleistungen, bestehend aus Werkfeuerwehr und Campussicherheit, zu SUM transferiert.

Zum 1. September 2021 wurden strukturelle Änderungen der DE **Facility Management (FM)** umgesetzt. Die Abteilung INFRA wurde von der DE ASERV zu FM transferiert. INFRA führt die Betriebswäscherei, deckt die Dienste für die Gebäude wie z.B. die Reinigung und die Hörsaalbetreuung ab und ist für die Mobilitätsdienste am KIT wie z.B. Fahrdienste und den Betrieb des KIT-Shuttles zuständig. Außerdem wurde die Abteilung „Controlling und Grundsatzfragen“ gegründet, welche u.a. für die betrieblichen IT-Systeme, das betriebliche Prozess- und Ressourcenmanagement und die Weiterentwicklung der Betriebsführung im Sinne der Betriebssicherheit, der Ressourceneffizienz und der Nachhaltigkeit zuständig ist. Dieser Abteilung wurde auch die in 2020 eingerichtete Koordination der operativen Nachhaltigkeit zugeordnet und sie wurde erweitert. Ihre Hauptaufgabe liegt in der Unterstützung der Infrastruktur in der Planung, Entwicklung und Implementierung von nachhaltigen Lösungen in allen Bereichen des operativen Betriebes (Gebäudebetrieb, Ver- und Entsorgungsleistungen, Mobilität, Grünanlagen etc.).

Nach der Neustrukturierung in 2021 nimmt die DE FM in ihrer neuen Struktur nun die operativen Aufgaben für den Betrieb der Gebäude, Liegenschaften und der Mobilität am KIT wahr. Zu diesen Aufgaben zählen zum einen die Instandhaltung der Gebäude und die Überwachung und Störungsbehandlung der technischen Gebäudeausstattung. Zum anderen werden durch FM die Mobilitätsdienste des KIT sowie die Ver- und Entsorgungsleistungen für die Einrichtungen des KIT am Campus Nord und alle Fremdinstitutionen, die sich auf dem Gelände des Campus Nord befinden, erbracht. In 2021 wurde bei FM die zur Verbesserung des Betriebsmanagements dienende Etablierung des CAFM-Systems weitergeführt und mit der Einführung eines am KIT einheitlichen Raumbuchs für das Immobilienmanagement, Reinigungswesen und Schließwesen begonnen. Des Weiteren wurde ein Modell zur Bewertung von Szenarien zur Erreichung der Klimaneutralität entwickelt und genutzt, um mögliche Pfade zur Erreichung der Klimaneutralität hinsichtlich der Kosten zu analysieren. Auch wurde für 2021 erstmals eine CO₂-Bilanz der Energieversorgung des KIT unter Berücksichtigung der CO₂-Emissionen der Vorketten erstellt. Außerdem wurde der Anteil der Elektroautos im PKW-Bestand um weitere 4% erhöht und für das KIT-Shuttle eine Verlängerung der Betriebserlaubnis der beiden H₂-Brennstoffzellen Busse erwirkt und so die Fortsetzung des emissionsfreien Betriebs einer der ersten Wasserstoff-Bus-Linien Deutschlands für zwei weitere Jahre gesichert.

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.

Wie bereits 2020 stellte auch 2021 die Corona-Pandemie die Fachkräfte für Arbeitssicherheit vor besondere Herausforderungen. Wechselnde Gefährdungslagen, rechtliche Rahmenbedingungen und abgeleitete Maßnahmen führten teilweise zu Verunsicherung der Beschäftigten und daher zu einem erhöhten Beratungsbedarf.

Unterweisungen wurden in der Regel nicht als Präsenzveranstaltungen durchgeführt und erfolgten, ebenso wie die meisten Besprechungen und Weiterbildungsveranstaltungen, weitgehend online. Vor-Ort-Termine wurden nur unter Verwendung von Atemschutz und Einhaltung von Hygienemaßnahmen durchgeführt. Aufgrund der zeitweise geltenden Regelung, Arbeiten, wenn möglich, nicht am eigentlichen Arbeitsplatz, sondern von zu Hause aus durchzuführen, ergaben sich neue Fragestellungen und Beratungsbedarf in Bezug auf Arbeitssicherheit bei der Arbeit von zu Hause aus.

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 Mitarbeitenden werden die Unfallzahlen verschiedener Unternehmen bzw. Einrichtungen vergleichbar. Für das KIT mit ca. 9.800 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 2021	Gewerbliche Wirtschaft und öffentliche Hand 2020*
meldepflichtige Betriebs- und Sportunfälle	2,35	18,45
meldepflichtige Wegeunfälle	2,76	3,05

* Daten der DGUV von 2021 liegen noch nicht vor

Die DE **Sicherheit und Umwelt (SUM)** ist zuständig für die Aufrechterhaltung der radiologischen und konventionellen technischen Sicherheit am KIT. Unter der Leitung des vom Präsidium bestellten Sicherheitsbevollmächtigten organisiert und überwacht sie die Umsetzung und Einhaltung der an das KIT gestellten Anforderungen in Bezug auf die Sicherheit der Angehörigen des KIT und den Umweltschutz und ist zuständig für Koordinierungsaufgaben zu behördlichen Genehmigungen aller Art mit Ausnahme von Baugenehmigungen. SUM unterstützt die Organisationseinheiten des KIT bei der Umsetzung und Einhaltung gesetzlich relevanter Vorgaben in den Bereichen Arbeits-, Betriebssicherheit und Umweltschutz sowie bei Genehmigungsfragen. Das prozessorientierte Portfolio von SUM umfasst folgende Kernaufgaben: Sicherheitsmanagement, Überwachung, Messaufgaben, Analytik radioaktiver Stoffe und Strahlenexposition der Beschäftigten.

Das Tagesgeschäft der Stabsstelle ist geprägt durch Routinearbeiten einerseits und die Bearbeitung sicherheits- und umweltrelevanter Ereignisse auf der anderen Seite. SUM ist zertifiziert nach DIN EN ISO 9001:2015, ihre Labore sind akkreditiert gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018. Die Abteilungen Campussicherheit und Werkfeuerwehr sorgen mit ihren Sicherheitsdienstleistungen für den operativen Teil der Sicherheitsorganisation des KIT. Organisatorisch wurden sie ab Oktober SUM zugeordnet. Vorher waren sie in der DE ASERV angesiedelt.

Das Berichtsjahr war erneut geprägt durch die Corona-Pandemie. Bei SUM angesiedelt war die Koordinierungsstelle Corona, deren Aufgabe in der Koordinierung der coronabedingt veränderten Abläufe innerhalb des KIT bestand.

Insgesamt ist die Entwicklung der sicherheitsrelevanten Prozesse am KIT auf einem guten Weg. Nach wie vor wäre allerdings eine Bündelung der Stabsaufgaben zu den Themen Umwelt, Gesundheit und Sicherheit, die derzeit auf drei Organisationseinheiten verteilt sind, erstrebenswert und hilfreich.

A.7 Vollständige Publikationsliste

Die vollständige Publikationsliste für das Jahr 2021 ist unter folgendem Link abrufbar:
<https://www.sek.kit.edu/5486.php>, siehe Menü Berichtswesen.

Kontakt

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Strategische Entwicklung und Kommunikation (SEK)
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
Telefon: +49 721 608-41134
E-Mail: Berichtswesen@sek.kit.edu

Herausgegeben von

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Präsident Professor Dr.-Ing. Holger Hanselka
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
www.kit.edu

Karlsruhe © KIT 2022

