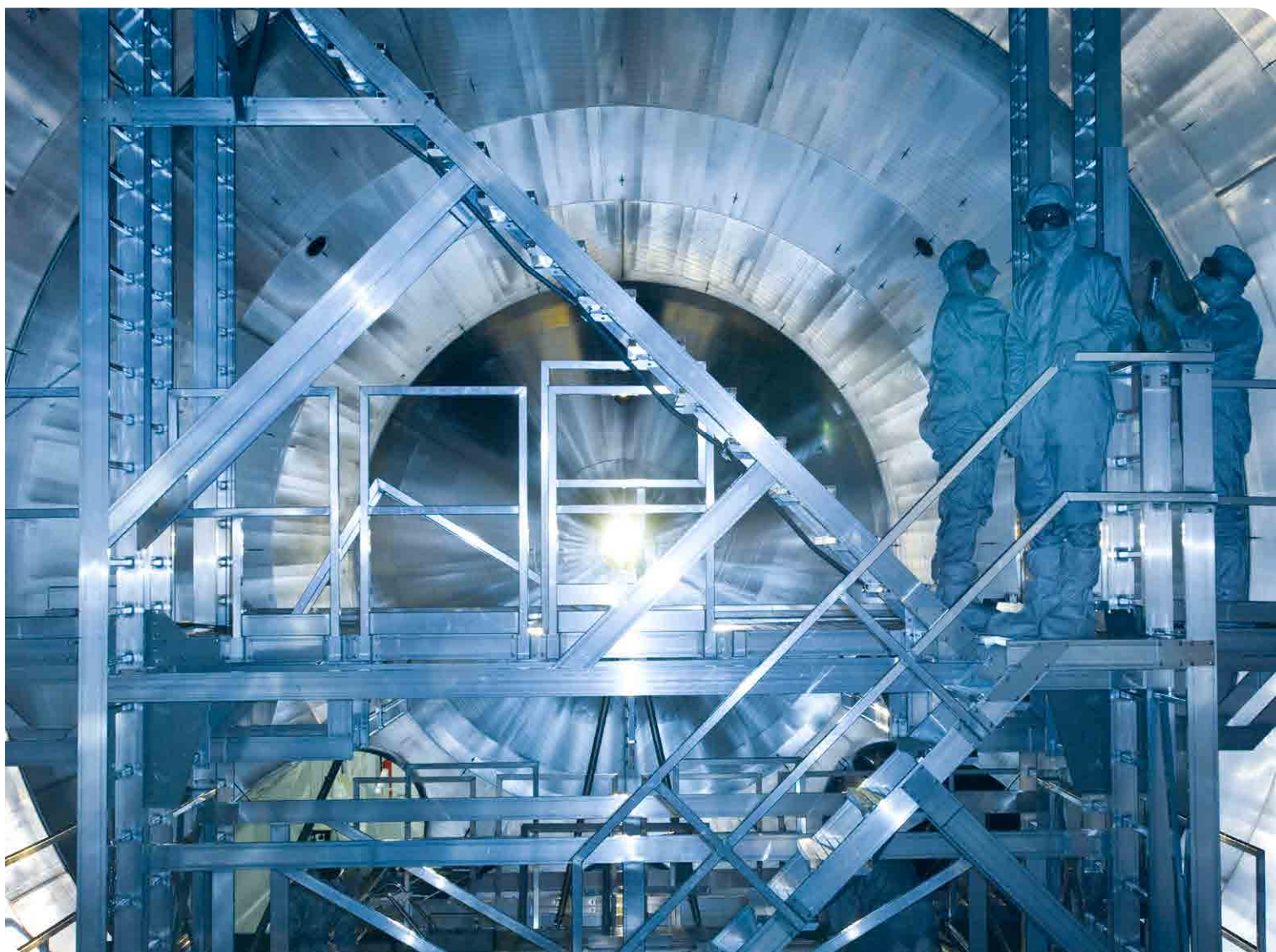


Fortschrittsbericht 2020

Textteil



Fortschrittsbericht des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

Textteil
für das Jahr 2020

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	33
A.1.2.5	Nachwuchsförderung.....	38
A.1.2.6	Chancengleichheit.....	40
A.1.3	Strategische Zentrumsplanung.....	49
A.1.3.1	Mittel- und langfristige Strategie des Zentrums	49
A.1.3.2	Risikoanalyse	53
A.1.4	Entwicklung der Institute (Großforschungsbereich)	54
A.1.4.1	Bereich I.....	54
A.1.4.1.1	Biologische Grenzflächen 1 (IBG 1).....	54
A.1.4.1.2	Biologische Grenzflächen 2 (IBG 2).....	56
A.1.4.1.3	Biologische Grenzflächen 3 (IBG 3).....	58
A.1.4.1.4	Biologische Grenzflächen 4 (IBG 4).....	59
A.1.4.1.5	Biologische Grenzflächen 5 (IBG 5).....	61
A.1.4.1.6	Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG).....	62
A.1.4.1.7	Helmholtz-Institut Ulm (HIU).....	65
A.1.4.1.8	Katalyseforschung und Technologie (IKFT)	67
A.1.4.1.9	Mikroverfahrenstechnik (IMVT).....	69
A.1.4.1.10	Technische Chemie (ITC).....	72
A.1.4.1.11	Biologische und Chemische Systeme (IBCS).....	74
A.1.4.2	Bereich II.....	79
A.1.4.2.1	Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS).....	79
A.1.4.2.2	Steinbuch Centre for Computing (SCC).....	81
A.1.4.3	Bereich III.....	85
A.1.4.3.1	Automation und Angewandte Informatik (IAI)	85
A.1.4.3.2	Angewandte Materialien (IAM)	88
A.1.4.3.3	Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik (IHM).....	99
A.1.4.3.4	Institut für Thermische Energietechnik und Sicherheit (ITES)	103
A.1.4.3.5	Mikrostrukturtechnik (IMT).....	104
A.1.4.3.6	Nukleare Entsorgung (INE)	110
A.1.4.3.7	Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR)	113
A.1.4.3.8	Technische Physik (ITEP).....	116
A.1.4.4	Bereich IV	119
A.1.4.4.1	Meteorologie und Klimaforschung (IMK)	119

A.2.1.8.4 Senatsempfehlungen	243
A.2.1.9 Strategische Initiativen	243
A.2.1.9.1 Energy Lab 2.0	243
A.2.1.9.2 Energy System 2050.....	245
A.2.1.9.3 Helmholtz Energy Materials Characterization Platform (HEMCP).....	246
A.2.1.9.4 Helmholtz Energy Materials Foundry (HEMF).....	246
A.2.1.9.5 Querschnittsverbund Bioeconomy.....	246
A.2.1.9.6 Innovationspool.....	247
A.2.2 Überblick zum Forschungsbereich Schlüsseltechnologien.....	250
A.2.2.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Helmholtz-Senat.....	250
A.2.2.1.1 Der Forschungsbereich im Überblick.....	250
A.2.2.1.2 Entwicklung im Forschungsbereich und in den Programmen	251
A.2.2.1.3 Strategische Themen.....	262
A.2.2.1.4 Quantitative Indikatoren	272
A.2.2.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien.....	274
A.2.2.3 Programmanteil BioInterfaces in Technology and Medicine (BIFTM)	276
A.2.2.3.1 Das Programm im Überblick.....	276
A.2.2.3.2 Programmergebnisse.....	278
A.2.2.3.3 Künftige Programmentwicklung	282
A.2.2.3.4 Senatsempfehlungen	282
A.2.2.4 Programmanteil Science and Technology of Nanosystems (STN).....	283
A.2.2.4.1 Das Programm im Überblick.....	283
A.2.2.4.2 Programmergebnisse.....	284
A.2.2.4.3 Künftige Programmentwicklung	294
A.2.2.4.4 Senatsempfehlungen	294
A.2.2.5 Programmanteil Supercomputing & Big Data (SBD).....	294
A.2.2.5.1 Das Programm im Überblick.....	294
A.2.2.5.2 Programmergebnisse.....	297
A.2.2.5.3 Künftige Programmentwicklung	301
A.2.2.5.4 Senatsempfehlungen	302
A.2.2.6 Nationale und Internationale Wissenschaftsinfrastruktur (Großgeräte der Leistungskategorie II) – Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMF).....	302
A.2.2.7 Strategische Initiativen	307
A.2.2.7.1 Helmholtz Data Federation (HDF)	307
A.2.2.7.2 Themengebiet Information und Data Science	308
A.2.2.7.3 Innovationspool.....	309
A.2.3 Überblick zum Forschungsbereich Materie	312
A.2.3.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Helmholtz-Senat.....	312
A.2.3.1.1 Der Forschungsbereich im Überblick.....	312
A.2.3.1.2 Entwicklung im Forschungsbereich und in den Programmen	313

A.2.3.1.3 Beiträge zum Aufbau internationaler Forschungsinfrastrukturen.....	319
A.2.3.1.4 Strategische Themen.....	321
A.2.3.1.5 Quantitative Indikatoren	333
A.2.3.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich Materie	334
A.2.3.3 Programmanteil From Matter to Materials and Life (MML).....	336
A.2.3.3.1 Das Programm im Überblick.....	336
A.2.3.3.2 Programmergebnisse.....	338
A.2.3.3.3 Künftige Programmentwicklung	340
A.2.3.3.4 Senatsempfehlungen.....	340
A.2.3.4 Programmanteil Matter and Technology (MT)	340
A.2.3.4.1 Das Programm im Überblick.....	340
A.2.3.4.2 Programmergebnisse.....	342
A.2.3.4.3 Künftige Programmentwicklung	350
A.2.3.4.4 Senatsempfehlungen.....	350
A.2.3.5 Programmanteil Matter and the Universe (MU)	351
A.2.3.5.1 Das Programm im Überblick.....	351
A.2.3.5.2 Programmergebnisse.....	354
A.2.3.5.3 Künftige Programmentwicklung	360
A.2.3.5.4 Senatsempfehlungen.....	360
A.2.3.6 Nationale und Internationale Wissenschaftsinfrastruktur (Großgeräte der Leistungskategorie II) – Grid Computing Centre Karlsruhe (GridKa).....	360
A.2.3.7 Strategische Initiativen	364
A.2.3.7.1 Querschnittsthema Materialforschung – Energieversorgung	364
A.2.3.7.2 Innovationspool.....	364
A.2.4 Überblick zum Forschungsbereich Erde und Umwelt.....	366
A.2.4.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Helmholtz-Senat.....	366
A.2.4.1.1 Der Forschungsbereich im Überblick.....	366
A.2.4.1.2 Entwicklung im Forschungsbereich und in den Programmen	367
A.2.4.1.3 Strategische Themen.....	373
A.2.4.1.4 Quantitative Indikatoren	382
A.2.4.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich Erde und Umwelt 	383
A.2.4.3 Programmanteil Atmosphere and Climate (ATMO).....	384
A.2.4.3.1 Das Programm im Überblick.....	384
A.2.4.3.2 Programmergebnisse.....	386
A.2.4.3.3 Künftige Programmentwicklung	393
A.2.4.3.4 Senatsempfehlungen.....	394
A.2.4.4 Strategische Initiativen	395
A.2.4.4.1 Advanced Earth System Modelling Capacity (ESM).....	395
A.2.4.4.2 Digital Earth.....	395
A.2.4.4.3 Modular Observation Solutions for Earth Systems (MOSES)	395
A.2.4.4.4 Regionale Klimaänderungen (REKLIM)	396
A.2.4.4.5 Innovationspool.....	396

A.3	<i>Programmungebundene Forschung</i>	<i>398</i>
	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.....	401
	A.4.2 Technologietransfer.....	424
A.5	<i>Bericht zu den besonderen Finanzierungsaufgaben</i>	<i>433</i>
A.6	<i>Infrastruktur (LK V-VII).....</i>	<i>434</i>
	A.6.1 Entwicklung des Zentrumsmanagements	435
	A.6.2 Entwicklung der wissenschaftlichen Infrastruktur	446
	A.6.3 Entwicklung des Basisbetriebs.....	455
A.7	<i>Vollständige Publikationsliste.....</i>	<i>462</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 9.600 Mitarbeiter/innen, davon rund 5400 in Wissenschaft und Lehre, sowie rd. 23.300 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. den Vizepräsidenten zugeordnet sind. Eine moderne Administration, organisiert in Dienstleistungseinheiten, Stabsstellen, zentrale wissenschaftliche 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 Wissenschaftler/innen 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 Kriteri-

um gemessen. Die Stärke der Forschung des KIT gründet somit in der Gesamtheit seiner Forschungsaktivitäten.

Die Bereiche verkörpern mit den KIT-Fakultäten die disziplinär orientierte Ausprägung des Forschungs- und Lehrprofils, während die mit der Gründung des KIT geschaffenen KIT-Zentren für die disziplinübergreifende Themenorientierung des Profils stehen, welches durch die Helmholtz-Programme und andere koordinierte Vorhaben geprägt wird. 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 Angehörige 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 – sei 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 Transfer 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 dritten Mal in Folge durch das verliehene Zertifikat des Audits „familiengerechte Hochschule“ für seine zahlreichen Maßnahmen und Unterstützungsangebote in dieser Hinsicht ausgezeichnet.

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 Wissenschaftler/innen 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 kollegiale Vorstand leitet das KIT. 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, (5) ein administratives Vorstandsmitglied für Wirtschaft und Finanzen, (6) ein administratives Vorstandsmitglied für Personal und Recht. Der Vorstand führt die Bezeichnung Präsidium.

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/n Vertreter/in als ständiges Mitglied.

KIT-Senat

Dem KIT-Senat gehören neben dem Präsidium eine Chancengleichheitsbeauftragte, Vertreter/innen aus dem Personalrat sowie gewählte Vertreter/innen der verschiedenen Angehörigengruppen aus dem Universitäts- (UB) und aus dem Großforschungsbereich (GFB) 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 (21 Institute, 64 Professor/innen und leitende Wissenschaftler/innen), Bereichsleiterin: Frau Prof. Dr. Andrea Robitzki;

Bereich II – Informatik, Wirtschaft und Gesellschaft (24 Institute, 95 Professor/innen und leitende Wissenschaftler/innen), Bereichsleiter: Herr Prof. Dr. Michael Decker;

Bereich III – Maschinenbau und Elektrotechnik (32 Institute, 66 Professor/innen und leitende Wissenschaftler/innen), Bereichsleiter: Herr Prof. h.c. Dr. Joachim Knebel;

Bereich IV – Natürliche und gebaute Umwelt (22 Institute, 67 Professor/innen und leitende Wissenschaftler/innen), Bereichsleiter: Herr Prof. Dr. Johannes Orphal (seit 01. Oktober 2020)

Bereich V – Physik und Mathematik (20 Institute und 68 Professor/innen und leitende Wissenschaftler/innen, Bereichsleiter: Herr Prof. Dr. Marc Weber (seit 01. Oktober 2020).

Daten 2020

Budget KIT Gesamt (Planzahl laut Wirtschaftsplan 2020):

977 TEuro (davon grundfinanziert 639 TEuro)

Budget Großforschungsbereich (Planzahl laut Wirtschaftsplan 2020):

471 TEuro (davon grundfinanziert 338 TEuro)

Anzahl Mitarbeiter/innen KIT Gesamt:

9.618

Anzahl Mitarbeiter/innen Großforschungsbereich:

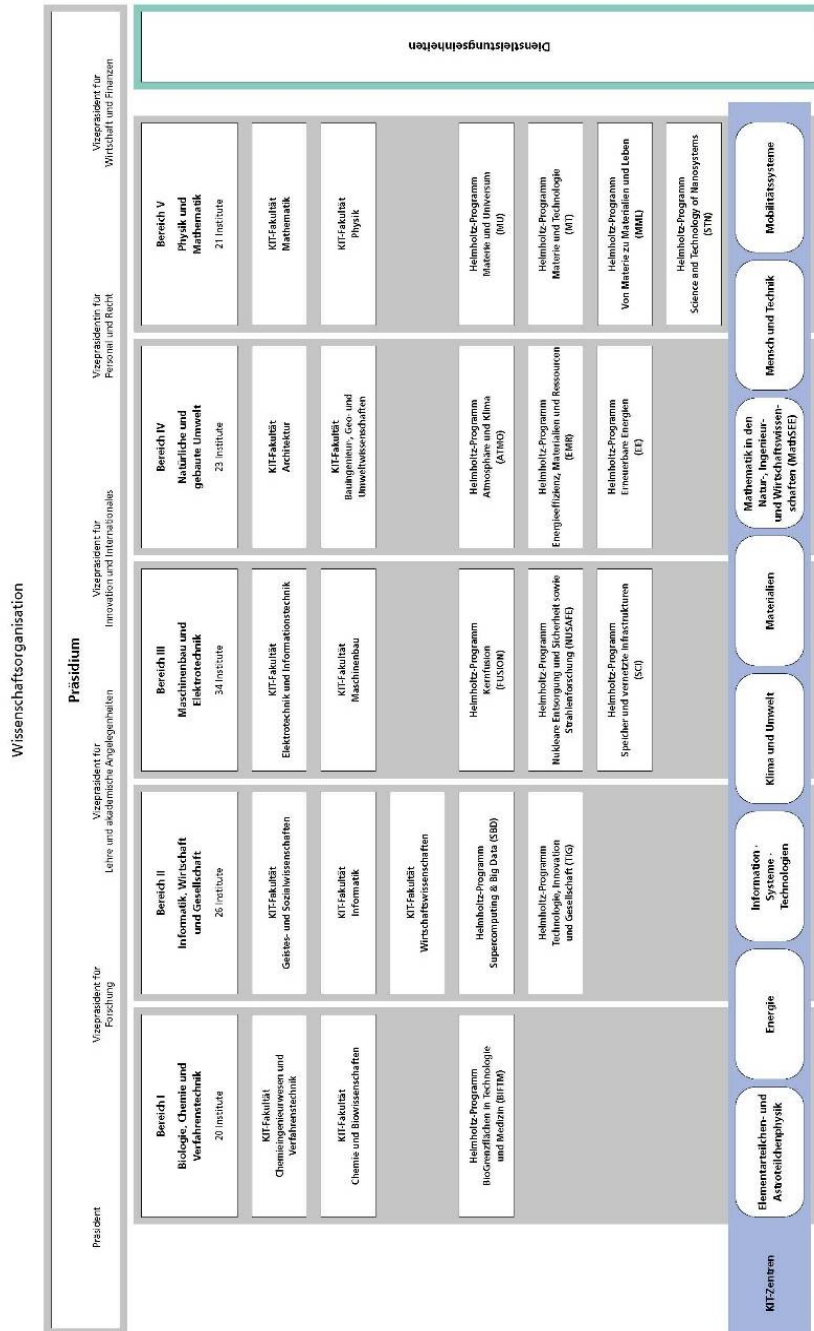
4.154

Organigramme

Organigramm der Wissenschaftsorganisation

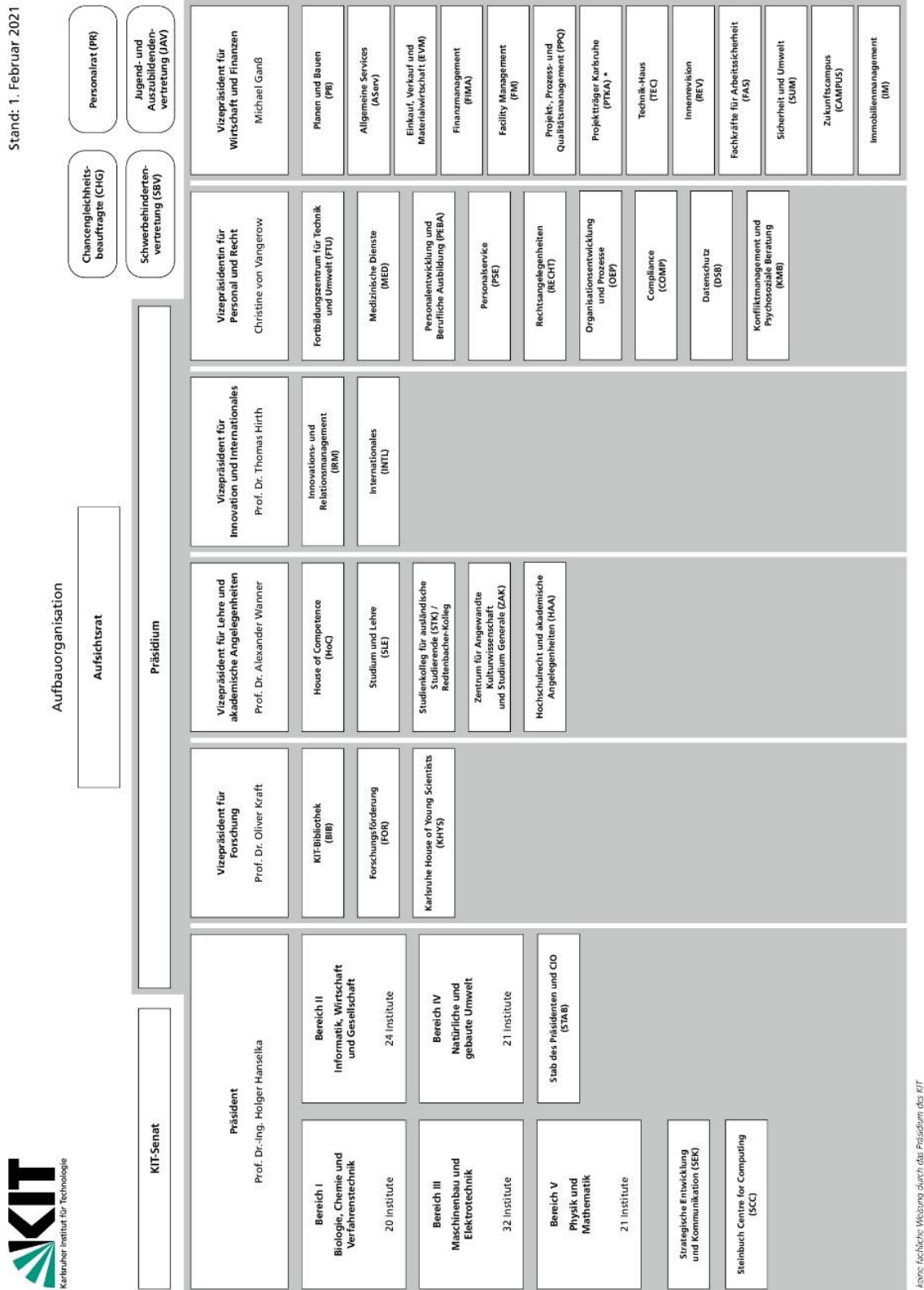


Stand: Dezember 2020



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

Organigramm der Aufbauorganisation



A.1.2 Qualitative Beschreibung der Zentrumsentwicklung

A.1.2.1 Ziele des letzten Jahres und Zielerreichung

Organisationsstruktur des KIT

Am 21. Dezember hat der KIT-Senat Prof. Dr. Oliver Kraft, VP Forschung, und Prof. Dr. Thomas Hirth, VP Innovation und Internationales, in ihren Ämtern für eine weitere Amtszeit ab Januar 2022 bestätigt. Eine Bereichsleiterin und zwei Bereichsleiter haben im Jahr 2020 ihr Amt neu angetreten; zwei amtierende Bereichsleiter wurden in ihrem Amt bestätigt. Auf struktureller Ebene nahm die neue Stabstelle „Stab des Präsidenten und CIO (STAB)“ ihre Arbeit auf, ebenso die beiden neuen Dienstleistungseinheiten „Immobilienmanagement (IM)“ und „Planen und Bauen (PB)“. Dr. Arne Upmeyer hat sein Amt als neuer Direktor der KIT-Bibliothek angetreten. Im Rahmen der angestrebten Vollendung der Fusion des KIT wurde das 2. KIT-Weiterentwicklungsgesetz in einer ersten Lesung im baden-württembergischen Landtag behandelt (siehe hierzu auch Kap.1.2.3 und 1.3.1). Im Berichtsjahr konnten auch der Struktur- und Entwicklungsplan (SEP) und der Chancengleichheitsplan (beide mit Laufzeit 2022-2026) für den 2021 anstehenden Gremienlauf fertiggestellt werden.

Dachstrategie KIT 2025

Die acht Handlungsfelder der Dachstrategie „KIT 2025“ sind durch 24 Ziele definiert und mit 126 konkreten Maßnahmen verknüpft. Von diesen formulierten strategischen Maßnahmen waren Stand Ende 2020 95 % projektiert, 75 % sind bereits implementiert und zahlreiche in Folgeprojekte überführt. Neben der Umsetzung der ursprünglich beschlossenen Maßnahmen entwickelt sich die Dachstrategie KIT 2025 stetig weiter. Allein aus der Exzellenzstrategie resultieren 21 neue Folgeprojekte und Prozesse, die sich in das Projektportfolio der langfristigen Dachstrategie KIT 2025 eingliedern („ExU-Vorhaben“). Zusammen mit weiteren Projekten hat sich das Projektportfolio im Vergleich zum Vorjahr fast verdoppelt. Unter dem Leitprojekt „Forschungsstrategie“ konnten neben der erfolgreichen „Exzellenzstrategie“ gleich zwei Projekte im Laufe des Jahres 2020 abgeschlossen werden: Zum einen wurden in „Mittel- und langfristige Helmholtz-Strategie“ Rahmenprozesse für ein erfolgreiches Abschneiden bei den Evaluationen für die PoF IV geschaffen und ein transparenter und partizipativer Prozess für zukünftige PoF-Begutachtungen der Helmholtz-Forschungsbereiche und -programme entwickelt. Des Weiteren wurden im Rahmen der „Drittmittelstrategie des KIT“ Rahmenbedingungen, Handlungsmöglichkeiten und Unterstützung für eine erfolgreiche Beteiligung der Wissenschaft an öffentlichen Förderverfahren, die für das KIT strategisch besonders relevant sind, neu strukturiert. Hierzu wurden fünf übergreifende Leitlinien entwickelt und vielfältige Anreiz- und Unterstützungsmaßnahmen neu erarbeitet oder optimiert. Dank der Auszeichnung und Förderung des KIT als Exzellenzuniversität befinden sich bereits einige für die Drittmittelstrategie relevante ExU-Vorhaben in der Realisierung. Als Teil des Leitprojektes „Entwicklung und Implementierung eines integrierten Managementinformationssystems“ wurde das Projekt „SAP Organisationsmanagement (SAP-OM) 2.0“ abgeschlossen, und damit unter anderem eine konzeptionelle Grundlage für die Modellierung organisationsbezogener Daten gemäß Vorgaben der Governance erarbeitet. Das Leitprojekt „Personalstrategie“ wurde Anfang 2020 neu aufgesetzt und in sieben Teilprojekten im Laufe des Jahres vorangetrieben.

Neben den ressortübergreifenden Leitprojekten liefen im Jahr 2020 insgesamt 16 Umsetzungsprojekte, von denen eines, „Bereitstellung von Gebäuden und Infrastruktur“, neu aufgesetzt wurde. Vier Projekte wurden abgeschlossen: Mit dem Abschluss von „Politische Vernetzungsarbeit – Phase 1“ wurde die Basis für erfolgreiche politische Vernetzungsarbeit am KIT gelegt, die auf vier Säulen basiert: Nutzung und Betreuung der hochschulpolitischen Netzwerke, Monitoring des politischen Geschehens, Unterstützung der KIT-Mitarbeitenden und aktive Interessenvertretung. Anfang 2021 wird „Politische Vernetzungsarbeit – Phase 2“ gestartet und entwickelt diese vier Säulen weiter. Für den Wissenschaftlichen Nachwuchs ist in „Weiterbildungs- und Förderprogramme für Postdocs“ ein Konzept für die Postdoc-Förderung am KIT mit maßgeschneiderten Maßnahmen und Instrumenten entstanden. Als Ergebnis des Projektes „Verstärkung des Hochschulmarketings“ wird das Studierendenmarketing am KIT strukturell verankert im Sinne einer koordinierenden und unterstützenden Stelle für alle Akteur/innen auf diesem Gebiet. Das Projekt „Europäische Universität“ fand mit dem Erfolg des Antrags „European Partnership for an Innovative Campus Unifying Regions“ (EPICUR) bereits 2019 seinen Abschluss. Die Ziele der Dachstrategie KIT 2025 werden in dem ExU-Projekt „Strategic Alliances – Eucor“ weiterverfolgt.

Aus den abgeschlossenen Leit- und Umsetzungsprojekten ergeben sich zahlreiche Folgeprojekte, davon allein 21 Folgeprojekte und Prozesse aus der Exzellenzstrategie. Zwei Projekte konnten in 2020 abgeschlossen werden: Als Ergebnis des Projektes „Web Relaunch“ hat die Homepage des KIT seit August ein zeitgemäßes, für mobile Endgeräte optimiertes, nutzerfreundliches Design erhalten. Im Rahmen des Ende 2020 abgeschlossenen Folgeprojektes „Gründungen und Beteiligungen“ wurden Unterstützungsangebote für Gründungsinteressierte ausgebaut und u.a. das Innovations- und Gründerzentrum TRIANGEL mit dem Ziel aufgebaut, die Anzahl an qualitativ hochwertigen und nachhaltigen Gründungen – Start-ups und Spin-offs zu steigern. Die Arbeit wird in verschiedenen Folgeaktivitäten, wie z.B. der Aufbau des Global Horizon Programs (GHPro) im Rahmen von EXIST V, wie auch die gemeinsame Entwicklung der Deep Tech Hub Initiative mit den Hochschulen aus Karlsruhe, Mannheim und Heidelberg fortgeführt.

Exzellenzstrategie

Im Juli 2019 hat die Exzellenzkommission das KIT als Exzellenzuniversität ausgewählt. Formaler Förderbeginn für die im Antrag des KIT „The Research University in the Helmholtz Association | Living the Change“ skizzierten Vorhaben war der 01. November 2019. Auf das KIT entfallen in der gesamten siebenjährigen Laufzeit rund 88 Mio. Euro. Die Ziele des Antrags Exzellenzuniversität umfassen: 1) Leistungsfähigkeit und Agilität in der Spitzenforschung erhöhen, 2) Bewusstsein für Verantwortung ausprägen, 3) Attraktivität für den exzellenten wissenschaftlichen Nachwuchs steigern und 4) Institutionellen Kulturwandel auf Basis der Dachstrategie KIT 2025 fördern. 2020 gab es keine maßgeblichen inhaltlichen Abweichungen von den im Antrag formulierten Vorhaben, allerdings folgte aus der Corona-Krise die Herausforderung, Anpassungen vorzunehmen. Dies betraf insbesondere die Verlegung von Veranstaltungen in den virtuellen Raum sowie zeitliche Verschiebungen sowohl in der Personalplanung als auch in Projekten mit internationalen Bezügen.

Prägend für die Umsetzung des Antrags Exzellenzuniversität ist das Leitmotiv ‚Living the Change‘. Es umfasst nicht nur die einzelnen Vorhaben der Exzellenzuniversität, sondern die übergreifende Strategie des KIT und dessen Mission. Durch das Vorhaben „Gender Equity“ wird insbesondere die nachhaltige Verankerung von Diversität im Denken und Handeln des KIT gefördert. Im ersten Förderjahr wurde durch Tiefeninterviews mit unterschiedlichen Stakeholdern am KIT eine Kulturanalyse durchgeführt, um den Status quo und Handlungsfelder zu ermitteln. Die Ergebnisse wurden von den Präsidiumsmitgliedern und Bereichsleitungen

im Rahmen eines Kultur- und Visionsworkshops als Basis für eine übergeordnete Chancengleichheitsstrategie diskutiert. Dieser löste eine intensive Reflexion der eigenen Kultur und akuter wie langfristiger Handlungsbedarfe aus und bildete wiederum die Grundlage für Denkwerkstätten der fünf Bereiche sowie der Verwaltung und Technik, in denen im Herbst 2020 unter Berücksichtigung der besonderen Bedarfe der jeweiligen wissenschaftlichen Fachkulturen mögliche Handlungsfelder und Ideen zur Verbesserung der Chancengleichheit am KIT eruiert wurden.

2019 begann ein vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (MWK) veranlasstes Verfahren zur Begutachtung von Vorhaben, die in Baden-Württemberg auf eine Förderung in der Exzellenzinitiative II zurückgehen und die – nach Ende der Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – vorbehaltlich des positiven Ausgangs der Evaluation 25 % ihrer Mittel weiter als Nachhaltigkeitsmittel durch das Land erhalten sollen. Am KIT handelt es sich dabei um die seit 2006 geförderte Karlsruhe School of Optics & Photonics (KSOP)“ und die 2012 eingerichtete „Karlsruhe School of Elementary Particle and Astroparticle Physics: Science and Technology (KSETA)“. Den Bedingungen der durch das Coronavirus ausgelösten Pandemie geschuldet, wurde der ursprünglich als Vor-Ort-Begutachtung geplante Abschluss der Evaluation durch die sechsköpfige Gutachterkommission unter Vorsitz von Dr. Wilhelm Krull im Juli 2020 per Online-Video-Konferenz durchgeführt. Im Dezember erhielt das KIT für beide Graduiertenschulen ein positives Evaluationsergebnis wie auch einen Evaluationsbericht mit wertvollen Hinweisen für deren strategische Weiterentwicklung. Darüber hinaus informierte das MWK, dass nun nicht nur die Anforderung für die Fortgewährung des Landesanteils erfüllt ist, sondern auch die in der Hochschulfinanzierungsvereinbarung festgelegte Voraussetzung für die Überführung der Nachhaltigkeitsmittel im Umfang von jährlich rund 370 TEuro je Graduiertenschule in die Grundfinanzierung des KIT.

Vorbereitung/Start der vierten Phase der Programmorientierten Förderung (PoF IV)

Die strategischen Bewertungen in den Helmholtz-Forschungsbereichen mit Beteiligung des KIT fanden im Zeitraum Oktober 2019 bis Januar 2020 in Berlin statt. Dabei wurden die zukünftigen Programme der PoF IV und ihre Topics unter Berücksichtigung der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begutachtung evaluiert und überwiegend mit den höchsten Kategorien A oder B bewertet. Zudem wurden vom Gutachterpanel die Beteiligung des KIT an den Programmen der PoF IV und deren Startwerte bestätigt. Die Ergebnisse der strategischen Bewertung bildeten die Basis für die Senatsempfehlungen zur Durchführung und Finanzierung der Programme und LK II-Anlagen in der PoF IV, die im Mai 2020 vom Helmholtz-Senat beschlossen wurden. Die vierte Phase der Programmorientierten Förderung (PoF IV) der Helmholtz-Gemeinschaft wird für alle Forschungsbereiche im Jahr 2021 beginnen und eine Dauer von sieben Jahren haben. Das KIT wird sich in der PoF IV weiterhin in den vier Helmholtz-Forschungsbereichen Energie, Erde und Umwelt, Information (in PoF III Schlüsseltechnologien) und Materie engagieren und sich dort an allen elf geplanten Programmen (LK I) sowie mit einer Infrastruktur (LK II) beteiligen.

Für die Erarbeitung der Materialforschungsstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft, bei der das KIT unter Federführung von Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka eine koordinierende Rolle eingenommen hat, wurde mit der Ausarbeitung eines Impulspapiers mit Vertreter/innen der beteiligten Zentren und Forschungsbereiche begonnen. Die Wissenschaftler/innen des KIT haben sich zudem an der Ausgestaltung eines Impulspapiers zur Helmholtz-weiten Strategie zur Digitalisierung beteiligt.

Mit Blick auf die PoF IV wurde der Beitrag des Kompetenzzentrums für angewandte Sicherheitstechnologie KASTEL im Forschungsbereich Information sowie für die gesamte Helm-

holtz-Gemeinschaft und darüber hinaus auf dem Gebiet der angewandten Informationssicherheit vorbereitet.

Strategische Investitionen im Korridor 2,5 – 15 Mio. Euro: Umsetzung ab 2020

Im Jahr 2020 hat das KIT die Umsetzung der drei vom Aufsichtsrat beschlossenen Investitionen „IceCube Upgrade“, „INSIDE CLOUDS“ und „HiT-NMR“ weiter vorangetrieben. Das „IceCube Neutrino Observatorium“ am Südpol ist das weltweit führende Experiment zur Messung hochenergetischer Neutrinos aus dem Universum. Ziel ist, hiermit den Ursprung und die Quellen der kosmischen Strahlung zu bestimmen sowie weitere Neutrino-Eigenschaften zu untersuchen. Die Beiträge des KIT, die sich auf einen Teil der optischen Sensoren im Eis sowie die nahezu komplette Fertigung und Installation der Erweiterung des Oberflächenfelds von Teilchendetektoren erstrecken, komplettieren das IceCube-Upgrade und stellen die volle geplante wissenschaftliche Sensitivität des Neutrino-Teleskops sicher.

Mit der neuen Instrumentierung INSIDE CLOUDS wird es den beteiligten Wissenschaftler/innen ermöglicht, eine gemeinsame Forschungsplattform zu entwickeln, die die aktuellen Arbeiten in den vier Topics des ATMO-Programms mit Blick auf Wolken- und Wolkenumgebungen mit noch nie dagewesenen Details auf regionaler Ebene bündelt. Durch die Zusammenführung bestehender und neuer Instrumente in Instrumentenbündeln, koordinierte Beobachtungsprogramme, den Technologietransfer vom Labor (AIDA) auf Feld-Messungen und die Entwicklung eines gemeinsamen Datenmanagements wird ein erheblicher wissenschaftlicher Mehrwert für das Wissen über Wolken im Klimasystem erwartet.

HiT-NMR ist ein weltweit einmaliges Instrument zur höchstmöglichen Auflösung metabolischer Prozesse und dient zeitgleich der methodischen Weiterentwicklung des Themengebiets selbst. Das neue System leistet einen wichtigen Beitrag zum Verständnis von Materialverhalten, vom atomistischen bis in den makroskopischen Bereich. Hierzu werden Messdaten entweder direkt miteinander korreliert oder aus zuvor gemessenen Ergebnissen mittels Datenkorrelation erzielt. Hieraus werden neue Informationen über das untersuchte Material gewonnen.

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

Im Umlaufverfahren des Aufsichtsrats des KIT wurde der Antrag für die Investition „Rotationsstand HTS Geno“ für eine Realisierung ab 2021 beschlossen. Das Ziel der Maßnahme „Rotational Test Facility HTS Geno“ 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 Prototypanwendungen. Weiterhin wird der zuverlässige Betrieb von HTS Spulen für rotierende Maschinen demonstriert.

Strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. Euro: Umsetzung ab 2020

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 2020 weiter umgesetzt.

Strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. Euro: Umsetzung ab 2021

Das KIT hat nach Zustimmung des Aufsichtsrats im August 2018 den Antrag „Helmholtz Forschungs- und Versuchsplattform zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und zum Rückbau kerntechnischer Anlagen (HOVER)“ im Verfahren für strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. Euro der Helmholtz-Gemeinschaft für eine Realisierung ab dem Jahr 2020 eingereicht. Im Jahr 2019 wurde der HOVER-Antrag für eine Realisierung ab dem Jahr 2020 vom Senat der Helmholtz-Gemeinschaft empfohlen. Im August 2020 wurden für HOVER zunächst nur die Mittel für die geplanten Baumaßnahmen in Höhe von 31 Mio. Euro (davon ca. 5,2 Mio. Euro für das KIT) bewilligt. Im November 2020 wurden dann dem KIT durch die Zuwendungsgeber auch die Mittel für die geplanten Investitionen (für technische Ausstattung und Geräte) in Höhe von 9,4 Mio. Euro gewährt. Der HOVER-Antrag mit einem Gesamtvolumen von 42,7 Mio. Euro (Anteil KIT: 14,7 Mio. Euro) 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 Radio-nuklide einschließlich alpha-emittierender Aktinide untersuchen, um ihr Verhalten in Zwischenlagern und geologischen Tiefenlagern zu bestimmen. In der kommenden 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.

Im Priorisierungsverfahren der Helmholtz-Gemeinschaft für strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. Euro

Das KIT hat nach Zustimmung des Aufsichtsrats den Antrag „Geothermal Laboratory in the Crystalline Basement (GeoLaB)“ mit einem Gesamtvolumen von 49,5 Mio. Euro im Juli 2019 im Verfahren für strategische Ausbauinvestitionen > 15 Mio. Euro der Helmholtz-Gemeinschaft für eine Realisierung ab dem Jahr 2021 eingereicht. Der Helmholtz-Senat hat im Oktober 2020 eine Aussetzung des Verfahrens für strategische Ausbauinvestitionen im Jahr 2021 beschlossen sowie die priorisierte Berücksichtigung des GeoLaB-Antrags im darauffolgenden Verfahren. Allerdings steht die Finanzierung von GeoLaB ab 2023 unter dem Vorbehalt eines deutlich reduzierten Gesamtvolumens sowie einer wissenschaftlichen Plausibilitätsprüfung des im Volumen reduzierten Antrags. Das GeoLaB Untertagelabor ist als Forschungsinfrastruktur(-Plattform) mit einem großmaßstäblichen Untertage-Reservoirsimulator konzipiert. Die Plattform besitzt ein weltweites Alleinstellungsmerkmal als generisches geothermisches Untertagelabor 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 Nachweis von Skalenunabhängigkeit großskaliger Transportprozesse verändert GeoLaB somit grundlegend unser Verständnis der geothermisch maßgeblichen Prozesse und birgt ein hohes Innovationspotenzial in der Schaffung von Umweltstandards und Sicherheitsforschung sowie der Erarbeitung eines Kommunikationsstandards für Geothermie. Der Einsatz und die Entwicklung modernster Beobachtungs- und Auswertungsmethoden führen zu Erkenntnissen, die für eine sichere und ökolo-

gisch nachhaltige Nutzung der Geothermie und des unterirdischen Raumes von großer Bedeutung sind.

Zudem beteiligt sich das KIT an dem ebenfalls nach Zustimmung des Aufsichtsrats eingereichten Antrag „Distributed Detector Laboratory (DDL)“, welcher mit einem Gesamtvolumen von 31,6 Mio. Euro im Juli 2019 Verfahren für strategische Ausbauinvestitionen >15 Mio. Euro der Helmholtz-Gemeinschaft für eine Realisierung ab dem Jahr 2021 eingereicht wurde. Da der Helmholtz-Senat im Oktober 2020 eine Aussetzung des Verfahrens für strategische Ausbauinvestitionen im Jahr 2021 beschlossen hat, wird die Maßnahme DDL für eine erneute Einreichung, ggf. in reduziertem Umfang und im Wettbewerb mit neuen Anträgen, im darauffolgenden Verfahren vorgesehen. 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.

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

Das KIT hat im Jahr 2020 im Rahmen des Exzellenzuniversitätsprojekts „Excellent Tenure“ Berufungsverfahren für Juniorprofessuren (mit und ohne Tenure-Track (W1)) begonnen und durchgeführt, um den wissenschaftlichen Nachwuchs zu stärken und die Tenure-Track-Professur am KIT flächendeckend als zweiten Weg zur Professur zu etablieren. Im Bund-Länder-Programm zur Förderung des Wissenschaftlichen Nachwuchses wurde aufgrund der Corona-Pandemie eine Fristverlängerung um sechs Monate zur Besetzung der Tenure-Track-Professuren gewährt. Bis zum 31.12.2020 konnten sechs Tenure-Track-Professuren aus der ersten Antragsrunde erfolgreich besetzt werden, davon vier mit Frauen. Weitere drei Verfahren sind im Jahr 2021 abgeschlossen worden oder befinden sich kurz vor dem Abschluss. Zudem wurden die Verfahren zur Besetzung der sechs bewilligten Professuren aus der zweiten Förderrunde des Tenure-Track-Programms weiter forciert.

Bauliche Entwicklung

Das Projekt „Bauliche Entwicklungsplanung“ (BEP) ist in das KIT-Umsetzungsprojekt „Bereitstellung von Gebäuden und Infrastruktur“ integriert. Project-Owner ist der Vizepräsident für Wirtschaft und Finanzen des KIT. Mittlerweile liegt die Projektverantwortung in der zum 01. Juli 2020 neu gegründeten Dienstleistungseinheit „Immobilienmanagement“, weiterhin unterstützt durch eine externe Beratungsgesellschaft. Die in 2019 begonnene Projektarbeit wurde fortgesetzt und intensiviert. Regelmäßige Austauschformate innerhalb des KIT (z.B. gemeinsame Sitzungen mit dem Präsidium und den Bereichsleitungen; Workshops mit den Bereichsleitungen usw.) haben sich etabliert. Weiterhin wurden die Zuwendungsgeber informiert.

In den Modulen der Baulichen Entwicklungsplanung können (Teil-)Ergebnisse vorgelegt werden. Ein Datengrundgerüst und ein Rechenmodell für die Ermittlung der Flächenbedarfe (aktuell und zukünftig) wurde erarbeitet. Bis Ende des Jahres 2020 konnten ca. 30% der Gebäude 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. Bei der Analyse der baulichen Potentiale (Liegenschaften) wurde ermittelt, dass auf dem Gelände des Campus Nord kurzfristig mehr Baufeldpotentiale zur Verfügung stehen als auf dem Gelände des Campus Süd. Mittelfristig zeichnen sich auch hier erhebliche Potentiale ab. Außerdem besteht Erweite-

rungspotential am Campus Ost, für den voraussichtlich noch bis Ende 2021 ein rechtsgültiger Bebauungsplan (B-Plan) beschlossen werden wird.

Die Diskussion um die „Baulichen Leitlinien“ ist noch nicht abgeschlossen. Es wurden jedoch erste Grundaussagen getroffen – im Wesentlichen abgeleitet aus dem 10-Punkte-Plan des Präsidiums. Mit den Bereichen wurden erste Ideen entwickelt, welche Nutzer/innengruppen 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.

A.1.2.2 Herausragende wissenschaftliche Ergebnisse des Jahres

Wegweisende Ergebnisse der Energieforschung

Ein vielversprechendes Anodenmaterial für künftige Hochleistungsbatterien haben Forschende am KIT und der Jilin-Universität in Changchun/China untersucht: Lithium-Lanthan-Titanat mit Perowskit-Kristallstruktur (LLTO). Wie das Team in der Zeitschrift *Nature Communications* berichtet, kann LLTO die Energiedichte, Leistungsdichte, Laderate, Sicherheit und Lebensdauer von Batterien verbessern, ohne dass eine Verkleinerung der Partikel von der Mikrometer- auf die Nanometerskala erforderlich ist. Unerlässlich für die Energiewende sind auch Computermodelle: sie helfen dabei, Kapazitäten beim Erzeugen, Transportieren und Speichern von Energie unter Berücksichtigung dynamischer Parameter wie Wetter und Verbrauch zu planen. Entsprechende Modellierungswerkzeuge, bei deren Entwicklung unter anderem Wissenschaftler/innen des KIT mitgewirkt haben, stellt die Helmholtz-Gemeinschaft auf einer Internetplattform kostenlos und quelloffen zur Verfügung. Open-Source-Werkzeuge sind auch Teil der neuen Strategien und Technologien, die die Forschungsinitiative „Energy System 2050“ auf ihrer Abschlusskonferenz in Berlin präsentierte. Mit der „Helmholtz-Energy Computing Initiative (HECI)“, an der sich Forscher/innen des KIT beteiligen, präsentiert die Helmholtz-Gemeinschaft eine Plattform, auf der erstmals zugangsfreie Benchmarks, skalierbare Methoden, realistische Daten sowie Open-Source-Software für die Projektierung und Optimierung künftiger Energiesysteme bereitstehen. Das EU-Projekt STORE&GO (koordiniert am Engler-Bunte-Institut des KIT) stellte, ebenfalls auf seiner Abschlusskonferenz, seine zentralen Projektergebnisse vor. Diese bestehen in Verfahren zur Produktion von synthetischem Erdgas (SNG) aus erneuerbarem Strom unter Einsatz innovativer Methanisierungsverfahren an den hierfür eigens errichteten Demonstrationsanlagen.

Informationstechnologien für die Zukunft

Höhere Datenübertragungsraten, kürzere Verzögerungszeiten und eine größere Dichte an Endgeräten verspricht die sechste Generation des Mobilfunks (6G). Am KIT wurde ein neuartiges Konzept für einfache und kostengünstige Terahertz-Empfänger entwickelt, die aus einer einzigen Diode bestehen und diese mit einem speziellen Signalverarbeitungsverfahren kombinieren. Mit dem neuen Empfänger erreichte das Team eine Datenübertragungsrate von 115 Gigabits pro Sekunde auf einer Trägerfrequenz von 0,3 Terahertz über eine Entfernung von 110 Metern. Das ist die höchste Datenrate, die bisher mit drahtloser Terahertz-Übertragung über mehr als 100 Meter demonstriert wurde. Hierzu berichtete das Team des KIT in der Zeitschrift *Nature Photonics*.

Im Rahmen von Industrie 4.0 ist die Überwachung von Maschinen mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz (KI) von zentraler Bedeutung. Dementsprechend haben Wissenschaftler/innen des KIT ein System zur vollautomatischen Überwachung von Kugelgewindetrieben in Werkzeugmaschinen entwickelt. Dabei kommt eine in die Mutter des Kugelgewindetriebs integrier-

te Kamera zum Einsatz. Auf Basis der dabei erzeugten Bilddaten überwacht eine KI den Verschleiß und reduziert so den Maschinenstillstand.

Neue Materialien und 3D-Druckverfahren

Herausragendes wissenschaftlichen Ergebnis des Clusters 3DMMTO ist der bisher schnellste hochpräzise 3D-Drucker, mit dem sich in bisher noch nicht erreichter Geschwindigkeit zentimetergroße Objekte mit submikrometergroßen Details drucken lassen. 3D-Druck im Millimeterbereich findet derzeit Eingang in die unterschiedlichsten industriellen Produktionsprozesse und benötigt entsprechende Verfahren für den Einsatz etwa in Optik und Photonik, Biotechnologie oder Sicherheitstechnik (Publikation in *Advanced Functional Materials*).

Mit einem neu entwickelten Fotolack für den Zwei-Photonen-Mikrodruck konnten auch erstmals dreidimensionale polymere Mikrostrukturen mit Hohlräumen in Nanogröße hergestellt werden. In *Advanced Materials* berichten die 3DMMTO-Wissenschaftler/innen, wie die Porosität im Druckprozess gesteuert werden kann und wie sich dies auf die Lichtstreuungseigenschaften der Mikrostrukturen auswirkt. Im Rahmen einer weiteren Forschungspartnerschaft zwischen Karlsruhe und Heidelberg, hier KIT und InnovationLab, wurden druckbare organische Fotodioden entwickelt, die Wellenlängen unterscheiden, „Farben sehen“ und damit Datenübertragung via Licht ermöglichen können (Publikation in *Advanced Materials*).

Die Forschung im Exzellenz-Cluster hat 2020 außerdem die „Streckbank für Zellen“ hervorgebracht: Das Verhalten von Zellen wird durch ihre Umgebung gesteuert, z.B. durch biologische Faktoren oder physikalische Kräfte wie Druck oder Zug. Forschende des KIT und der Universität Heidelberg haben eine Methode entwickelt (publiziert in *Science Advanced*), mit der sich der Einfluss äußerer Kräfte auf einzelne Zellen analysieren lässt. Mit einem 3D-Druckverfahren stellten sie Mikro-Gerüste her, auf deren jeweils vier Pfeilern sich eine Zelle ansiedelt. Auf ein äußeres Signal hin schwillt ein Hydrogel im Inneren des Gerüsts an und drückt die Pfeiler auseinander: Die Zelle muss sich „strecken“.

Forschung für Erde, Umwelt und Klima

Die Konzentration von Distickstoffoxid – auch Lachgas genannt – in der Atmosphäre steigt stark und treibt den Klimawandel. Es ist neben CO₂ und Methan das dritt wichtigste durch menschliche Aktivitäten freigesetzte Treibhausgas. Für die menschengemachten Lachgasemissionen ist vor allem der Düngemitelesatz in der Landwirtschaft verantwortlich. Durch die wachsende Nachfrage nach Nahrungs- und Futtermitteln könnte der Ausstoß künftig noch zunehmen. Das hat eine in der Zeitschrift *Nature* publizierte internationale Studie ergeben, an der das KIT beteiligt war. Der Klimawandel wiederum gefährdet massiv das Erreichen einer Vielzahl bestehender und von internationalen Organisationen vorgeschlagener Ziele für die biologische Vielfalt - selbst wenn andere Hindernisse, wie das Ausbeuten von Lebensräumen, ausgeräumt werden. Zu diesem Ergebnis kommen Autor/innen des KIT in einer Analyse, die sie in *PNAS* publiziert haben. Wie die Studie zeigt, beschleunigt die Erderwärmung den Schwund der biologischen Vielfalt. Umgekehrt können Maßnahmen zum Biodiversitätsschutz auch dazu beitragen, die Folgen des Klimawandels abzumildern, z.B. flexible Methoden im Naturschutz. Wie hingegen Konsument/innen vor dem Hintergrund von Umweltfreundlichkeit und Nachhaltigkeit das (Nicht)Einhalten ethischer Standards tatsächlich abwägen, verdeutlicht ein Experiment am KIT: Die Wissenschaftler/innen haben an einem Beispiel aus der Textilindustrie gezeigt, dass Käufer/innen einen einzelnen ethischen Aspekt unbewusst als Ausrede nutzen, um sich bei anderen Aspekten desselben Produktes und gegenüber anderen Menschen weniger moralisch zu verhalten. Wie diese „Ablassseffekte“ wirken und was sie für Wirtschaft und Politik bedeuten können, berichtet das Team in der Fachzeitschrift *PLOS ONE*.

Auf der Jagd nach kleinsten Teilchen

Am Synchrotron des KIT wurde die X-SPEC Beamline, eine Spektroskopie-Beamline mit weltweit einzigartigem Energiebereich, entwickelt, gebaut und in Betrieb genommen. X-SPEC kombiniert weiche und harte Röntgenstrahlung in einer einzigen Beamline, so dass die identische Probe mit einem Energiebereich von 70 eV bis 15 keV mit hohem Photonenfluss untersucht werden kann. Es stehen dabei eine Reihe von Spektroskopietechniken zur Verfügung: Röntgenabsorptions- und Emissionsspektroskopie (XAS, EXAFS und XES), resonante inelastische Röntgenstreuung (RIXS), Photoelektronenspektroskopie im weichen (PES) und harten (HAXPES) Röntgenbereich. Diese Techniken erlauben unter anderem einzigartige Einblicke in angewandte Materialsysteme, wobei X-SPEC insbesondere für in situ und operando-Untersuchungen optimiert ist (Publikation in *Synchrotron Rad.* 28).

Im japanischen Forschungszentrum für Teilchenphysik KEK in Tsukuba, etwa 50 Kilometer nördlich von Tokio, ist seit etwa einem Jahr das Belle II-Experiment in Betrieb. Hier sucht ein internationales Forschungsteam unter Beteiligung des KIT nach exotischen Teilchen, die das Verständnis der Dunklen Materie im Universum voranbringen sollen. Für eines dieser Teilchen, das sogenannte Z' -Boson, konnten nun die Masse und die Stärke seiner Wechselwirkung mit bisher unerreichbarer Genauigkeit eingegrenzt werden. Die Ergebnisse sind im renommierten Wissenschaftsjournal *Physical Review Letters* erschienen.

Vererbung bei Pflanzen gezielt steuern

Vor rund 5 000 Jahren trat bei der Wildpflanze Ackerschmalwand (*Arabidopsis thaliana*) eine Veränderung der genetischen Information ein, die sich weit verbreitet hat und die Wissenschaft heute stark beschäftigt. Auf dem Chromosom 4 kam es zu einer sogenannten Inversion. Das Chromosom brach an zwei Stellen und wurde wieder zusammengefügt, allerdings wurde der herausgebrochene Abschnitt dabei um 180 Grad gedreht. Dadurch kehrte sich die Reihenfolge der Gene auf diesem Chromosomenabschnitt um. Wissenschaftler/innen des KIT ist es nun weltweit erstmals gelungen, natürlich eingetretene Inversionen rückgängig zu machen und die Einsatzmöglichkeiten der molekularen Schere CRISPR/Cas wesentlich zu erweitern. Sie können damit nicht nur Arme zwischen Chromosomen austauschen, sondern nun auch die Abfolge der Gene innerhalb eines Chromosoms verändern. Zum ersten Mal wurde gezeigt, dass dadurch Vererbungsvorgänge direkt gesteuert werden können. Das Team berichtet die Ergebnisse in *Nature Communications*.

Forschung zur Corona-Pandemie

Das KIT beteiligte sich 2020 mit vielfältigen Forschungsbeiträgen an der Eindämmung von COVID-19. Mit dem „Aerobuster“ beispielsweise haben vier Wissenschaftler des KIT einen preiswerten und leistungsstarken Apparat entworfen, der Krankheitserreger aus der Raumluft holen und inaktivieren kann. Nach ersten Ergebnissen werden Modellviren zu fast 100 % inaktiviert. Die Plattform „German-Polish COVID-19 ForecastHub“, mitentwickelt von Forschenden des KIT, bündelt die Kurzzeitzuvorhersage zur Pandemieentwicklung in den Nachbarländern Deutschland und Polen. Ziel ist es, verschiedene Vorhersagen systematisch zu vergleichen, besonders verlässliche Modelle zu erkennen und abzuschätzen, welche Kombinationen von Prognosen zu den verlässlichsten Ergebnissen führen. Die Unsicherheit, mit der der für die Vorhersagen so wichtige R-Wert behaftet ist, war für Forschende des KIT außerdem Anlass zur Entwicklung einer Methode mit akausalem Sieben-Tage-Filter. Mit dieser neuen Methode können Zeitverzögerungen bei der Schätzung des R-Werts vermieden und wochentagsbedingte Schwankungen kompensiert werden.

Die Corona-Pandemie hat zu einem deutlichen Rückgang der globalen fossilen CO₂-Emissionen, vor allem im Verkehrssektor geführt – dies zeigt die jährliche Bilanz des Global

Carbon Projects (GCP), eines weltweiten Zusammenschlusses von Klimaforscher/innen, an dem das KIT beteiligt ist. Dabei analysieren die Forschenden, welche Mengen an Treibhausgasen jährlich freigesetzt werden. Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre hingegen steigt zugleich weiter an. Das Pariser Klimaabkommen geht jedoch davon aus, dass die globalen Emissionen nahe Null liegen müssen, um die CO₂-Konzentration zu stabilisieren und den Klimawandel zu stoppen.

Den Auswirkungen der Corona-Maßnahmen des Frühjahrs-Lockdowns auf Kinder und Jugendliche sind die Wissenschaftler/innen des KIT und der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe in der Motorik-Modul-Studie (MoMo) auf den Grund gegangen. Wie in der Zeitschrift *Scientific Reports* nachzulesen ist, haben sich Kinder und Jugendliche zwischen vier und 17 Jahren ersatzweise Bewegungsmöglichkeiten gesucht. Dabei haben sie sich rund 36 Minuten länger pro Tag in ihrem Alltag bewegt, aber auch eine Stunde länger am Bildschirm verbracht.

A.1.2.3 Besondere Vorkommnisse

Weiterentwicklung des KIT

Der Landtag des Landes Baden-Württemberg beriet im Dezember 2020 in erster Lesung das zweite KIT-Weiterentwicklungsgesetz, mit dem das KIT in seiner bundesweit einzigartigen Rolle – nämlich zugleich eine Großforschungseinrichtung und eine Universität zu sein – einen weiteren Schritt vorangehen wird. Um das volle Potenzial in Forschung, Lehre und Innovation auszuschöpfen, werden Hürden abgebaut und mehr Flexibilität in der Mittelverwendung und beim Personaleinsatz ermöglicht. Grundlage dafür war eine Ende 2014 vom Bundestag beschlossene Grundgesetzänderung, die das Kooperationsverbot zwischen Bund und Ländern aufhob und neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit schuf. Damit konnte das erste KIT-Gesetz aus dem Jahr 2009 nun entscheidend weiterentwickelt werden. (weiteres hierzu s. auch Kap. 1.3.1)

Beteiligung an nationalen Forschungsinfrastrukturen und Gremien

In der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) schließen sich Wissenschaftler/innen aller Disziplinen zusammen, um die wertvollen Datenbestände von Wissenschaft und Forschung für das gesamte deutsche Wissenschaftssystem systematisch zu erschließen, zu vernetzen und nutzbar zu machen. Bislang sind sie zumeist dezentral, projektbezogen oder auf Zeit verfügbar. Bund und Länder werden die NFDI gemeinsam fördern und mit diesem digitalen Wissensspeicher eine unverzichtbare Voraussetzung für neue Forschungsfragen, Erkenntnisse und Innovationen schaffen. Am 15. Oktober wurde das NFDI-Direktorat in Karlsruhe mit Grußbotschaften von Bundesforschungsministerin Anja Karliczek und der Landesministerin für Wissenschaft und Forschung, Theresia Bauer, eingeweiht. Unter der Leitung von Prof. Dr. York Sure-Vetter steuert das NFDI-Direktorat den disziplinübergreifenden Austausch und vertritt die NFDI gegenüber Zuwendungsgebern und der Öffentlichkeit. Zentrales Element der NFDI werden die Konsortien sein, in denen Nutzer/innen und Anbieter/innen von Forschungsdaten mit Einrichtungen der Informationsinfrastruktur zusammenwirken. An drei dieser Konsortien ist das KIT beteiligt: sie sind auf Chemie (NFDI4Chem) Ingenieurwissenschaften (NFDI4Ing), sowie Katalyseforschung (NFDI4Cat) ausgerichtet.

Die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (GWK) ernannte das KIT im November 2020 zum Zentrum für Nationales Hochleistungsrechnen (NHR). Mit „HoreKa“, dem Hochleistungsrechner Karlsruhe, wird am KIT im Frühjahr 2021 einer der leistungsstärksten Supercomputer Europas stehen. „HoreKa“ erbringt eine Rechenleistung von rund 17 PetaFLOPS – also

etwa 17 Milliarden Rechenoperationen in der Sekunde, was der Leistung von mehr als 150 000 Laptops entspricht. Das System wird Forschenden aus ganz Deutschland zur Verfügung stehen. Das KIT hat 2020 außerdem als erster Standort in Europa das neuartige KI-System NVIDIA DGX A100 in Betrieb genommen. Angeschafft wurde es aus Mitteln der Helmholtz Resources Initiative (HAICORE), die eng mit der Plattform Helmholtz „Artificial Intelligence Cooperation Unit“ (Helmholtz AI) verknüpft ist.

Das KIT beteiligt sich im Forschungsbereich Erde und Umwelt am Antrag „Aerosols, Clouds, and Trace gases Research Infra-Structure Network Deutschland (ACTRIS-D)“ für die nationale Roadmap für Forschungsinfrastrukturen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).

Seit 01. Februar ist die Informatikerin Prof. Dr. Dorothea Wagner, Professorin für Algorithmen am KIT, Vorsitzende des Wissenschaftsrats (WR), dem wichtigsten forschungspolitischen Beratungsgremium in Deutschland. Prof. Wagner ist seit 2015 Mitglied des WR und war von Februar 2019 bis Januar 2020 stellvertretende Vorsitzende seiner Wissenschaftlichen Kommission.

Die Mitglieder des Nationalen Begleitgremiums haben Prof. Dr. Armin Grunwald, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, zu einem seiner beiden Vorsitzenden gewählt. (Details hierzu siehe „Highlights aus dem Wissenstransfer“ in Kap. A.4.1)

Neue Leuchtturmprojekte in der Forschung

Energie

Um die Batterien der Zukunft zu entwickeln, haben sich Partner aus Wissenschaft und Industrie aus ganz Europa in der Forschungsinitiative BATTERY 2030+ zusammengeschlossen. Die Partner haben 2020 eine Roadmap veröffentlicht, die sowohl die Eigenschaften der Batterien der Zukunft definiert als auch Maßnahmen zur Beschleunigung der Entwicklung aufführt. Über die Forschungsplattform CELEST sind das KIT, die Universität Ulm sowie das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) an dem Konsortium beteiligt. Im Rahmen der neuen Kompetenzcluster zur Batterieforschung des BMBF ist das KIT an allen vier Clustern beteiligt, an zwei davon als Koordinator: bei „Intelligente Batteriezellproduktion (InZePro)“ stehen flexible Produktionssysteme im Fokus. Bei „Analytik/Qualitätssicherung (AQua)“ geht es um die Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Lebensdauer von Batterien. Mit „TrackAct – Verfolgung der aktiven Zentren in heterogenen Katalysatoren für die Emissionskontrolle“ fördert die DFG einen neuen Sonderforschungsbereich am KIT, der auf ein ganzheitliches Verständnis der katalytischen Prozesse zielt.

Künstliche Intelligenz (KI) und Robotik

Im Projekt „JuBot“ Euro entwickeln Wissenschaftler/innen des KIT eine neue Generation von vielseitigen und personalisierbaren humanoiden Assistenzrobotern für Senioren. Im Programm „Durchbrüche“ förderte die Carl-Zeiss-Stiftung 2020 sechs interdisziplinäre Forschungsprojekte, um intelligente Lösungen für eine älter werdende Gesellschaft zu erforschen. Die Stiftung unterstützt „JuBot“ am KIT mit 4,5 Mio. Euro.

Ziel des neu bewilligten Reallabors „Robotische Künstliche Intelligenz“ am KIT ist es, diese Lösungen in vielfältigen Experimenten und in unterschiedlichen realen Umgebungen – von der Kita über die Schule bis zu Museum oder Krankenhaus – für Menschen erfahrbar zu machen. Es eröffnet die Möglichkeit, dass Wissenschaft und Gesellschaft eng zusammenarbeiten und bei der Bearbeitung dieser komplexen Fragestellung aufeinander eingehen. Das MWK fördert das Reallabor mit 800 000 Euro (Details siehe auch Kap. 4.1 Highlights aus dem Wissenstransfer).

Materialforschung

Seltene Erden sind durch ihre besonderen Eigenschaften Bestandteil vieler Hightech-Produkte. An neuen Möglichkeiten für den Einsatz der Elemente arbeiten Prof. Dr. Peter Roesky und sein Team am KIT. Das Projekt dient dazu, das Grundlagenverständnis für diese neuartigen Stoffe zu schaffen. Die DFG fördert die wegbereitende Studie mit 500.000 Euro als Reinhart Koselleck-Projekt. Über diese Förderlinie unterstützt die DFG gezielt risikoreichen Vorhaben und gibt etablierten Forscher/innen die Möglichkeit, innovative Ideen umzusetzen. Mit Prof. Dr. Peter Roesky ist es erstmals einem Wissenschaftler des KIT gelungen, diese Förderung zu erhalten (32). Das KIT ist außerdem an dem neuen hochschulübergreifenden SFB/Transregio 288 „Elastisches Tuning und elastische Reaktion elektronischer Quantenphasen der Materie (ELASTO-Q-MAT) beteiligt. Dieser untersucht Quantenmaterialien, deren Eigenschaften sich durch elastische Verformung entscheidend verändern lassen. Federführend ist die Universität Frankfurt/Main, ebenfalls beteiligt sind die Universität Mainz sowie die Max-Planck-Institute für Polymerforschung in Mainz und für chemische Physik fester Stoffe in Dresden. Der SFB/TRR startete am 01. Juli 2020 und wird für zunächst vier Jahre gefördert (49)

Klima und Umwelt

Das Institut für Meteorologie und Klimaforschung hat 2020 die Wolkenkammer „AIDA d“ in Betrieb genommen, die durch die Möglichkeit, dynamische Phänomene zu studieren, völlig neuartige Laboruntersuchung von Wolken erlaubt. Die Wolkensimulationskammer wird laborgestützte Forschungen über die Auswirkungen von Aerosolen auf die Wolkenbildung, die Tröpfchen- und Eispartikelprozesse in Wolken sowie die Niederschlagsbildung ermöglichen. Wie die gut etablierte „AIDA c“-Anlage wird auch die neue dynamische Wolkenkammer für nationale und internationale Projekte und Kooperationen offen sein.

Weiterentwicklung der Lehre: Zukunftsweisende Projekte und Lernformen

Aufgrund der Corona-Verordnung des Landes wurde Mitte März 2020 der Studienbetrieb als Präsenzlehre und Lernen auf dem Campus an den Hochschulen ausgesetzt. Die Verordnung wurde sukzessive über das gesamte SS 2020 verlängert und galt auch für das WS 2020/2021. Digitale Formate waren unbeschadet dessen zulässig. Binnen weniger Wochen haben die KIT-Bibliothek, das Steinbuch Centre for Computing (SCC) und das Zentrum für Mediales Lernen (ZML) gemeinsam die IT-Voraussetzungen für ein erfolgreiches Online-Semester in allen Studiengängen des KIT geschaffen. Daher konnte am KIT der Vorlesungsbetrieb am 20. April 2020 pünktlich zum geplanten Vorlesungsbeginn des SS in digitaler Form starten. Auch die laufenden und geplanten Prüfungen des WS wurden zunächst unterbrochen und verschoben. Mit veränderten Beschlüssen der Landesregierung zu Infektionsschutzmaßnahmen konnte das KIT ab 20. April mündliche Prüfungen in Anwesenheit von maximal fünf Personen oder per Videokonferenz abhalten. Schriftliche Klausuren konnten auf der Grundlage eines umfangreichen Raum- und Hygienekonzepts ab dem 18. Mai wieder stattfinden. Weil auch die größten Hörsäle des KIT unter Corona-Bedingungen nur Platz für höchstens 36 Studierende geboten hätten, verlegte das KIT die Prüfungen in Zusammenarbeit mit der Messe AG Karlsruhe in die Schwarzwaldhalle und die Gartenhalle. Ab Mitte Mai entstanden im KIT durch die von der Landesregierung weiterentwickelten Infektionsschutzvorgaben auch wieder zusätzliche Spielräume, um das bis dahin rein digitale Sommersemester in einen Mischbetrieb aus digitalen Lehrformaten und Präsenzveranstaltungen zu überführen.

Das KIT unterstützte mit Hilfsangeboten: beispielsweise konnten Studierende, die wegen der Prüfungsvorbereitung an der Kinderbetreuung gehindert waren, die Notbetreuung in Anspruch nehmen; internationale Studierende, die nach Aufnahme des Studiums durch die COVID-19-Pandemie in eine Notlage geraten waren, konnten beim International Students Office der Dienstleistungseinheit Internationales eine Nothilfe in Höhe von 500 Euro pro Monat für maximal drei Monate beantragen, die vom Ministerium Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg finanziert wird.

Auch in Karlsruhe herrscht, wie in vielen anderen Hochschulstädten, Wohnungsmangel für Studierende. Nach dem Studierendenwerk ist der „Studentenwohnheim des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) e.V.“, der 1.276 Zimmer anbietet, der größte gemeinnützige Anbieter studentischen Wohnraums in Karlsruhe. Mit Unterstützung der Schroff Stiftungen entsteht in der Hagsfelder Allee nun das Schroff Kolleg und damit zusätzlicher Platz für 103 Studierende. Der Neubau bietet preiswerten Wohnraum und ermöglicht interkulturelles Zusammenleben aller Studierenden. Benannt ist das neue Studentenwohnheim nach dem Ehepaar Ingrid und Gunther Schroff, deren Stiftung den Bau mit einer Spende von einer Million Euro unterstützt.

Seit der Einführung des Bachelor-Master-Systems im Rahmen des Bologna-Prozesses müssen alle Studiengänge in regelmäßigen Abständen akkreditiert werden. Das KIT hat hierzu ein eigenes Qualitätssicherungsverfahren entwickelt und eingeführt („KIT-PLUS“). Nachdem das KIT bereits 2014 die Systemakkreditierung erhielt und damit Studiengänge selbst bewilligen darf, erfolgte im Februar 2020 regelgerecht nach sechs Jahren eine erneute Prüfung des Qualitätsmanagements durch eine externe internationale Gutachter/innengruppe. Die Gutachterempfehlungen fielen für das KIT sehr positiv aus. Auf dieser Grundlage hat der Akkreditierungsrat nun die erneute Systemakkreditierung ausgesprochen: Damit erhält das KIT – rückwirkend zum 1. Oktober 2020 – für weitere acht Jahre das Recht, seine Studiengänge nach gründlicher Prüfung selbst mit einem international anerkannten Gütesiegel auszustatten.

Physikalisches Wissen ist insbesondere für ingenieurwissenschaftliche Studiengänge eine wichtige Voraussetzung. Der neue Online-Brückenkurs Physik vermittelt Studieninteressierten und Studierenden der ersten Fachsemester die notwendigen Grundlagen. Der Kurs wird federführend vom MINT-Kolleg BaWü in Kooperation mit 12 weiteren Hochschulen entwickelt. Das MINT-Kolleg Baden-Württemberg ist eine Verbundeinrichtung des KIT und der Universität Stuttgart. Die Einrichtung wird vom baden-württembergischen Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst sowie vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Der Brückenkurs wurde von TU9 – German Universities of Technology zertifiziert.

Kooperationen zur Steigerung der Innovationsleistung

Mit Innovation als dritter Kernaufgabe des KIT erhielten Wissens- und Technologietransfer, unternehmerisches Handeln und der Dialog mit der Gesellschaft in den vergangenen Jahren immer größere Bedeutung. Mit dem TRIANGEL Open Space hat das KIT mit Unterstützung mehrerer Förderer einen Raum an der Schnittstelle zur Stadt geschaffen, der dafür ideale Voraussetzungen bietet. In dem markanten Gebäude mit dreieckigem Grundriss sollen Wissenschaftskommunikation und Transferkultur, Weiterbildung und Beratung rund um Kreativität und Entrepreneurship sowie der Dialog mit der Gesellschaft gestärkt werden, um Impulse für neue Perspektiven, Projekte und Partnerschaften zu geben. Die ersten Pilotveranstaltungen liefen Corona-bedingt im kleinen Rahmen, im Frühjahr 2021 soll der Betrieb regulär aufgenommen werden.

Das Leuchtturmprojekt „Mobilität der Zukunft“ ist ein Gemeinschaftsprojekt mit der Universität Stuttgart, in dem die beiden Institutionen ihre Kompetenzen in der Grundlagenforschung und im Technologietransfer bündeln. Ziel des Innovationscampus „Mobilität der Zukunft“ (ICM) ist es, in den Bereichen Mobilität und Produktion neue, bahnbrechende Technologien hervorzubringen. Der ICM wurde im Januar 2020 in Anwesenheit von Ministerin Theresia Bauer eröffnet; das Ministerium für Wissenschaft und Kunst des Landes Baden-Württemberg fördert den ICM seit 2020 mit zehn Mio. Euro über fünf Jahre (die Fördersumme wurde Anfang des Jahres 2021 um weitere 50 Mio. Euro erhöht).

Die jährliche KIT-Karrieremesse @home ging 2020 neue Wege: Da es durch die Corona-Pandemie unmöglich war, die Messe im gewohnten Format durchzuführen, wurde mit der Karrieremesse@home eine der ersten digitalen Großveranstaltungen am KIT mit über 2000 Teilnehmer/innen realisiert. Vielfältige virtuelle Formate wie digitale Jobwalls, online-Auditorien oder die digitale Infotheke des KIT-Career-Service brachten Studierende, Promovierende und Alumni des KIT mit den Aussteller/innen zusammen.

Im Januar 2020 hat das Optik- und Photonikunternehmen ZEISS gemeinsam mit dem KIT den ZEISS Innovation Hub @ KIT auf dem Campus Nord in Betrieb genommen. Nutzende des 12. 000 Quadratmeter großen Neubaus auf dem Campus Nord des KIT sind neben ZEISS und dem KIT das in 3-D-Druck und Mikrofabrikation tätige Unternehmen „Nanoscribe“ sowie aktuelle und künftige Start-ups und Ausgründungen von beiden Partnern. In dieser herausragenden Umgebung für Innovation kann sich ein kreatives Umfeld entfalten, es bilden sich Partnerschaften zwischen jungen und etablierten Unternehmen und das unternehmerische Netzwerk sowie die Nähe zur wissenschaftlichen Basis ist der ideale Platz für kreative Köpfe, die Neues wagen wollen. Bereits im Frühjahr 2020 haben sich erfolgreiche Kooperationen und Projekte etabliert und die ersten vier Start-ups sind im KIT-Hightech-Inkubator des ZEISS Innovation Hub @ KIT eingezogen.

Wissenschaftlicher Nachwuchs

Das Karlsruhe House of Young Scientist (KHYS) fördert und unterstützt alle Nachwuchswissenschaftler/innen des KIT bei ihren vielfältigen Aufgaben in Forschung, Lehre und Management. Mit dem Postdoc Office hat das KHYS eine neue zentrale Anlaufstelle mit einem breitgefächerten Förderangebot und zahlreichen Services rund um die Postdoc-Phase geschaffen, die durch die Helmholtz-Gemeinschaft eine Anschub-Förderung erhält. Das Postdoc Office hat am 01. Januar 2020 seine Arbeit aufgenommen und wird durch den Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft gefördert. Auch die DFG stärkt den wissenschaftlichen Nachwuchs am KIT: Seit dem 01. April 2020 fördert sie für zunächst vier-einhalb Jahre ein gemeinsames Graduiertenkolleg zu Hochtemperaturverbundwerkstoffen der Partner KIT, TU Darmstadt und DECHEMA.

Das Young Investigator Group Preparation Program (YIG-PREP PRO) unterstützt junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei der Etablierung ihrer Nachwuchsgruppen am KIT. YIG-PREP PRO-Fellow Dr. Philipp Willke warb im Oktober 2020 eine Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe ein, ein weiterer Fellow, Dr. Giovanni De Carne, war mit seinem Antrag auf eine Helmholtz-Nachwuchsgruppe erfolgreich. Eine Emmy-Noether-Nachwuchsgruppe zu niedrig koordinierten Hauptgruppenelement-Verbindungen leitet seit Juli 2020 Dr. Alexander Hinz; im April 2020 startete Dr. Emma Järvinen mit ihrer Helmholtz-Nachwuchsgruppe zum Thema „Solving the Cirrus Cloud Puzzle – Do Cirrus Warm or Cool our Climate?“. Dr. Martina Klose leitet seit Oktober 2020 die Nachwuchsgruppe „A big unknown in the climate impact of atmospheric aerosol: Mineral soil dust“.

Für einen detaillierten Überblick zu den Fördermaßnahmen für Nachwuchswissenschaftler/innen 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 2020 bewilligte Projekt „EPICUR-Research“ mit dem KIT als Konsortialführer erweitert das bisherige Spektrum der Europäischen Universität EPICUR (European Partnership for an Innovative Campus Unifying Regions). Neben Lehre und Innovation kommen nun die Dimensionen Forschung und Transfer hinzu. Ziel des internationalen Verbundes achteuropäischer Universitäten war zunächst die Gestaltung eines Netzwerks, das virtuelle Mobilität von Studierenden und Lehrenden zwischen den Universitäten ermöglicht, sowie die Entwicklung innovativer didaktischer Ansätze und das Verbinden von Regionen. Mit dem „EPICUR-Research“-Projekt wird nun die Entwicklung einer gemeinsamen Forschungs- und Transferagenda über die nächsten drei Jahre in den Blick genommen. Die Europäische Kommission stellt dafür Mittel in Höhe von zwei Mio. Euro zur Verfügung und vervollständigt so das Wissensviereck einer klassischen Universität – Lehre, Forschung, Innovation und Interaktion mit der Gesellschaft. Derzeit ist „EPICUR-Research“ das einzige von einem Helmholtz-Zentrum koordinierte europäische Projekt im Förderprogramm „Science with and for society“. Netzwerke und Verbünde stellen für Universitäten ein wichtiges Entwicklungspotenzial dar, denn Wissenschaft, Lehre und Innovation geschehen nicht im isolierten Raum. Im Jahr 2020 konzentrierte sich CLUSTER (Consortium Linking Universities of Science and Technology for Education and Research) schwerpunktmäßig auf das Thema Nachhaltigkeit, während CESAER (Conference of European Schools for Advanced Engineering Education and Research) mit der „Best Idea Competition“ einen Wettbewerb ins Leben rief, der studentische Ideen zur Bewältigung globaler Herausforderungen mit einem Preisgeld von bis zu 20.000 Euro honoriert. In beiden Netzwerken ist das KIT stark engagiert. Zu CESAER gehören mehr als 50 führende Universitäten in Wissenschaft und Technologie aus 25 europäischen Ländern – acht von neun Universitäten aus dem TU9-Verbund sind vertreten. Fokus ist hier ebenfalls die Erhöhung der Qualität der Ingenieur/innenausbildung in Europa. Das Netzwerk hat eine europapolitisch gewichtige Stimme und lieferte der europäischen Kommission bereits viel beachtete Positionspapiere und Stellungnahmen. Prof. Dr. Thomas Hirth, Vizepräsident des KIT für Innovation und Internationales gehört seit 2019 dem Board of Directors an und war maßgeblich an der Konzeption der „Best Idea Competition“ beteiligt.

Hochrangige Besuche am KIT

Am 05. März 2020 besuchten Pascal Revel, Botschaftsrat für Wissenschaft und Technologie der französischen Botschaft in Deutschland, und Hervé Martin, Hochschulattaché für die Zusammenarbeit in der Wissenschaft in Bayern und Baden-Württemberg, zum ersten Mal das KIT. Die Gäste hatten dabei die Gelegenheit, zunächst das KATRIN Experiment zu erleben, den Bereich V – Physik und Mathematik des KIT kennenzulernen und ebenso das geplante Kooperationsvorhaben zwischen der Helmholtz-Gemeinschaft und dem französischen Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS).

Im „Energy Lab 2.0“ auf dem Campus Nord des KIT erforschen Wissenschaftler/innen das Zusammenspiel verschiedener Sektoren des Energiesystems, erproben Power-to-X-Technologien und entwickeln neuartige Netzstrukturen. Unter anderem über diese Forschung hat sich der baden-württembergische Umweltminister Franz Untersteller bei seinem Besuch am 06. August 2020 informiert. Außerdem besuchte Untersteller den vom Land am KIT eingerichteten THINKTANK „Industrielle Ressourcenstrategien“, bei dem nachhaltige Strategien für die Versorgung mit Rohstoffen und das Thema Resilienz im Fokus stehen.

Er engagiert sich für die zukunftsorientierte Forschung sowie den Bildungs- und Kultursektor, verknüpft Wirtschaft und Wissenschaft und entwickelt immer wieder Innovationen, um die Digitalisierung voranzutreiben: Hasso Plattner, der Mitgründer der SAP SE und Alumnus des KIT. Im Februar 2020 verlieh ihm die KIT-Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik die Ehrendoktorwürde.

Auszeichnungen und Preise

Das KIT konnte auch 2020 wieder einige Preise für studentische Arbeiten verzeichnen. Diese sind jedoch in der folgenden Aufstellung, die sich aufgrund des Berichtszwecks auf wissenschaftsbezogene und wissenschaftsnahe Auszeichnungen konzentriert, nicht mit genannt.

Prof. Dr. **Maximilian Haider**, Prof. Dr. **Harald Rose**, Prof. Dr. **Knut Urban** und Prof. **Ondrej Krivanek** werden für ihre Beiträge zur Entwicklung der Elektronenmikroskopie mit dem Kavli-Preis 2020 ausgezeichnet.

Die DFG fördert Arbeit an Sandwich-Komplexen von Prof. Dr. **Peter Roesky** über ein Reinhart Koselleck-Projekt.

Die Gips-Schüle-Stiftung hat Dr. **Tobias Abzieher**, inzwischen wissenschaftlicher Mitarbeiter des Lichttechnischen Instituts, mit dem Gips-Schüle-Nachwuchspreis 2020 für seine Dissertation über innovative Ansätze zur Herstellung neuartiger Solarzellen ausgezeichnet.

Acht Wissenschaftler/innen des KIT gehören zu den "Highly Cited Researchers", einer von der Web of Science Group geführten Rangliste, die die Wissenschaftler/innen aufführt, deren Publikationen weltweit am häufigsten zitiert wurden. Dies sind Prof. Dr. **Almut Arneeth**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Prof. Dr. **Klaus Butterbach-Bahl**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Dr. **Amir-Abbas Haghighirad**, Institut für Quantenmaterialien und Technologien, Prof. Dr. **Jürgen Janek**, Justus-Liebig-University Gießen und Institut für Nanotechnologie des KIT, Prof. Dr. **Stefano Passerini**, Direktor des Helmholtz-Instituts Ulm, Prof. Dr. **Holger Puchta**, Leiter des Botanischen Instituts, Prof. Dr. **Alexandros Stamatakis**, Institut für Theoretische Informatik und Prof. Dr. **Martin Wegener**, Institut für Angewandte Physik, Wissenschaftlicher Direktor am Institut für Nanotechnologie sowie Sprecher des Exzellenzclusters „3D Matter Made to Order“.

Die Macro Group UK zeichnete Prof. Dr. **Christopher Barner-Kowollik**, Institut für Technische Chemie und Polymerchemie und Queensland University of Technology, für herausragende Leistungen in der Polymerchemie mit einer "Medal for Outstanding Achievement" aus.

Die Jury des European Symposium on Algorithms hat Prof. Dr. **Frank Bellosa**, Institut für Technische Informatik, und Prof. Dr. **Peter Sanders**, Institut für Theoretische Informatik, für ihre Pionierarbeit mit je einem "Test-of-Time-Award" ausgezeichnet.

Maximilian Benz, Institut für Toxikologie und Genetik, wurde mit dem Carl-Roth-Förderpreis der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) ausgezeichnet.

Dr. **Akanksha Bhutani**, Institut für Hochfrequenztechnik und Elektronik, erhielt für ihre Dissertation zum Thema "Low Temperature Co-fired Ceramics for System-in-Package Applications at 122 GHz" den Förderpreis des Arbeitgeberverbandes Südwestmetall.

Jakob Boretzki, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, gehört zu den diesjährigen Preisträgern des Schöck Bau-Innovationspreises.

Martin Byrenheid und **Stefanie Roos**, Institut für Telematik, erhielten bei der SRDS 2020 für ihr Paper „Secure Embedding of Rooted Spanning Trees for Scalable Routing in Topology-Restricted Networks“ den Best Paper Runner-Up Award.

Marius Dackweiler, wbk Institut für Produktionstechnik, hat den ThinKing Award der Landesagentur für Leichtbau in Baden-Württemberg erhalten.

Facebook zeichnete Prof. Dr. **Melanie Volkamer**, **Peter Mayer** und **Reyhan Düzgün**, Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren, für ihre Forschung zu sicheren und anwenderfreundlichen Authentifizierungsmethoden in der Augmented und Virtual Reality-Technologie aus.

Dr. **Elisabeth Eiche**, Institut für Angewandte Geowissenschaften, erhielt den Excellence in Review Award der Zeitschrift „Applied Geochemistry“, dem Journal of the International Association of Geochemistry.

Das College of Engineering der Swansea University hat Prof. Dr. **Maximilian Fichtner**, stellvertretender Direktor des Helmholtz-Instituts Ulm, zum Honorarprofessor ernannt.

Die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) hat **Prof. Dr. Frank Gauter** in Institut für Fahrzeugsystemtechnik, Prof. Dr. **Peter Gumbsch**, Institut für Angewandte Materialien, sowie Prof. Dr. **Thomas Zwick**, Institut für Hochfrequenztechnik und Elektronik, in den Kreis ihrer Mitglieder gewählt.

Die Bundesanstalt für Materialforschung hat Dr. **Christian Greiner**, Institut für Angewandte Materialien, mit dem Adolf-Martens-Preis ausgezeichnet.

Die Mitglieder des Nationalen Begleitgremiums haben Prof. Dr. **Armin Grunwald**, Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, zu einem seiner beiden Vorsitzenden gewählt.

Prof. Dr. **Horst Hahn**, Direktor des Instituts für Nanotechnologie, wurde zum Fellow der National Academy of Inventors (NAI) in den USA gewählt.

Prof. Dr.-Ing. **Holger Hanselka**, Präsident des KIT, wurde als Vizepräsident der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e. V. (AiF) bestätigt.

Die DFG hat das Mandat der Ständigen Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe (MAK-Kommission) unter Vorsitz von Prof. Dr. **Andrea Hartwig**, Institut für Angewandte Biowissenschaften, verlängert.

Die DFG hat Dr. **Alexander Hinz**, Institut für Anorganische Chemie, in das Emmy-Noether-Programm aufgenommen.

Prof. Dr. **Marlis Hochbruck** wurde im August 2020 für eine Amtszeit von vier Jahren in den Senatsausschuss Strategische Vorhaben der Leibniz-Gemeinschaft gewählt.

Fünf Mitarbeitende des KIT wurden in die Arbeitsgruppen der #FactoryWisskomm von Bundesforschungsministerin Anja Karliczek berufen; **Monika Landgraf**, Dienstleistungseinheit Strategische Entwicklung und Kommunikation und Pressesprecherin des KIT, Prof. Dr. **Annette Leßmöllmann**, Institut für Technikzukünfte, **Beatrice Lugger**, Direktorin des Nationalen Instituts für Wissenschaftskommunikation NaWik, Dr. **Philipp Niemann**, Wissenschaftlicher Leiter des NaWik sowie **Philipp Schrögel**, Institut für Technikzukünfte.

Prof. Dr. **Gisela Lanza**, Mitglied der Institutsleitung des wbk Instituts für Produktionstechnik, wurde in den Senat der DFG gewählt und ist damit die zweite Wissenschaftlerin des KIT im zentralen wissenschaftlichen Gremium der DFG. Außerdem wurde Prof. Lanza von der weltweiten Vereinigung der Produktionstechniker CIRP in Würdigung ihres Engagements für die CIRP und ihrer wissenschaftlichen Arbeit zur Fellow ernannt.

Prof. Dr. **Annette Leßmöllmann**, Institut für Technikzukünfte, ist als Mitglied in die Arbeitsgruppe "Hochschulkommunikation" der Hochschulrektorenkonferenz (HRK) berufen worden.

Dr. **Stefan Maier**, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Experimentelle Teilchenphysik, hat den "Detector Award" des CMS-Spurdetektors erhalten.

Facebook zeichnete Prof. Dr. **Melanie Volkamer**, Dr. **Peter Mayer** und **Reyhan Düzgün**, Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsverfahren, für ihre Forschung zu sicheren und anwenderfreundlichen Authentifizierungsmethoden in der Augmented und Virtual Reality-Technologie aus.

Dr. **Go Mishima**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Astroteilchenphysik, wurde mit der "Particle Physics Medal: Young Scientist Award in Theoretical Particle Physics" der Japanischen Physikalischen Gesellschaft ausgezeichnet.

Gabriela Molinar, Institut für Technik der Informationsverarbeitung, hat beim Energie-Campus 2020 der Stiftung Energie & Klimaschutz den dritten Platz belegt.

Prof. Dr. **Jörn Müller-Quade**, Leiter des Kompetenzzentrums für IT-Sicherheit KASTEL, wurde von der DFG in eine neu eingerichtete interdisziplinäre Kommission für Pandemieforschung berufen.

Dr. **Katrin Ochsenreither**, Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik, ist neues Mitglied im Zukunftsforum Biotechnologie der DECHEMA.

Neuer Chairman der Environmental Physics Division der European Physical Society ist Prof. Dr. **Johannes Orphal**, Institut für Meteorologie und Klimaforschung.

Prof. Dr. **Dmitry Pelinovsky**, McMaster University, Kanada, erhält den Forschungspreis der Alexander von Humboldt-Stiftung. Er wurde vom Institut für Analysis nominiert und wird daraufhin mehrere Monate zu Forschungszwecken am KIT verbringen.

Die Leiterin des Bereiches I, Prof. Dr. **Andrea Robitzki**, wurde in den Beirat Nachhaltige Bioökonomie der Landesregierung Baden-Württemberg berufen.

Prof. Dr. **Eri Saikawa**, Associate Professor in Environmental Sciences an der Emory University Atlanta, USA, war im Rahmen eines Alexander-von-Humboldt-Stipendiums zu Gast am Institut für Meteorologie und Klimaforschung.

Prof. Dr. **Wilhelm Schabel**, Institut für Thermische Verfahrenstechnik, wurde vom Edwards Centre for Soft Matter der Universität Cambridge zum "Edwards Fellow" ernannt.

Laura Spitzmüller, Institut für Angewandte Geowissenschaften, erhielt den Christian-Hecht-Preis des Praxisforums Geothermie-Bayern.

Tabea Stadler, Institut für Mikroverfahrenstechnik, hat beim Energie-Campus 2020 der Stiftung Energie & Klimaschutz den ersten Platz belegt.

Dr. **Johannes Steinmann**, Institut für Beschleunigerphysik und Technologie, hat für die Arbeiten, die er im Rahmen seiner Doktorarbeit durchgeführt hat, den Frank Sacherer Prize der European Physical Society erhalten.

Prof. Dr. **Uwe Strähle**, Institut für Biologische und Chemische Systeme, erhielt den Christiane Nüsslein-Volhard Award der EuFishBioMed im Rahmen der virtuellen Konferenz ZEBRA-FISH 2020.

Prof. Dr. **Thorsten Strufe**, Institut für Telematik, wurde bei der Fachkonferenz PIMRC 2020 mit einem Best Paper Award ausgezeichnet.

Prof. Dr. **York Sure-Vetter**, Institut für Angewandte Informatik und formale Beschreibungsverfahren, wurde zum Direktor der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur ernannt.

Prof. Dr. **Patrick Théato**, Institut für Technische Chemie und Polymerchemie, ist zum neuen Vorsitzenden des Unterausschusses für Polymerterminologie der International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) gewählt worden. Außerdem wurde Prof. Théato als Mitglied der neu eingerichteten „Kommission zur Überarbeitung der GDCh-Empfehlungen (2015) für das Bachelorstudium Chemie an Universitäten“ der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) berufen.

Der mit 25.000 Euro dotierte zweite von drei Preisen des „SOFT European Prize for Innovation in Fusion Research“, der von der Europäischen Kommission verliehen wird, ging an Dr. **Pavel Vladimirov**, Institut für Angewandte Materialien.

Prof. Dr. **Melanie Volkamer**, Institut für Angewandte Informatik und formale Beschreibungsverfahren, hat einen Google Faculty Research Awards im Bereich "Security" erhalten.

Prof. Dr. **Rainer M. Volkamer**, University of Colorado, ist über das Friedrich Wilhelm Bessel Research Award Programm der Alexander-von-Humboldt-Stiftung zu Gast am Institut für Meteorologie und Klimaforschung.

In der Rubrik "MINT-Bildung von Lehrkräften" hat Juniorprofessor Dr. **Ingo Wagner**, Institut für Sport und Sportwissenschaft, für das von ihm und seinem Team unterstützte Lehr-Lern-Labor "makeScience!" an der PH Karlsruhe den zweiten Platz beim "Lernort-Labor-Preis" belegt.

Prof. Dr. **Wolfgang Wernsdorfer**, Physikalisches Institut, erhielt den mit 150.000 Euro dotierten Wissenschaftspreis der Hector-Stiftung für seine herausragenden Leistungen bei der Entwicklung von Quantencomputern. Außerdem erhielt Prof. Wernsdorfer für seine Beiträge zur Weiterentwicklung der Forschung in den Feldern Einzelmolekülmagnete, Magnetisierungstunneln und molekulare Spintronik den Dominique Givord Award der European Magnetism Association.

Prof. Dr. **Johann Marius Zöllner**, Institut für Angewandte Informatik und formale Beschreibungsverfahren, wurde für die nächsten fünf Jahre in den Hochschulrat der Hochschule Karlsruhe berufen.

Das Projekt "**Digital Earth**" unter Beteiligung des KIT wurde beim Digital Leader Award mit einem Sonderpreis für Digital Science ausgezeichnet.

Das **EnergyLab 2.0** wurde beim IDA design award in den Kategorien "Institutional" und "Other Architectural Designs" mit Gold ausgezeichnet.

Formic Transportsysteme, ein Spin-off aus dem Institut für Produktionstechnik sowie dem Institut für Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme, erhält für die Ausgründungsphase von 14 Monaten eine Förderung von 150.000 Euro aus dem Programm für Ausgründungen "Helmholtz Enterprise".

Das **KIT** belegt unter den Top-10-Gründerhochschulen des Deutschen Startup Monitors den zweiten Platz.

Das **Netzwerk für Materialien der Nanotechnologie** NanoMat hat die Zertifizierung für das Silber-Label der European Cluster Excellence Initiative (ECEI) bestanden.

Für ihr Projekt zur Umgestaltung zum nachhaltigen und bienenfreundlichen Außengelände hat die Jury des Wettbewerbs "Klimaheld 2020" die Kita **nanos!** am Campus Nord mit einem Sonderpreis ausgezeichnet.

A.1.2.4 Planungen des laufenden und des kommenden Jahres

Dachstrategie KIT 2025

Im Jahr 2020 verdoppelte sich die Anzahl Projekte unter der Dachstrategie KIT 2025 auf über 60. Die Exzellenzuniversitäts-Vorhaben stellen hierbei die Mehrheit der neu aufgenommenen Projekte dar. Es wurden aber auch weitere neue Projekte gestartet, wie zum Beispiel das Leitprojekt „Forschungsstrategie – Etablierung eines kontinuierlichen Strategieprozesses Forschung“, das zum Ziel hat, die verschiedenen Anforderungen und Abhängigkeiten an die Forschungsstrategie in Einklang zu bringen, indem ein Managementprozess zur kontinuierli-

chen Weiterentwicklung der Forschungsstrategie erarbeitet wird. Im Bereich Forschung startete 2020 zudem das Projekt „Global sichtbare Großgeräte“, das zur Identifikation und Auswahl zukünftiger leistungsfähiger Forschungsinfrastrukturen aufgesetzt wurde. Weiterhin starteten Vorarbeiten zum Leitprojekt „Lehrstrategie – Strategische Weiterentwicklung der Studiengänge und des Studienangebots“, in dem das Studiengangportfolio des KIT als abgestimmter Prozess zwischen Präsidium, Bereichen und KIT-Fakultäten entwickelt wird. Das Projekt wird Corona-bedingt offiziell erst Anfang 2021 starten. Durch die Aufnahme von ExU-Vorhaben hat sich die Anzahl der Projekte verdoppelt. Um dieser Herausforderung für den Gesamtlenkungskreis und das Projektmanagement zu begegnen wurde ein gesondertes Monitoring etabliert. Das KIT beabsichtigt die Aufnahme von zwei neuen Handlungsfeldern in die Dachstrategie KIT 2025: Digitalisierung und Nachhaltigkeit. Darüber hinaus wird in 2021 das bestehende Handlungsfeld Innovation, in dem der Technologietransfer verankert ist, um das Themenfeld Wissenstransfer erweitert und damit zum neuen Handlungsfeld Transfer. Um Bedarfe und Chancen in diesen drei Themengebieten aufzugreifen wurde die Entscheidung getroffen, diese in die aktuelle Dachstrategie KIT 2025 aufzunehmen wurde die Entscheidung getroffen, diese in die aktuelle Dachstrategie KIT 2025 aufzunehmen. Die Vorarbeiten zu den drei Themengebieten wurde bereits in 2020 mit dem Struktur- und Entwicklungsplan (SEP) geleistet, so dass in 2021 bei der Entwicklung der Thesen und strategischen Zielen auf dieser Basis aufgebaut werden kann.

Besonders zu erwähnen ist auch der Start des Folgeprojektes „KIT 2.0 – Phase 2“ Anfang 2021. Es resultiert aus dem neuen zweiten KIT Weiterentwicklungsgesetz KITG 2.0 und hat zum Ziel, dessen Inhalte am KIT umzusetzen. Mit dem neuen Gesetz werden administrative Hürden abgebaut und mehr Flexibilität in der Mittelverwendung und beim Personaleinsatz ermöglicht. Ein im Umfang geringeres Projekt jedoch mit großer Symbolwirkung, ist das Folgeprojekt „Gendergerechte Sprache“, das zum Ende des Berichtsjahres gestartet wurde und bis Mitte 2021 KIT-Leitlinien zur gendergerechten Sprache am KIT entwickelt.

Auch im kommenden Jahr bleiben die durch die Pandemie bedingten Einschränkungen eine Herausforderung für das KIT. Der Übergang zu weitgehend digitalen Formaten im Jahr 2020 ist jedoch gut gelungen, so dass die Umsetzung der Dachstrategie KIT 2025 weiterhin erfolgreich verfolgt werden kann. Da Präsenzveranstaltungen vorerst noch nicht stattfinden können, wird mit Verzögerungen für einzelne Projekt gerechnet. So plant das KIT für Oktober des Jahres 2021 das Format „KIT Science Week“, eine zweijährliche Veranstaltungswoche am KIT mit wissenschaftlicher Konferenz und dialogischen Formaten beziehungsweise öffentlichen Veranstaltungen; es wird schon jetzt ein digitales Alternativformat eingeplant.

Exzellenzstrategie

Als eine von vier Universitäten in Baden-Württemberg hat sich das KIT im Juli 2019 im wichtigsten Wettbewerb der Universitäten in Deutschland mit seinem Konzept „The Research University in the Helmholtz Association | Living the Change“ erfolgreich durchgesetzt. Das erste Ziel des Antrags Exzellenzuniversität und damit die Unterstützung der Spitzenforschung am KIT wird u.a. durch die Einrichtung von Otto-Lehmann-Professuren erreicht. In Referenz auf die außergewöhnliche Forscherpersönlichkeit des Karlsruher Physikers Otto Lehmann (1855-1922) werden herausragende internationale Spitzenforscher/innen für eine Professur am KIT gewonnen. 2020 wurden hierfür mögliche Kandidat/innen identifiziert und die Prozesse koordiniert, sodass erste Ernennungen für diese Professuren in 2021/22 erwartet werden. Um das zweite Ziel zu erreichen und gezielt Verantwortung im Wissens- und Technologietransfer zu übernehmen, richtet das KIT mit dem Vorhaben Real World Lab Professorships vier Reallabore mit jeweils zwei Tandem-Professuren aus den Geistes- und Sozialwissenschaften sowie den Technik- und Naturwissenschaften ein. Die Konzepte der ersten beiden Reallabore zum Autonomen Fahren und zu Assistenzsystemen für Barrierefreiheit

wurden konzeptionell erarbeitet, sodass die Berufungsverfahren 2020 bereits gestartet werden konnten. Das dritte Reallabor soll zum Umgang mit Risiken eingerichtet werden, wofür das Konzept im Frühjahr 2021 erarbeitet wird. Auch das dritte Ziel und somit das Anliegen, die Grundlagen für die Exzellenz von Morgen zu sichern, wird durch zusätzliche Professuren gestützt, von denen 60 als Tenure Track- und Junior-Professuren eingerichtet werden. Die Etablierung eines KIT-weiten Tenure-Track-Systems (Vorhaben Excellent Tenure) bietet exzellenten Nachwuchswissenschaftler/innen verlässliche Karrierewege an. Der institutionelle Kulturwandel, den das KIT in seinem vierten Ziel anstrebt, nimmt die konkreten Erfordernisse für eine KIT-weite Kultur der Veränderungsbereitschaft, der Chancengleichheit und -gerechtigkeit sowie der Diversität in den Blick. Die drei zuvor beschriebenen Ziele mit ihren jeweiligen Vorhabenpaketen sind in diesen angestrebten Kulturwandel eingebettet; insbesondere die insgesamt 100 neuen Professuren aus den Vorhaben Otto-Lehmann-Professuren, Real-World-Professorships und Excellent Tenure tragen zum Wandel bei. Das KIT hat sich das klare Ziel gesetzt, für 40 % aller im Rahmen der Exzellenzuniversität neu zu besetzenden Professuren und wissenschaftlichen Stellen Frauen zu gewinnen, was u.a. durch das Vorhaben Gender Equity unterstützt wird, das auch die Berufungsverfahren am KIT begleitet.

2020 haben zudem die Vorbereitungen auf das erste, am 23. Juni 2021 stattfindende, Statusgespräch mit den Zuwendungsgebern begonnen.

Vorbereitung der vierten Phase der Programmorientierten Förderung (PoF IV)

Das KIT hat im Jahr 2020 nach Abschluss der strategischen Bewertung der Helmholtz-Gemeinschaft, die zwischen Oktober 2019 und Januar 2020 auf Ebene der Forschungsbereiche stattgefunden hat, die Aufstellung der Helmholtz-Forschungsbereiche und Programme nach Analyse der Ergebnisse der strategischen Bewertung sowie der Senats- und Finanzierungsempfehlungen weiterhin intensiv mitgestaltet und für den Beginn der PoF IV am 01. Januar 2021 vorbereitet. Am KIT fand die Vorbereitung auf die kommende Programmperiode insbesondere in den verstetigten Gremien des Teilprojekts „Mittel- und langfristige Helmholtz-Strategie“ innerhalb des Leitprojekts „Forschungsstrategie“ statt, das Anfang 2020 abgeschlossen wurde. In diesem Teilprojekt wurde ein iterativer Gremienablauf ins Leben gerufen, der es ermöglicht, in einem kontinuierlichen Dialog mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des KIT über die Forschungsaktivitäten sowie über strategische Entwicklungen zu bleiben. Auf Helmholtz-Ebene fanden 2020 in den Forschungsbereichen ebenfalls bereits einige Veranstaltungen statt, um den Start von PoF IV zu gestalten.

Im Forschungsbereich Energie wird dabei 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 als strategisches Werkzeug für diese Themen zu entwickeln. Die Entwicklung der Helmholtz Energy Transition Roadmap (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. Neben technischen Aspekten wird dabei insbesondere auch Systemwissen berücksichtigt werden. Zudem haben die Gutachter empfohlen, HETR als ein zentrales Strategieinstrument zur dynamischen Weiterentwicklung des Forschungsbereichs Energie zu nutzen.

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 Fu-

tures“ 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 wird am KIT das neue Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit gegründet. Weitere wichtige 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. 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 wird die ganzheitliche Betrachtung des Erdsystems mit nur noch einem Programm des Titels „The Changing Earth“ in den Mittelpunkt gestellt werden. 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 wird in Bezug auf die Analyse von großen Datenmengen durch die Einbindung in die Projekte „Digital Earth“ und „Earth System Modelling“ gestärkt.

Im Forschungsbereich Materie steht auch in der PoF IV die Durchführung des KATRIN-Experiments im Mittelpunkt sowie die Beteiligung am internationalen Neutrino-Experiment IceCube. 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.

Für die Erarbeitung der Materialforschungsstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft nimmt das KIT weiterhin unter Federführung von Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka eine koordinierende Rolle ein. 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. Die Verabschiedung der mit den beteiligten Zentren und Forschungsbereichen abgestimmten Materialforschungsstrategie ist im Mai 2021 geplant.

Weitere Helmholtz-weite Strategien zur Digitalisierung und der Quantentechnologie sind weiterhin in Bearbeitung. An beiden gestalten die Wissenschaftler/innen des KIT aktiv mit, um die Aktivitäten entsprechend darzustellen. Über die Operationalisierung der Digitalisierungsstrategie soll im Mai 2021 entschieden werden.

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

Das KIT plant, ab dem Jahr 2022 eine Investition im Korridor für Infrastrukturen zwischen 2,5-15 Mio. Euro zu realisieren und hat hierfür 2020 die Maßnahme „DeepStor“ ausarbeiten lassen. Der Aufsichtsrat des KIT hat bereits am 19. Juni 2020 der Realisierung der Investition „DeepStor“ ab 2022 zugestimmt. Das Vorhaben „DeepStor“ hat die Erforschung eines Hochtemperatur-Wärmespeichers bzw. die Erforschung eines skalierbaren Multispeichersys-

tems 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 der hier beantragten wissenschaftlichen Infrastruktur „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 2021ff

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) und „Accelerator Technology Helmholtz Infrastructure (ATHENA) werden auch im Jahr 2021 weiter umgesetzt. Die Anträge für strategische Ausbauinvestitionen „Geothermal Laboratory in the Crystalline Basement (GeoLaB)“ und „Distributed Detector Laboratory (DDL)“ (für eine Realisierung ab 2023) werden im Jahr 2021 erneut in das Verfahren für strategische Ausbauinvestitionen der Helmholtz-Gemeinschaft eingereicht.

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

Um den wissenschaftlichen Nachwuchs zu stärken, wird die Tenure-Track-Professur auch weiterhin am KIT flächendeckend als zweiter Weg zur Professur etabliert, wodurch die Karrierewege des wissenschaftlichen Nachwuchses planbarer und transparenter werden. Zusätzlich zu den Professuren aus dem Bund-Länder-Programm werden dazu in den nächsten zehn Jahren weitere W1-Professuren im Rahmen des ExU-Vorhabens „KIT Excellent Tenure“ eingerichtet. 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 ist geplant, im Jahr 2021 die weiteren drei Tenure-Track-Professuren aus der ersten Förderrunde zu besetzen. Die Verfahren für die Besetzung der TT-Professuren aus der zweiten Antragsrunde werden planmäßig weiter vorangetrieben.

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. Die Arbeiten in den analytischen Modulen – Flächenbedarfe, Bauliche Analyse Zustand und Potentiale – werden im Jahr 2021 weitestgehend fertig gestellt. Mit Abschluss des Moduls „Bauliche Analyse Zustand“ können die Investitionsbedarfe der nächsten 30 Jahre (bis ins Jahr 2050) präzise ab-

geleitet werden. Weiterhin wird das Modul „Bauliches Entwicklungskonzept“ im Austausch mit dem Präsidium und den Bereichsleitungen weiterentwickelt. Zunehmend werden externe Stakeholder (Zuwendungsgeber und nachgeordnete Baubehörden, Stadt Karlsruhe) einbezogen. Für die notwendigen Baumaßnahmen im Bereich V/Physik wird ein Realisierungskonzept erarbeitet.

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 Nachwuchswissenschaftler/innen, 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 Postdoktorand/innen einer Orientierungsphase von bis zu drei Jahren am KIT) und einer Etablierungsphase als selbstständige Nachwuchsgruppenleiter/innen bzw. Juniorprofessor/innen.

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

Ein wesentlicher strategischer Baustein der Nachwuchsförderung am KIT ist die Ermöglichung der Promotion im Rahmen von mehr als 20 strukturierten Promotionsprogrammen. Im Jahr 2020 wurden die Graduiertenschulen Karlsruhe School of Optics & Photonics (KSOP) und Karlsruhe School of Elementary Particle and Astroparticle Physics (KSETA) erfolgreich evaluiert und erhalten nun dauerhafte Förderung durch das Land Baden-Württemberg. Zusätzlich hat sich das KIT zum Ziel gesetzt, weitere Graduiertenschulen einzurichten und damit die Möglichkeit zur strukturierten Promotion am KIT maßgeblich auszubauen. So wurden mit dem wettbewerblichen Förderinstrument „Graduate School Support Programm (GradeUP)“ im Rahmen der Exzellenzstrategie gezielt Anreize geschaffen, um wissenschaftsgetriebenen KIT Graduate Schools an den KIT-Zentren zu strategisch relevanten Themen einzurichten. 2020 wurden in einer ersten Runde die KIT Graduate Schools „Cultures of Knowledge“ und „UpGrade Mobility“ ausgewählt. Darüber hinaus wurde 2020 am KIT ein DFG-Graduiertenkolleg (GRK 2561) neu eingerichtet sowie zwei weitere verlängert (GRK 2229 und GRK 2153).

Das 2019 erfolgreich eingeworbene Helmholtz Career Development Center for Researchers beim Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft, das sogenannte KHYS Postdoc Office, hat 2020 seine Arbeit aufgenommen und ergänzt das bereits am KHYS vorhandene Angebot für Postdoktorand/innen. Das KHYS Postdoc Office unterstützt neben dieser Zielgruppe alle an einer Postdoc-Phase am KIT interessierten Nachwuchswissenschaftler/innen und verfolgt dabei die drei Ziele: Orientierung für die Karriereentwicklung und -

entscheidung bereitstellen, karrierespezifische Qualifizierung ermöglichen und Selbstständigkeit und Vernetzung fördern. Eine Vielzahl an Maßnahmen wie Beratung zu allgemeinen Themen und Karriere in der Wissenschaft und Industrie sowie spezifische Qualifizierungs- und Weiterbildungsmaßnahmen (Postdoc Day, „Fit for your next career step“ etc.) wurden 2020 angeboten, an denen insgesamt rund 330 Postdoktorand/innen und Postdoc-Interessierte teilgenommen haben. Das Angebot wurde und wird im Sinne des Transfergedankens deutlich ausgebaut. Auch die neuen Internationalisierungsmaßnahmen „Aspirant Grant“ und „Connecting Young Scientists (ConYS)“ stießen auf sehr gute Akzeptanz. Jedoch konnten aufgrund der in 2020 herrschenden Reiseeinschränkungen nur wenige Postdoc-Interessierte und Postdocs ihre Pläne realisieren.

Im gemeinsam von PEBA und FOR begleiteten Exzellenzuniversitätsvorhaben Young Investigator Group Preparation Program (YIG Prep Pro) konnten im Rahmen der zweiten Ausschreibungsrunde aus knapp 90 Bewerbungen in einem mehrstufigen Auswahlverfahren insgesamt 16 Fellows gewonnen werden. Die dritte Auswahlrunde wurde Ende 2020 ausgeschrieben. Bis Ende Februar 2021 können sich wieder Nachwuchswissenschaftler/innen aus dem Ausland bewerben. Ziel ist die Rekrutierung hochkarätiger internationaler Postdoktorand/innen, deren Frauenanteil im YIG Prep Pro 40% betragen soll. Diese werden ihre Stelle nach einem zweistufigen Auswahlverfahren durch CRYs voraussichtlich im Sommer 2021 antreten. Bei erfolgreicher Einwerbung einer extern finanzierten Nachwuchsgruppe erhalten Fellows die Chance, eine W1-Professur mit oder ohne Tenure Track am KIT zu besetzen, für deren Einrichtung auch das Bund-Länder-Programm genutzt wird.

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 101 KIT-Nachwuchsgruppen wurden bislang formal als solche anerkannt. Im Jahr 2020 hat Dr.-Ing. Giovanni De Carne, Institut für Technische Physik (ITEP), eine Helmholtz-Nachwuchsgruppe eingeworben. Im Emmy Noether-Nachwuchsgruppenprogramm der DFG waren zwei Nachwuchswissenschaftler mit ihrem Antrag erfolgreich: Dr. Alexander Hinz (Institut für Anorganische Chemie) und Dr. Philip Wilke (Physikalisches Institut). Dr. Tonya Vitova (Institut für Nukleare Entsorgung) erhält einen ERC Consolidator Grant. Der Helmholtz-Nachwuchsgruppenleiter Dr. Benno Meier (Institut für Biologische Grenzflächen) hat zusammen mit Partnern am KIT und weiteren Standorten in Europa einen ERC Synergy Grant für das Projekt „HiSCORE“ zur Entwicklung von Wirkstoff-Screenings mit hohem Durchsatz eingeworben.

Für die Nachwuchswissenschaftler/innen in der Etablierungsphase, die Nachwuchsgruppenleiter/innen und Juniorprofessor/innen hat das KIT 2008 das selbstverwaltete Young Investigator Network (YIN) eingerichtet. Dem YIN steht ein eigenes Budget zur Verfügung, mit dem es eine Geschäftsstelle betreibt und ein zielgerichtetes Angebotsportfolio für alle Mitglieder zusammengestellt hat. 2020 wurde das YIN im Rahmen der Förderung des KIT als Exzellenzuniversität weiterentwickelt und zusätzlich gefördert. In der Geschäftsstelle komplettiert nun ein Transfer-Coach, Karriereberater und Event-Manager (50%) das bestehende Angebot des YIN. Onlineformate, Peer-Coaching und ein erweitertes Workshop-Portfolio ergänzen das YIN-Weiterbildungsprogramm. Zudem wurden YIN-Vertreter/innen verstärkt in Gremien der akademischen Selbstverwaltung eingebunden – seit 2020 insbesondere mit einem Gaststz im KIT-Senat. Ferner nahmen in diesem Jahr sechs YIN-Mitglieder einen Ruf auf eine externe Professur an. Die W2/W3-Berufungsrate stieg damit auf 50 Prozent. Darüber hinaus war Dr. Nadine Rühr im Erstberufungsprogramm (W2/W3) für exzellente Wissenschaftler/innen der Helmholtz-Gemeinschaft erfolgreich. Mehrere YIN-Mitglieder waren bei der Einwerbung von ERC Grants, Emmy Noether-Nachwuchsgruppen und sonstigen Mitteln erfolgreich. Aus

den YIN-Grants für innovative Forschungsprojekte in der Anfangsphase gingen 2020 mehrere wissenschaftliche Veröffentlichungen hervor sowie ein von der Fritz-Thyssen-Stiftung finanziertes Anschlussprojekt.

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 2020 lag die Erfolgsquote trotz der besonderen Bedingungen durch die Coronapandemie bei den Abschlussprüfungen mit nahezu 100% wieder wesentlich über dem Landes- bzw. Bundesdurchschnitt. Bei der Jahresbesten-Ehrung 2020 des IHK-Kammerbezirks Karlsruhe stellte das KIT insgesamt sieben Preisträger/innen in ihren jeweiligen dualen Ausbildungsberufen. Das KIT erhielt somit auch dieses Jahr eine Belobigung und Urkunde für seine exzellente Ausbildung durch die IHK Karlsruhe. Des Weiteren schloss ein DHBW-Studierender des KIT als Jahrgangsbester im Studiengang Maschinenbau sein duales Studium ab.

Zum Stichtag 31. Dezember 2020 beschäftigte das KIT 319 Auszubildende in 26 verschiedenen Berufen nach dem Berufsbildungsgesetz und 56 Duale Hochschüler/innen in zwölf Studiengängen bzw. 14 Fachrichtungen. Darüber hinaus wurden mehrere Auszubildende anderer Unternehmen mitausgebildet. Unter den Auszubildenden befinden sich auch vier Geflüchtete. Im Sommer 2020 schloss der erste Geflüchtete seine Berufsausbildung am KIT zum Fachinformatiker erfolgreich ab. 2020 kooperierte das KIT mit zahlreichen Haupt- und Realschulen sowie Gymnasien im Rahmen der IHK-Initiative „Wirtschaft macht Schule“. Für 164 Schüler/innen konnten am KIT im Jahr 2020 trotz den Einschränkungen durch die Pandemie eine bis zu zweiwöchige Berufsorientierungsmaßnahme (OIB, BORS und BoGy) ermöglicht werden. Außerdem wurden für 208 in- und ausländische Studierende sowie Umschüler/innen 138 Praktika, 61 Abschlussarbeiten und neun Weiterbildungen organisiert, betreut und durchgeführt.

A.1.2.6 Chancengleichheit

Am KIT wird die Chancengleichheit von vier Chancengleichheitsbeauftragten und ihren Stellvertreterinnen unterstützt, ebenso von der Geschäftsstelle Chancengleichheit mit ihrer Leiterin und Mitarbeiter/innen sowie von den Vertrauensfrauen der KIT-Fakultäten und der Außenstellen des KIT.

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 2020 weiter ausgebaut:

(1) Familiengerechte, flexible Arbeitszeiten

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

(2) Teilzeitbeschäftigung, Tele-Arbeitsplätze, familienbedingte Beurlaubung

Das KIT bietet vielfältige Arbeitszeitmodelle an, welche im Rahmen von einzelvertraglichen Regelungen individuell festgelegt werden. Im Februar 2019 haben das Präsidium und die Personalräte der beiden Dienststellen Karlsruhe und Garmisch-Partenkirchen die Dienstvereinbarung "Telearbeit und mobile Arbeit" unterzeichnet. Nunmehr ist es zur weiteren Verbes-

serung der Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben möglich, sowohl Telearbeit als auch mobile Arbeit zur flexiblen Arbeitszeitgestaltung zu nutzen. 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 vereinbar ist und die arbeitsorganisatorischen Voraussetzungen erfüllt werden. Die zu besetzenden Stellen am KIT werden soweit möglich als teilzeitgeeignet ausgeschrieben.

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

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

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

Ein Wechsel von Teilzeit- zu Vollzeitbeschäftigung wird im Rahmen der betrieblichen Möglichkeiten auf Wunsch der Beschäftigten gewährt. Für werdende Eltern bietet die Personalentwicklung im Rahmen des Elternzeitbegleitprogrammes Beratungsgespräche und Workshops rund um das Thema Schwangerschaft an. Die Eltern erhalten zusätzliche Informationen zu konkreten persönlichen Fragen ergänzend zu den arbeitsrechtlichen Auskünften vom Personalservice. Eine weitere Zielsetzung im Rahmen des Ausbaus des Elternzeitbegleitprogramms ist es, bessere Strukturen zur Vernetzung mit den Eltern und der Eltern untereinander zu schaffen. Hierzu werden regelmäßig „Elterncafés“ veranstaltet. In diesem Rahmen werden Eltern regelmäßig in quartals- bis halbjährigem Turnus zu einem Zusammentreffen eingeladen, moderiert durch das Team der Familienbetreuung der 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 Beratern 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 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, Nachwuchsgruppenleiter/innen und Sonderforschungsbereiche stehen dem KIT in der Kindertagesstätte „Schlossgeister“ weitere zehn Plätze zur Verfügung, die flexibel als Krippen- oder Kindergartenplätze genutzt werden können.

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 Kongressteilnehmer/innen 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 2020 über weite Teile Einschränkungen aufgrund der pandemischen Lage.

Das Arbeitsfeld „KINT – Kinder in Naturwissenschaft und Technik am KIT“ umfasst aktuell drei Maßnahmenswerpunkte; Schulkind-Betreuung (mit Fokus auf die Ferienzeiten im Schulferienkalender Ba.-Wü.), Kinder-Uni sowie Angebote zur Kongressbetreuung. Der Fokus liegt auf der Umsetzung von Angeboten zur besseren Vereinbarkeit beruflicher und familiärer Herausforderungen und auf einer frühen Rekrutierung von Schüler/innen für die MINT-Fachbereiche. Im Rahmen der außerschulischen Bildungs- und Betreuungsangebote für schulpflichtige Kinder nahmen im Jahr 2020 insgesamt 301 Kinder, davon 48,8 Prozent Schülerinnen, an den 7 Veranstaltungswochen der Schulkindbetreuung des KIT teil. In Einklang der jeweils für das Land Baden-Württemberg geltenden CoronaVO wurden gemäß den Vorgaben zur Einhaltung des Infektionsschutzgesetzes im Jahr 2020 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 Außenareal von Campus Nord wird der betrieblichen Zugangsbeschränkung für Kinder Rechnung getragen. Die vorhandenen Möglichkeiten werden ständig an den aktuellen Bedarf angepasst. Die Ausstattung besteht zur Zeit aus einem Schreibtisch mit PC, Telefon, Internetzugang und WLAN sowie einer Spiellandschaft für Kinder. Im Jahr 2020 wurde das Eltern-Kind-Büro trotz Homeoffice im Corona-Lockdown von Müttern und Vätern in 10 Bedarfsfällen mit ihren Kindern dankbar in Anspruch genommen.

Es wurde ein Kompensationspool für Schwangerschaften aufgelegt, um nahtlose Ersatzstellungen für Mutterschutzzeiten realisieren zu können. Dies gilt besonders für Beschäftigte mit Beschäftigungsverbot z.B. im Labor und für Beamt/innen, die ansonsten aufgrund der fehlenden finanziellen Erstattung durch die Krankenkasse erst nach Ablauf der Mutterschutzzeit ersetzt werden können. Für die Ersatzstellungen sind wachsende Bedarfe auszumachen, sodass der Kompensationspool im Jahr 2020 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 Partner/innen von Professor/innen in Berufungs- und Bleibeverhandlungen sowie wissenschaftlichen Führungskräften, die neu an das KIT kommen, Unterstützung bei der beruflichen und sozialen Integration in der Region Karlsruhe. In 2020 wurden 16 Paare unterstützt.

(7) Auditierung von gleichstellungspolitischen und familienfreundlichen Maßnahmen

Am 10. Dezember 2020 erhielt das KIT erneut das Zertifikat „audit familiengerechte hochschule“ für weitere 3 Jahre – die Auszeichnung erfolgte bereits zum vierten Mal in Folge. Die neue Zielvereinbarung, das so genannte „Handlungsprogramm“, gilt für den Zeitraum 2020 – 2023 und umfasst einen Katalog mit Zielen und Maßnahmen, welche die Vereinbarkeit von

Familie, Beruf und Studium – insbesondere in Zeiten von Corona – weiter vorantreiben sollen. Das KIT erhielt erstmalig im August 2010 das Zertifikat „audit familiengerechte hochschule“.

Durch das Dialogverfahren erhielt das KIT eine dauerhafte Auszeichnung für nachhaltig familiengerechte Arbeits- und Studienbedingungen und darf das Siegel nun ohne Befristung tragen. Während die erste Auditierung als systematischer Einstieg mit Bedarfsanalyse und der Festlegung von grundlegenden Zielen und Maßnahmen diente, wurde bei der anschließenden Re-Auditierung die Umsetzung der Ziele und Maßnahmen mit anschließender Optimierung geprüft – zur Stabilisierung von Inhalten und Strukturen. Die darauffolgende Re-Auditierung in 2017 reflektierte die bestehenden Maßnahmen – dabei wurde insbesondere die Einschätzung des Durchdringungsgrades sowie die Vertiefungen und Verankerungen in der Organisationskultur fokussiert. Das Dialogverfahren trägt nun zur Qualitätssicherung bei. Alle drei Jahre findet hierfür ein so genannter „Qualitätsdialog“ statt.

Auch in 2020 nahm eine Kampagne die studierenden Eltern am KIT in den Fokus. Unter dem Slogan „Kind & Campus: So geht’s!“ konnte ein Online-Netzwerktreffen veranstaltet werden, bei denen die studierenden Eltern einerseits Informationen erhielten, sich andererseits aber auch austauschen konnten. Das Studierendenwerk Karlsruhe stellte beispielsweise seine Unterstützung für studierende Eltern für Wohnen, Leben und Finanzen vor. Ergänzend zum Netzwerktreffen wurde ein Webinar „Erste Hilfe am Kind“ angeboten, das von den studierenden Eltern sehr rege angenommen wurde und eine große Beteiligung aufwies.

In Ergänzung zum Audit vertritt die Geschäftsstelle Chancengleichheit seit Mai 2014 das KIT im Verein „Familie in der Hochschule e.V.“ (ehemals Best-Practice-Club), in dem Hochschulen gemeinsam an Projekten für mehr Familienfreundlichkeit arbeiten. Die Geschäftsstelle Chancengleichheit wirkt dabei aktiv mit und bringt Ideen und Lösungsansätze ein. Die Leitung einer eigenen Arbeitsgruppe zum Thema Angehörigenpflege gehört ebenfalls zu den Aufgaben. Zudem ist die Leitung der Geschäftsstelle im November 2020 in den Vorstand des Vereins gewählt worden, was weitere Synergien fördert. Mit der Unterzeichnung der Charta beim Eintritt in dieses Netzwerk verpflichtete sich das KIT zur Einhaltung der festgelegten Standards für die Vereinbarkeit von Familienaufgaben mit Studium, Lehre, Forschung und wissenschaftsunterstützenden Tätigkeiten.

Chancengleichheit von Männern und Frauen

Das Thema „Chancengleichheit von Männern und Frauen“ wurde am KIT auch 2020 auf allen Ebenen weiterbearbeitet und entwickelt, im Einzelnen u. a. wie folgt:

(1) Mentoring-Programme

Das Mentoring-Programm „X-Ment“ zielt darauf ab, die Karriereentwicklung von hochqualifizierten Wissenschaftler/innen zu unterstützen. Im März 2020 startete bereits der elfte Durchgang mit zehn 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. Für das Helmholtz-Mentoring Programm „Advance“ wurden im Jahr 2020 eine Frau und ein Mann ausgewählt. Auch das Helmholtz-Mentoring wurde bereits im Jahr 2018 für Männer geöffnet, um geschlechtsspezi-

fische Aspekte kontextbezogen in die Veranstaltungen zu integrieren und gemeinsam zu reflektieren.

(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 2020 fanden 17 Einzelcoachings mit acht Professorinnen und neun Professoren sowie 15 Treffen in vier kollegialen Coaching-Gruppen mit insgesamt 12 Professorinnen und 4 Professoren statt.

Nachdem die Helmholtz-Akademie für Führungskräfte im Jahr 2018 aufgrund der Neuausrichtung des Angebots nicht stattgefunden hat, ging die Helmholtz-Akademie im Jahr 2019 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 2020 nahmen deutlich mehr Frauen als Männer an den Programmen der Helmholtz-Akademie teil. Für 2020 gab es einen leichten Überhang von Teilnehmenden aus der Administration/Infrastruktur. Teilnehmende aus den Gebieten Wissenschaft und Wissenschaftsmanagement waren ebenso vertreten.

Aufgrund der pandemischen Situation wurden viele Maßnahmen digital angeboten.

(3) Chancengerechte Besetzung von Gremien und Begutachtungsgruppen

Der Aufsichtsrat des KIT besteht aktuell aus sechs Frauen und fünf Männern. 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 KIT-Fakultätsrat müssen 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 2020 waren elf Frauen unter den 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) sowie die Personalentwicklung unterstützen Wissenschaftler/innen bei der Bewerbung auf spezielle Förderprogramme.

(6) Sonstige Maßnahmen zur Förderung der Chancengerechtigkeit

In 2020 wurde parallel zum neuen Chancengleichheitsplan 2022-2026 auch der Gender-Monitoring-Bericht 2019 erstellt. Im Bericht wurde der Umsetzungsstand der im Chancengleichheitsplan festgelegten Ziele und Maßnahmen am KIT für den Auswertungszeitraum 2014-2019 abgebildet. Dafür wurde die Entwicklung der Frauenanteile auf verschiedenen Qualifizierungsstufen sowohl am gesamten KIT als auch in den fünf Bereichen sowie den KIT-Fakultäten aufgezeigt. Des Weiteren enthielt der Bericht die Einschätzungen der Bereichsleiter/innen zur bereichsspezifischen Chancengleichheitssituation. Durch den Gremienlauf sind auch alle wichtigen Organe des KIT involviert (Präsidium des KIT, KIT-Senat, Aufsichtsrat des KIT) und über die aktuelle Situation zur Chancengleichheit informiert.

Bei der Übernahme von befristet Beschäftigten in unbefristete Arbeitsverhältnisse (EVA-Verfahren) betrug der Frauenanteil über alle Entgelt- und Besoldungsstufen 51,3%. Der Frauenanteil bei den unbefristeten Neueinstellungen lag bei 45,5%.

Aus der in 2018 durchgeführten externen Evaluation der Chancengleichheitspolitik des KIT wurden im Rahmen eines 2019 aufgesetzten Projekts zur Umsetzung der Evaluationsergebnisse vier Teilprojekte abgeleitet: „Erarbeitung eines gemeinsamen Verständnisses über Chancengleichheit“, „Reflexion und Entwicklung einer Wertschätzungskultur am KIT“, „Klärung der Governance der Chancengleichheitspolitik“ sowie „Reflexion und Erhöhung der Genderkompetenz bei Beschäftigten des KIT“. Im Rahmen der vier Teilprojekte wurden 2020 bereits vielfältige Ergebnisse erzielt und Themen vorangebracht.

In 2020 startete zudem das Exzellenzuniversitätsvorhaben „Gender Equity 1“, welches aus drei unterschiedlichen Formaten (Kultur- und Visionsworkshop, Denkwerkstätten und Metaforen) besteht, die das Thema Chancengleichheit top-down wie bottom-up adressieren. Parallel hierzu nahm 2020 das zweite Exzellenzuniversitätsvorhaben, Gender Equity 2 seine Arbeit auf. Ziel ist hier die verstärkte Rekrutierung von Professorinnen voranzutreiben. Bestandteile sind ein Berufungsbudget, welches für die Rekrutierung hochkarätiger Wissenschaftlerinnen eingesetzt wird, sowie die Bildung eines Rekrutierungsnetzwerkes (Female Academic Network), um die direkte Ansprache geeigneter Kandidatinnen zu unterstützen.

Im Rahmen des Professorinnenprogramms II wurden am KIT verschiedene Projekte zur Förderung der Chancengleichheit umgesetzt: Nachdem das Projekt Gendergerechte und systematische Personalauswahl bei Berufungsverfahren zum Ende September 2019 auslief, werden die Potenzialanalysen seit Anfang 2020 überwiegend von einem externen Dienstleister durchgeführt. Die Durchführung der im Qualitätssicherungskonzept als ein Element der Berufungsverfahren für Junior-Professuren und Tenure-Track-Professuren am KIT verbindlich festgeschriebenen Potenzialanalyse zur Einschätzung überfachlicher Kompetenzen wird damit weiterhin gewährleistet. Die Dienstleistungseinheit PEBA übernimmt noch vereinzelt Durchführungen von Potenzialanalysen; im Jahr 2020 wurden drei Berufungsverfahren begleitet. Im Projekt „Geschlechterrollen im interkulturellen Kontext“ haben die wissenschaftlichen Chancengleichheitsbeauftragten im ersten Quartal ihre Beratungs- und Handlungskompetenz zu diesem Thema durch ein gezieltes individuelles Coaching erweitert. Die Förderung dieses Projektes endete am 31.03.2020. Eine Fortsetzung findet nicht statt.

Im Rahmen des Gender Consultings bietet das KIT den verschiedenen Einrichtungen der Helmholtz-Gemeinschaft am Forschungszentrum des KIT Informationen, Beratung und Begleitung zu allen Fragen der Integration und Umsetzung von Chancengleichheitsmaßnahmen an. In 2020 hat das Topic „The atmosphere at a time in global change“ des Programms „Changing Earth – Sustaining our Future“ dieses Angebot wahrgenommen. Im Mittelpunkt stand dabei die Beratung zu Kompetenzentwicklung und Maßnahmen zur Personalentwicklung mit dem besonderen Fokus auf der Förderung von Frauen.

Aufgrund der Corona-Beschränkungen konnte der Girls' Day 2020 am KIT nicht stattfinden. Geplant waren rund 40 interaktive Workshops sowie mehrere Vorträge und Informationsstände.

(7) Gendergerechte/geschlechterdifferenzierte Sprache

Geschriebene Sprache beeinflusst unsere Wahrnehmung und transportiert Weltanschauungen. Wir alle haben einen Anteil daran, wie Sprache in unserer Gesellschaft benutzt, gepflegt und reflektiert wird. Fairer Umgang untereinander soll sich auch in Sprache ausdrücken. Das KIT legt Wert darauf, beide Geschlechter angemessen zu berücksichtigen, deshalb hat es – als moderne Bildungsinstitution – die Aufgabe, bewusst mit Sprache umzugehen und sie so einzusetzen, dass alle einbezogen werden.

Kaskadenmodell

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 zusätzlich um die Zielzahlen für die Folgejahre sowie aktuelle Maßnahmen aus Projekten zur Chancengleichheit ergänzt. Ebenfalls wurde er um die spezifische Kennzahl „Ruferteilungen“ erweitert: das KIT hat sich das Ziel gesetzt, zwischen 25-30 % aller Rufe an Wissenschaftlerinnen zu erteilen. Die Fortschreibung des Plans mit der verkürzten Laufzeit wurde vom KIT-Senat im April 2019 befürwortet und vom Aufsichtsrat des KIT im Juni 2019 beschlossen. Folgende Zielzahlen hat sich das gesamte KIT auf Ebene des wissenschaftlichen und wissenschaftsunterstützenden Personals (nicht nur für den Großforschungsbereich) gesetzt:

	Ist- Stand 2014 [%]	Ist- Stand 2015 [%]	Ist- Stand 2016 [%]	Ist- Stand 2017 [%]	Ist- Stand 2018 [%]	Ist- Stand 2019 [%]	Soll 2021 [%]
abgeschlossene Promotionen [in AJ ¹]	25,4	24,1	22,9	27,0	23,2	20,9	30
Wissenschaftliche und akademische Mitarbeiter/Innen	26,4	26,1	26,2	26,9	26,7	26,5	28
Professor/innen	13,3	13,7	13,3	13,4	14	14	16
Ruferteilungen						39,3	25-30
Leitung Dienstleistungseinheiten	36,4	36,7	39,3	47,8	45,5	48,4	40

Das KIT setzt sich gemäß dem Kaskadenmodell der GWK bis zum Jahr 2020 folgende Zielquoten (siehe Tabelle auf der nächsten Seite) für den Großforschungsbereich. In diesem Kaskadenmodell sind die Ziel-Quoten für den 31. Dezember 2020 festgehalten, die ausgehend vom Ist-Stand am 31. Dezember 2016 formuliert wurden. Die Zielzahlen beziehen sich auf das wissenschaftliche Personal – ohne verwaltungs-, technisches und sonstiges Personal. In einigen Kategorien konnten die Zielquoten für 2020 erreicht werden. Auf Basis der bisherigen Entwicklungen wurden im Jahr 2020 neue Zielquoten für die kommende Kaskade bis 2025 festgelegt (folgende Seite):

¹ AJ = Akademisches Jahr (Sommersemester des Kalenderjahres plus vorausgegangenes Wintersemester; z. B. AJ 2014 = 1.10.2013 – 30.09.2014)

Kaskadenmodell: Ziel-Quoten am 31. Dezember 2020 und Ist-Quoten am 31. Dezember der Jahre 2016 bis 2020 für wissenschaftliches Personal (ohne verwaltungs-, technisches und sonstiges Personal) in Personen (nicht: VZÄ).

		Frauenquote - Entwicklung						Frauenquote - Ableitung und Ziel 2020					
		IST 31.12.2019			IST 31.12.2020			Prognose 31.12.2020		Prognose 2017 - 2020			SOLL 31.12.2020
		Anzahl Personen	davon Frauen	Frauenquote (%)	Anzahl Personen	davon Frauen	Frauenquote (%)	Anzahl Personen	davon Frauen	Anzahl Stellen Aufwuchs ³	Anzahl Stellen Fluktuation ³	besetzbare Positionen ³	Frauenquote (%)
Führungsebenen ⁴	Zentrumsleitung ^{4,6}	4	0	0%	4		0%	2	0			0	0%
	Erste Führungsebene ⁴	5	1	20%	5	1	20%	4	0	0	2	2	0%
	Zweite Führungsebene ¹	34	2	6%	30	3	10%	35	3	3	3	6	9%
	Dritte Führungsebene ¹	66	11	17%	71	12	17%	66	11	5	5	10	17%
	Leitung selbständiger Forschungs- und Nachwuchsgruppen/Forschungsbereiche ²	21	6	29%	20	5	25%	15	5	2	6	8	33%
Vergütungsgruppen	W3/C4	52	5	10%	52	7	13%	60	8	5	7	12	13%
	W2/C3	2		0%	2		0%	1	0			0	0%
	C2			-			-					0	-
	W1			-			-					0	-
	E 15 Ü TVöD/TV-L, ATB, S (B2, B3)	9	1	11%	9	1	11%	15	2	2	5	7	13%
	E15 TVöD/TV-L	135	13	10%	132	13	10%	140	14	8	16	24	10%
	E14 TVöD/TV-L	430	81	19%	424	85	20%	460	103	25	112	137	22%
	E13 TVöD/TV-L	1.036	326	31%	1.117	336	30%	930	314	79	737	816	34%

A.1.3 Strategische Zentrumsplanung

A.1.3.1 Mittel- und langfristige Strategie des Zentrums

Gestaltungsoptionen durch neue gesetzliche Rahmenbedingungen

Nachdem die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Anja Karliczek, und die baden-württembergische Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Theresia Bauer, im Juli 2018 angekündigt hatten, die Weiterentwicklung des KIT mit dem Ziel voranzutreiben, das volle Potenzial in Forschung, Lehre und Innovation auszuschöpfen (d.h. Abbau administrativer Hürden, mehr Flexibilität in der Mittelverwendung, Stärkung der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit), wurde nach einer intensiven Arbeitsphase der Ministerien auf Bundes- und Landesebene das 2. KIT-Weiterentwicklungsgesetz auf Grundlage einer zuvor zwischen Bund und Land geschlossenen Verwaltungsvereinbarung Anfang Februar 2021 im Landtag verabschiedet. Mit dem neuen Gesetz soll die 2009 initiierte Fusion weiter intensiviert werden. In den Jahren 2021 und 2022 wird das KIT in Abstimmung mit den Ministerien auf Bundes- und Landesebene aktiv mit der Implementierung befasst sein.

Mit dem neuen Gesetz wird das KIT seine einzigartigen Stärken – die Verbindung von universitärer Forschung und Lehre sowie nationaler Großforschung – im nationalen wie im internationalen Wettbewerb noch deutlich besser leben und nutzen können. Die wichtigsten Änderungen betreffen einen einheitlichen Rechtsrahmen auf der Grundlage des Landesrechts Baden-Württemberg für das KIT, in dem das KIT die beiden gleichrangigen Aufgaben als Universität und in der Großforschung in der Programmorientierten Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft erfüllt. Weiterhin ist die bisherige Trennung von Großforschungsbereich und Universitätsbereich als zwei verschiedene Systeme mit unterschiedlichen Rechtsregimen, Finanzen und Willensbildungsprozessen damit überwunden. Mit dem neuen Gesetz kann das KIT die beiden bisherigen Personalkörper in Universitäts- und Großforschungsbe- reich zu einem einheitlichen Personalkörper zusammenführen. Auch in Zukunft werden mit den Helmholtz-Mitteln die Großforschungsaufgabe und mit Landesmitteln die Lehre sowie die universitäre Forschung finanziert. Diese Aufgaben sind ab sofort vollkommen gleichran- gig und jede und jeder Angehörige des KIT kann sich nach bestimmten Regeln an beiden Aufgaben beteiligen. Die bisher notwendigen Berufsmodelle für Berufungen in den Groß- forschungsbereich entfallen, indem nach einer Übergangsfrist ab 2023 ein neues und spezi- ell für das KIT geschaffene Statusamt „Universitätsprofessor/-in am KIT“ gilt. Mit diesem Sta- tusamt können alle Professor/innen gleichermaßen anteilig Großforschungs- und Universi- tätsaufgaben übernehmen und auf die gesamten Möglichkeiten des KIT in beiden gleichbe- rechtigten Aufgaben zugreifen. Die enge Verzahnung beider Aufgaben schafft entscheidende wissenschaftliche Mehrwerte. Denn es verbessert sowohl die einzigartigen Möglichkeiten, die das KIT als Exzellenzuniversität seinen Wissenschaftler/innen bietet, als auch die strate- gische Ausrichtung des KIT im Wettbewerb der Forschungseinrichtungen weiter. Auch die Lehre am KIT profitiert von der Reform. Denn sie stärkt den Ansatz der forschungsorientier- ten Lehre am KIT. Mit diesem können die Studierenden nahtlos und frühzeitig in die großen gesellschaftlich relevanten Forschungsfragen und -aufgaben eingebunden werden. Das ver- bessert im Vergleich zu anderen Universitäten auch die Möglichkeiten in der Betreuung der Studierenden am KIT. Umgekehrt profitiert aber auch die Großforschung davon, Studierende in Großforschungsaufgaben einzubinden, sei es während des Studiums oder bei der Erstel-

lung von Abschlussarbeiten. Denn damit tragen die jungen Menschen unmittelbar und gewinnbringend zum Gelingen der Großforschungsaufgabe bei.

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). 2020 konnte die Erstellung des SEP inklusive des Chancengleichheitsplans 2022-2026 abgeschlossen werden, in 2021 findet hierzu der Gremienlauf statt. Der SEP ist als kontinuierlicher Portfolioprozess konzipiert und beinhaltet die geplante fachliche, strukturelle, personelle, bauliche und finanzielle Entwicklung des KIT. In diesem Sinne wird er die Dachstrategie KIT 2025 fortschreiben und ihre weitere Umsetzung ebenso unterstützen wie die Weiterentwicklung der Forschungsstrategie des KIT. Ein strategisches Kernelement des SEP ist die Professurenplanung, die im Rahmen der Exzellenzstrategie die Einrichtung von 100 zusätzlichen Professuren in den nächsten zehn Jahren vorsieht.

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 beiden eingeworbenen Exzellenz-Cluster bei. Zum einen im Themengebiet der Batterieforschung, bei der sich das KIT auch mit dem Helmholtz-Institut Ulm zurzeit auf europäischer Ebene positioniert, um im Projekt „Battery 2030+“ eine wichtige Rolle zu spielen. Die Digitalisierung der Materialforschung ist ein zweites wichtiges Themengebiet, in dem sich das KIT profiliert, um durch informationsbasierte Methoden die Materialentwicklung erheblich zu beschleunigen. Dazu tragen der Exzellenz-Cluster „3D Matter Made to Order“ bei als auch das Engagement des KIT in verschiedenen Konsortien zur Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI).

Im Rahmen der Dachstrategie KIT 2025 wird seit 2020 das Teilprojekt „Global sichtbare Großgeräte“ innerhalb des Leitprojekts „Forschungsstrategie“ durchgeführt, das neben der zentralen Koordination der Vorschläge des KIT für die Aktualisierung der Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen die Entwicklung und Durchführung eines Rahmenprozesses zur Vorauswahl für global sichtbare Großgeräte des KIT als Zielsetzung verfolgt. Ziel ist es, Ende 2021 eine Vorauswahl der vorliegenden Vorschläge für global sichtbare Großgeräte mit Leuchtturmcharakter zu treffen, die ab 2022 in die konkrete Planung mit Antragserstellung münden soll.

Die Klimaforschung im Forschungsbereich Erde und Umwelt wird in Bezug auf die Analyse von großen Datenmengen durch die Einbindung in die Projekte Digital Earth und Earth System Modelling gestärkt. Das Zukunftsthema „Digital Earth – Towards SMART Monitoring and Integrated Data Exploration of the Earth System - Implementing the Data Science Paradigm“ ist ein zentrales Verbundprojekt der Helmholtz – Zentren des Forschungsbereichs Erde und Umwelt. Ziel ist es, datengetriebene Forschung durch neue Ansätze aus Informatik und Data Science so zu verbessern, dass disziplinübergreifende Fragestellungen zum System Erde integrativ untersucht werden können. Das Projekt wurde am 10. September 2020 mit dem

Sonderpreis für „Digital Science“ mit einem „Digital Leader Award“ in der Kategorie „Society“ ausgezeichnet und durfte im Rahmen des Digital-Gipfels der Bundesregierung (vom 20. November bis 01. Dezember 2020) vier projektbezogene Beiträge vorstellen.

Um das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten zukünftiger Energiesysteme zu erforschen, wird derzeit 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.

In Vorbereitung auf die Umsetzung der Planungen im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien in die PoF IV hin zum neu aufgestellten Forschungsbereich Information wurde zum Thema informationsbasierte Materialforschung am KIT ein Projekt aufgesetzt, das die virtuelle Materialentwicklung in den Vordergrund stellt. Das Gesamtprojekt wurde für den Zeitraum 2017 bis 2020 aus programmungebundenen Mitteln sowie über die Programme STN und BIFTM finanziert. Im Jahr 2021 wird VirtMat mit 13 neuen Projekten im PoF IV-Programm MSE starten und zudem durch vier Innovationspool-Projekte in allen drei Programmen des FB Information verstärkt. Damit tragen gegenwärtig insgesamt über 80 Wissenschaftler/innen (inklusive Promovierende) zu der VirtMat-Initiative bei.

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 mit 0.2 eV Sensitivität (90%CL) und die Suche nach weiteren Effekten jenseits des Standardmodells. Im Anschluss an die Zielerreichung wird die Suche nach sterilen Neutrinos ($<10^{-7}$ Mischung) mit keV-Massen als Kandidat für Warme Dunkle Materie und neuen Effekten jenseits des Standardmodells (neuartige Wechselwirkungen & Teilchen) diskutiert.

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

Die Ergebnisse des 2019 abgeschlossenen Leitprojekts „Einheit von Forschung und Lehre am gesamten KIT“ 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 für die Weiterentwicklung der Einheit von Forschung und Lehre am gesamten KIT 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.

Ebenfalls unter dem Leitprojekt Lehrstrategie „Einheit von Forschung und Lehre am gesamten KIT“ wurden in 2020 Vorarbeiten für das Projekt „Weiterentwicklung der Studiengänge und des Studienangebots“ 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 zwi-

schen KIT-Fakultäten, Bereichen und Präsidium abgestimmter Prozess für die Entwicklung des Studiengangportfolios entwickelt werden.

Das KIT strebt an, bis zum Ende des Umsetzungszeitraums der Dachstrategie KIT 2025 im Jahre 2025 zum Kreis der sieben besten technischen Universitäten Europas zu gehören (CESAER-Gruppe plus Imperial College London). Im internationalen Kontext wird das Vorhaben durch die erfolgreiche Weiterentwicklung von „EUCOR – the European Campus“ am Oberrhein sowie auf Basis der Förderzusage für EPICUR als Europäische Universität sichtbar gestärkt und untermauert. National wird ein dauerhafter Platz unter den Top 3 der technischen Universitäten angestrebt, was in den vergangenen Jahren fast durchgehend erreicht wurde. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen (Art. 91b GG) als Ergebnis des im Dezember 2019 beschlossenen Doppelhaushalts 2020/2021, sowie die Haushaltsplanung des Landes für die folgenden Jahre bilden dafür eine solide Basis.

Im aktuellen Hochschulranking des Centrums für Hochschulentwicklung (CHE) schnitten insbesondere die Fächer Wirtschaftsingenieurwesen und Wirtschaftsinformatik am KIT hervorragend ab. Im „QS World University Rankings by Subject“ 2020 zählt das KIT in insgesamt neun Fächern zu den 100 besten Universitäten der Welt. Des Weiteren erreicht das KIT exzellente Ergebnisse im sogenannten „Shanghai-Ranking“ (ARWU). Hier zählt das KIT in insgesamt 11 Fachgebieten aus den Fächergruppen Natur- und Ingenieurwissenschaften zu den besten 100 Universitäten der Welt.

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.

In den nächsten vier Jahren sollen weitere Formate erarbeitet und etablierte Instrumente weiterentwickelt werden, um Innovation zu ermöglichen, die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft zu stärken und einen innovationsorientierten Dialog mit der Gesellschaft zu führen. Das im Open-Space-Format geplante Innovations- und Gründerzentrum TRIANGEL an der Schnittstelle Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft wurde in 2020 fertiggestellt, jedoch die Eröffnung Corona-bedingt auf 2021 verschoben.

Das KIT wird im Rahmen seiner Dachstrategie KIT 2025 das bisherige Handlungsfeld Innovation zum Handlungsfeld Transfer erweitern und den Technologie- und Wissenstransfer am KIT strategisch zusammenführen und damit den Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft signifikant stärken. Die Ausarbeitung der strategischen Texte soll Anfang 2022 abgeschlossen sein, so dass man gegen Jahresende mit der konkreten Umsetzung beginnen kann. Das KIT ist zudem Partner im Projekt Transferbarometer, einer gemeinsamen Initiative des Stifterverbandes und der Helmholtz-Gemeinschaft.

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, Service-Einrichtungen oder ist maßgeblich in nationalen und internationalen Forschungsnetzwerken engagiert. 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, Service-Einrichtungen oder ist maßgeblich in nationalen und internationalen Forschungsnetzwerken engagiert.

Im Rahmen des Strategiedialog Automobilwirtschaft Baden-Württemberg ist das KIT prominent vertreten: Das Leuchtturmprojekt „Mobilität der Zukunft“ ist ein Gemeinschaftsprojekt mit der Universität Stuttgart. Hier bündeln die beiden Institutionen ihre Kompetenzen in der Grundlagenforschung und im Technologietransfer. Ebenfalls in den Strategiedialog eingebunden ist das Projekt „reFuels – Kraftstoffe neu denken“, das die effiziente Herstellung regenerativer Kraftstoffe zum Inhalt hat. Ziel des im Jahr 2020 gestarteten Reallabors „Robotische Künstliche Intelligenz“ am KIT ist es, KI in vielfältigen Experimenten und in unterschiedlichen realen Umgebungen – von der Kita über die Schule bis zu Museum, Bibliothek und Krankenhaus – für Menschen erfahrbar zu machen. Um die Wertschöpfung in Baden-Württemberg bioökonomisch zu gestalten, unterstützt der THINKTANK „Industrielle Ressourcenstrategien“ Politik und Industrie dabei, einen nachhaltigen Rohstoffkreislauf zu etablieren. Die deutschlandweit einzigartige Denkfabrik mit Sitz am KIT ist eine Initiative der Industrie und des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.

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“, der die Verbindung weiter stärken wird.

Die bisherige Zusammenarbeit auf dem Gebiet der elektrochemischen Energiespeicher wurde 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 (ZSW) ebenfalls auf eine neue Stufe gehoben. Einen großen Erfolg konnte die Forschungspartnerschaft durch die Bewilligung des Exzellenzclusters „Energy Storage Beyond Lithium“ im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder feiern.

Die „Karlsruher Forschungsfabrik“ versteht sich als Entwicklungs- und Demonstrationszentrum für die Fabrik der Zukunft. Angestrebt wird eine agile Produktion, um neue Produkte deutlich früher als bisher auf den Zielmärkten zu platzieren. Das „Science Data Center für Molekulare Materialforschung“ am KIT will in Zusammenarbeit mit der Hochschule Karlsruhe und dem Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur (FIZ) den Austausch von Forschungsdaten fördern, um auch ältere Daten für aktuelle Forschungen zugänglich zu machen.

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 2019 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 Biologische Grenzflächen 1 (IBG 1)

Leitende Person

Institutsleiter 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 BIFTM. Das Institut besteht aus den Arbeitsgruppen (AG's) :

Biomolekulare Mikro- und Nanostrukturen (Prof. Dr. Christof M. Niemeyer),

Molekulare Evolution (Dr. Kersten. S. Rabe),

Biofilmentechnologie (Prof. Dr. Johannes Gescher)

Die AG 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 nanoskalierten 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. Daher 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 ist ein vielseitiges, biochemisches Werkzeug, mit dessen Hilfe grundlegende Aspekte zellulärer Signaltransduktion untersucht werden können, die mit keiner anderen bekannten Technologie erfassbar sind.

Die von Dr. Kersten Rabe geleitete Nachwuchsgruppe „Molekulare Evolution“ beschäftigt sich mit der Entwicklung neuartiger mikrobieller Wirtssysteme für die Biotechnologie. Dabei sollen mit Hilfe gerichteter Evolution Mikroorganismen entwickelt werden, die in der Lage sind, auf Reststoffen wie Pflanzenabfällen zu wachsen und diese in werthaltige Feinchemikalien umzuwandeln. Eng mit dieser Thematik verknüpft ist die Optimierung von Enzymen mittels evolutionärer Methoden.

Die biotechnologisch ausgerichtete Forschung wird weiter gestärkt durch die AG „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.

Strategische Ereignisse

Herstellungsmethoden und Anwendungsmöglichkeiten der im letzten Bericht kurz vorgestellten „All Enzyme-Hydrogele“ wurden intensiv weiterentwickelt und das Potential einer Aus-

gründung eruiert. Einem jungen Gründerteam aus dem Institut gelang schließlich die Einwerbung von Fördermitteln des Helmholtz Enterprise Programms für die Umsetzung ihres Firmenkonzepts „ChemZyme“ (Förderbeginn Mai 2021). Für die All-Enzyme Hydrogele werden Proteine gentechnisch so programmiert, dass sie, ähnlich wie ein Zweikomponentenkleber, beim Zusammengeben zu einem katalytisch aktiven Gelmaterial polymerisieren. Diese Gele können für die biotechnische Herstellung werthaltiger Moleküle genutzt werden. Zum anderen wurden die im letzten Bericht kurz vorgestellten Materialien weiterentwickelt, die aus DNA, Silikananopartikeln und Kohlenstoff-Nanoröhren bestehen. Da solche Materialsysteme durch biochemische Reaktionen herstellbar sind, lassen sich ihre Eigenschaften nicht nur maßgeschneidert auf die Bedürfnisse von wachsenden Zellen einstellen, sondern können auch für ein breites Spektrum anderer biotechnologisch relevanter Anwendungen eingesetzt werden. Dies wurde anhand von grundlegenden Untersuchungen an Materialsystemen eruiert, die eine Relevanz für Anwendungen für Bio-Brennstoffzellen oder zellfreien Proteinsyntheseverfahren besitzen.

Die Sondierungsphase des vom BMBF geförderten MikroMatrix-Projekts wurde erfolgreich abgeschlossen. Der vom Projektteam unter Koordination von Dr. Kersten Rabe erstellte Folgeantrag wurde ebenfalls bewilligt (Förderbeginn 2021). Das Ziel des Projekts ist es, bisher unkultivierbare mikrobielle Organismen für die Forschung zugänglich zu machen. Dazu werden bioinformatische, ingenieurwissenschaftliche, mikrobiologische, molekularbiologische und chemische Expertisen integrativ zusammengeführt.

Längerfristige Kooperationen

- Entwicklung eines Nanoplotters und zugehöriger Prozessketten für die Herstellung zellbasierter Mikroarrays 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), 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 sowie, im Zuge der VirtMat Initiative des KIT, 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.1.4.1.2 Biologische Grenzflächen 2 (IBG 2)

Leitende Person

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

Kurzdarstellung

Das IBG 2 beschäftigt sich mit Transportprozessen an zellulären Membranen. Für den Transport bzw. die Translokation/Transduktion von Wirkstoffen, Ionen, Metaboliten, Proteinen oder auch allosterischen Signalen über die hydrophobe Lipid-Barriere sind membranständige Proteine zuständig. Untersucht werden hier also die molekularen Strukturen und Mechanismen der beteiligten Proteinkomplexe und Peptide, sowie Anwendungsbeispiele für die Biotechnologie und Pharmakologie. Unsere besondere Expertise liegt auf dem Gebiet der korrelierte Festkörper-NMR und Synchrotron-CD Strukturanalyse an orientierten Membranen unter quasi-nativen Bedingungen, wofür das IBG 2 weltweit einzigartig gut ausgestattet ist.

Membran-aktive Peptide: Im Rahmen von Topic 2 des BIF-TM Programms steht nach der erfolgreichen Charakterisierung der Porenbildung durch typische α -helikale Peptide vermehrt auch der Mechanismus von β -strukturierten Peptiden im Vordergrund (KL/RL/KI/RI Serien). $^2\text{H}/^{15}\text{N}/^{19}\text{F}$ -NMR-Strukturanalysen, kombiniert mit orientierter (Synchrotron-)CD und Fluoreszenz-Spektroskopie, wurden an Peptiden mit unterschiedlicher Länge, unterschiedlicher Aminosäure-Zusammensetzung, sowie N-methyliertem Rückgrat durchgeführt. Erste Gesetzmäßigkeiten für die Membranbindung und Selbst-Assemblierung in Amyloid-Strukturen wurden gefunden und ließen sich mit den entsprechenden biologischen Aktivitäten (antimikrobiell, hämolytisch, zytotoxisch) korrelieren.

Transmembran-Proteine: Mit Hilfe der Festkörper-NMR-Spektroskopie wurde anhand von rekombinanten Proteinen und synthetisch ^{15}N -markierten Fragmenten die Struktur eines viralen Proteins (Pinholin S²¹⁶⁸ aus Phagen $\phi 21$) in Membranen bestimmt. Dessen membranolytischer porenbildende Mechanismus scheint somit - ausgehend von einer spezifischen GXXG Helix-Helix Wechselwirkung - das Herausflippen eines Transmembransegments zu erfordern.

Photoschaltbare Peptidomimetika: Durch Einbau einer photoschaltbaren Gruppe in das Rückgrat von zyklischen Peptiden oder zwischen den Seitenketten linearer Peptide ließen sich mehrere Modellsysteme sowie erste Wirkstoffkandidaten generieren (Antibiotika, zellpenetrierende Transporter, Trypsin-Inhibitoren, P53/MDM2 Inhibitoren). Diese werden im inaktiven Zustand verabreicht und vor Ort und Stelle mit Hilfe von Licht (transkutan, oder per Lichtleiter) aktiviert. Systematische Untersuchungen in Zebrafisch-Embryonen in Kooperation mit dem IBCS-BIP haben es ermöglicht, die Effizienz, Spezifität, Handhabung und Toxizität in vivo zu dokumentieren.

Strategische Ereignisse

Erfolgreiche PoF-IV Evaluierung: das IBG 2 wird fortan im Programm 2 (Natural, Artificial and Cognitive Information Processing, kurz NACIP, Forschungsbereich Information), Topic 4 (Molecular and Cellular Information Processing) aktiv sein.

Stipendien und Preise: Landesgraduierten-Stipendium für Patrick Anders; CRC-Stipendium für Li Tian; Aspirant Grant Stipendium des KHYS für Andrii Hrebonkin. Wolff & Sohn-Preis für Fabian Schweigardt. Ein "International Excellence Fellowship" wurde unserem langjährigen Kooperationspartner Prof. Igor Komarov aus Kiew zugesprochen, für einen Forschungsaufenthalt am IBG 2.

Das BMBF VIP+ Projekt zum Thema „ANTIBIOTIKA“ in Kooperation mit IMT wurde erfolgreich abgeschlossen.

VirtMat: multiskalige MD Simulationen an Proteinen, Photosystemen und Membranen in Kooperation mit dem IMT und IFG.

Das EU-Projekt „ALISE“ wurde bewilligt (HORIZON 2020_Marie-Skłodowska-Curie-Maßnahme_RISE), gemeinsam mit der Universität Cambridge (Vereinigtes Königreich), Lettlands Institut für Organische Chemie (Lettland), Universitätsklinikum der Vrije Universiteit Amsterdam (Niederlande), National Cancer Institute (Ukraine), sowie den Industrie-Partnern „Enamine“ (Ukraine) und „Lumobiotics“ (Deutschland). Diese Marie-Skłodowska-Curie-Maßnahme fördert für vier Jahre einen vielfachen Austausch des wissenschaftlichen und technischen Personals zwischen den Institutionen.

Längerfristige Kooperationen

- In Zusammenarbeit mit der Firma Bruker Biospin (Karlsruhe) entwickelt und baut die Abteilung Molekulare Biophysik am IBG-2 spezielle Hardware für die Festkörper-NMR Spektroskopie.
- Mit den Universitäten wie dem Institute for High Technology (Kiew, Ukraine), der Université de Cergy-Pontoise (Paris, Frankreich), der Université Laval (Québec, Kanada) und dem Victor Chang Research Institute (Sydney, Australien), bestehen auf den Feldern „Synthese von ¹⁹F-markierten Aminosäuren“, „Photoschaltbare Moleküle“, „Dynamik von membranständigen Proteinen“, „Membranwechselwirkungen von Lokalanästhetika“ (in Verbund mit einem Ärzte-Team aus Karlsruhe/Heidelberg) und „Festkörper ¹⁹F-NMR“ langjährige und intensive Kooperationen, gefördert u. a. durch die DFG, das Land Baden-Württemberg, und DAAD-Programme. Multiskalige MD Simulationen an Proteinen, Photosystemen und Membranen werden im Verbund mit VirtMat am KIT durchgeführt.
- Die Synchrotron Beamline CD12 an KARA wird vom IBG 2 betrieben und in Kooperation mit mehreren Partnern im In- und Ausland für vielfältige biomolekulare Analysen genutzt (u.a. Prof. T. Loris - Brasilien, Prof. B. Kragelund - Schweden, Prof. T. Gutschmann - Borstel).

A.1.4.1.3 Biologische Grenzflächen 3 (IBG 3)

Leitende Person

Institutsleiter IBG 3: Prof. Dr. Patrick Théato

Kurzdarstellung

Das IBG 3 war sowohl in das Programm BIFTM, das seinerseits Teil des Forschungsbereiches Schlüsseltechnologien war, als auch in das Programm STN, im Speziellen in das Forschungs- und Entwicklungs-Vorhaben „Photonic Crystals and Metamaterials – Funktionsmaterialien“ eingebunden.

Im IBG 3 wurden neue chemische Wege zur Herstellung von Polymeren entwickelt. Dies lässt sich in drei Gebiete unterteilen: a) Stufenwachstumspolymerisationen unter Anwendung neuer Schwefel-basierter funktioneller Gruppen, b) Herstellung von Hydrogel-Aktuoren, c) Supramolekulare Käfigstrukturen, d) Methoden zur Polymermodifizierung und e) bioinspirierte Polymere.

Aufbauend auf den Initiativen in 2018 und 2019 wurden Fortschritte auf unterschiedlichen Gebieten der Polymersynthese erzielt. Auch hier gab es einen besonderen Fortschritt bei den schwefelhaltigen Polymeren, mit einer Reihe an neuen Synthesemethoden, zu berichten. Hier konnten Polymere aus Siloxanen und Schwefel kombiniert werden. Die Etablierung von elektrochemischen Synthesen zur Herstellung von Polymeren gestaltete sich deutlich schwieriger wie angenommen und wurde aufgegeben. Dafür wurden synthetische Grundlagen für neue Polymermodifizierungen erarbeitet. Ebenso florierte das Arbeitsgebiet der bioinspirierten Polymere. Das Forschungsfeld „Hydrogelaktuatoren“ konnte mit Ausstattung sensorischer Eigenschaften kombiniert werden, wovon wir uns in den kommenden Jahren spannende Anwendungen erwarten. Supramolekulare polymere Käfigstrukturen wurden erstmalig berichtet, womit sich eine Reihe spannender Struktur-Eigenschafts-Studien anschließt.

Im Programm STN ist es weiterhin das Ziel, die definierte Herstellung maßgeschneiderter künstlicher Materialien herzustellen. Das STN-fokussierte Forschungsgebiet des IBG 3 befasst sich daher mit der Herstellung neuartiger funktionaler Klebstoffe, die durch mechanische Einwirkung ver härten.

Highlights der Forschung in 2020

A bio-inspired hierarchical underwater superoleophobic surface with reversible pH response [X. Huang, H. Mutlu, P. Theato (2020), Advanced Materials Interfaces, 2000101]; Synergy of Macrocycles and Macromolecular Topologies: An Efficient [34]Triazolophane-Based Synthesis of Cage-Shaped Polymers [M. Gauthier-Jaques, P. Theato (2020), ACS Macro Letters, 9, 700–705]; Making the Best of Polymers with Sulfur–Nitrogen Bonds: From Sources to Innovative Materials [H. Mutlu, P. Theato (2020), Macromolecular Rapid Communications, 1800650]; Inverse Vulcanization of Styrylethyltrimethoxysilane–Coated Surfaces, Particles, and Crosslinked Materials [Johannes M Scheiger, Chatrawee Direksilp, Patricia Falkenstein, Alexander Welle, Meike Koenig, Stefan Heissler, Jörg Matysik, Pavel A Levkin, Patrick Theato, (2020), Angewandte Chemie International Edition, 59, 18639-18645]; Conductive hydrogel composites with autonomous self-healing properties [Xiaohui Li, Xia Huang, Hatice Mutlu, Sharali Malik, Patrick Theato (2020), Soft Matter, 16, 10969-10976]; A 3D-printable, glucose-sensitive and thermoresponsive hydrogel as sacrificial materials for constructs with

vascular-like channels [Yu-Liang Tsai, Patrick Theato, Chih-Feng Huang, Shan-hui Hsu (2020), Applied Materials Today, 20, 100778]

Längerfristige Kooperationen (AK Théato)

- Festkörperpolymerelektrolyte (Projektleiter des KIT, Helmholtz-Institut Münster & Uni Gießen),
- Synthese Polymerelektrolyte (Suwabun, Chulalongkorn University, Thailand),
- Herstellung von aktuatorischen Hydrogelen (Tao Chen, NIMTE, China),
- Polymere fürs Tissue-Engineering (Shan-hui Hsu, NTU, Taiwan).

A.1.4.1.4 Biologische Grenzflächen 4 (IBG 4)

Leitende Person

Institutsleiter IBG 4: Prof. Dr. Burkhard Luy

Kurzdarstellung

Eingebunden in das Programm BIFTM des Forschungsbereiches Schlüsseltechnologien, ist das IBG 4 in die drei Arbeitsgruppen:

Methodenentwicklung in der Magnetischen Resonanz (Prof. Dr. B. Luy)

Strukturbiologie und Metabolomics (PD Dr. C. 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. Ein Kernthema etwa ist die Messung von dipolaren Restkopplungen als wichtige Strukturparameter, die in partiell orientierten Flüssigkeiten gemessen werden, wofür gestreckte Gele und Polymere entwickelt und eingesetzt werden. Die Dateninterpretation anisotroper NMR Parameter wurde deutlich erweitert und tensorielle Constraints in Molekulardynamiksimulationen sind jetzt mit dem Programm COSMOS möglich. Neben einer Reihe von Testmolekülen konnte damit das konformationelle Ensemble von Cellobiose und den beiden pharmazeutisch interessanten Naturstoffderivaten Reserpine RD-1 und Sagittamid A erstmals bestimmt werden. Aufbauend auf die zuvor entwickelte BASEREX-Entkopplung konnte zudem das sogenannte SHACA Experiment erstellt werden, mit dem die Strukturbestimmung von intrinsisch ungeordneten Proteinen (IDPs) sehr viel zuverlässiger bestimmt werden kann. Besondere Entwicklungen sind auch die Breitband-Detektion von ^{19}F -Ligandenbindungsbibliotheken, die ein sehr breites Interesse hervorgerufen hat und ebenso wie ein neues Experiment zur voll-entkoppelten, vorzeichenempfindlichen Messung von J_{HH} -Kopplungen in der Zeitschrift *Angewandte Chemie* veröffentlicht werden konnte. Weiterhin wurde eine komplett neue Klasse an Breitbandpulsen entwickelt, dessen Potential sich in den Folgejahren erweisen wird.

Die Arbeitsgruppe von PD Dr. C. 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 $\text{TNF}\alpha$, konnte gezeigt werden, dass für die Interaktion mit SPPL2a die konformationale Flexibilität entscheidend ist, wodurch ein neuer Mechanismus bei intramembranen Wechselwirkungen aufgedeckt werden konnte. Auf dem Gebiet der Metabolomics konnte zusammen mit der Uniklinik Heidelberg eine Pilotstudie zu NMR-basiertem Profiling von akuten Nierenverletzungen für eine verbesserte medizinische Diagnostik durchgeführt werden.

Die Nachwuchsgruppe von Dr. Benno Meier schließlich hat den Aufbau eines physikalischen Labors vorgenommen und mehrere Magnete, eine kombinierte, selbstgebaute ESR/NMR-low resolution Spektroskopie-Einheit und erste selbstentwickelte Shuttlesysteme aufgebaut. Es wird erwartet, dass in der ersten Jahreshälfte 2021 entsprechende Hyperpolarisationsexperimente durchgeführt werden können.

Strategische Ereignisse

Die HGF-Nachwuchsgruppe von Dr. Benno Meier hat mittlerweile ihre Labore am IBG 4 eingerichtet und diverse Großgeräte und die Einrichtung einer spezialisierten Werkstatt quasi abgeschlossen. Ein besonderes Highlight für die Gruppe ist die Einwerbung des ERC-Synergy Grants HiScore, mit dem die Entwicklung von parallelem, hyperpolarisationsverstärktem Ligandenscreening in einer Höhe von insgesamt 14 Mio. Euro für insgesamt vier Arbeitsgruppen finanziell unterstützt wird.

Im Hinblick auf PoF IV gab es vertiefende Maßnahmen zur Umstrukturierung der Forschung am IBG 4. Es wird verstärkt eine engere Zusammenarbeit mit der NMR-Hardware-Entwicklung am KIT gesucht, die insbesondere durch Prof. Dr. J.G. Korvink repräsentiert wird. Es gibt in der Zwischenzeit eine Reihe von gemeinsamen Projekten insbesondere durch Prof. Dr. Burkhard Luy und Dr. B. Meier.

Als erster Vorsitzender der Fachgruppe Magnetische Resonanz als mitgliederstärkstem nationalen Organ auf diesem Forschungsgebiet setzt sich der Teilinstitutsleiter des IBG 4 auch weiterhin international für die Entwicklung von geeigneten elektronischen Datenbasen in der magnetischen Resonanz ein und beteiligt sich aktiv an der NFDI4Chem Initiative des BMBF.

Als Gastwissenschaftler konnte noch vor Corona Dr. Davy Sinnave für einen Forschungsaufenthalt am KIT gewonnen werden. Weitere Pläne wurden leider durch die Pandemie ungünstig beeinflusst.

Längerfristige Kooperationen

- Entwicklung massiv paralleler NMR-basierte Ligandenbindungsdetektion im Rahmen des ERC Synergy Grants HiScore zusammen mit J.G. Korvink (KIT), G. Bodenhausen (Paris), 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 Dialyseeffizienz von Patienten zusammen mit den Städtischen Kliniken Karlsruhe und zur Diagnostik von AKI (akute Niereninsuffizienz) mit der Universitätsklinik Heidelberg,
- Strukturbioologische Untersuchungen an Alzheimer-assoziierten Proteolysevorgängen in Zusammenarbeit mit der Universität Heidelberg, TU München, LMU, Universität Halle im Rahmen der DFG Forschergruppe 2290,

- Entwicklung von Hyperpolarisations-basierten Bildgebungsverfahren innerhalb des internationalen EU-Konsortiums HYPERDIAMOND,
- 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.

A.1.4.1.5 Biologische Grenzflächen 5 (IBG 5)

Leitende Person

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

Kurzdarstellung

Das IBG 5 ist in das Programm BIFTM im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien eingebunden. Das Institut besteht aus der Arbeitsgruppe „Mikrobielle Genetik und Biotechnologie“. Das Jahr 2020 war geprägt von der Corona-Pandemie, die auch einen zeitweiligen Shutdown der Labore und damit der Forschung zufolge hatte. Auch mussten Konferenzen und Probenentnahmen abgesagt werden. Mit der einzigen europäischen Pipeline für Einzelzellgenomik (single cell genomic, SCG) werden unbekannte Mikroorganismen aus Umweltproben (sogenannte „Microbial Dark Matter“) untersucht, die zu globalen Stoffkreisläufen beitragen, sowie einen potenziellen Nutzen für die Biotechnologie haben. Hierzu zählen insbesondere neue potentielle Naturstoffproduzenten aus den Phyla der Chloroflexi, Planctomyceten und Actinobacteria. Ein weiterer Focus lag auf der sogenannten Candidate Phyla Radiation, einer taxonomischen Gruppe, von der es noch keine kultivierten Vertreter gibt, und deren Stoffwechsel sowie die protein-codierenden Gene noch weitgehend unerforscht sind. Die Pipeline wurde im Jahr 2020 kontinuierlich weiterentwickelt, um Abläufe stärker zu automatisieren, Reaktionsvolumina zu verkleinern und die Technik kostengünstiger zu machen. Es konnten 13 Manuskripte publiziert werden, darunter auch ein eingeladener Review zur Single Cell Omics Technologie in Applied Microbiology and Biotechnology (impact factor 3,9) und eine wegweisende Forschungsarbeit zur gezielten Zellsortierung für die Einzelzellgenomik in Frontiers of Microbiology (impact factor 4,2). Eine vollständige Publikationsliste ist unter <http://www.ibg.kit.edu/ibg5/57.php> zu finden.

Strategische Ereignisse

Die Arbeitsgruppe besteht momentan aus zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern (Dr. John Vollmers und Dr. Sandra Wiegand), 1,5 Stellen für das technische Personal, zwei Doktorandinnen, sowie Bachelor- und Masterstudierenden. Eine Doktorandin wird durch ein DAAD Stipendium gefördert, die zweite Doktorandin wird durch einen DFG-Antrag finanziert. Des Weiteren ist das IBG 5 an der SFB Initiative „The Haber-Bosch Legacy“ beteiligt und hat mit einem Konsortium bestehend aus dem IBG 1, der Universität Tübingen und der Firma Cytena Drittmittel im Rahmen der „Culture Challenge“ des BMBF eingeworben. Des Weiteren wurde ein Antrag im EU-Call „Aquatic Pollutants“ gestellt. Prof. Kaster hat ihren Ruf auf eine W3 Professur an die Carl von Ossietzky Universität in Oldenburg abgelehnt und wird am KIT bleiben.

Längerfristige Kooperationen

- Prof. Dr. 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,
- Dr. Jochen Müller, UFZ, Untersuchung von Antibiotikaresistenzmechanismen und –genen,
- Prof. Dr. Max Haggbloom, Rutgers University, Entdeckung neuer schadstoffabbauender Mikroorganismen aus anthropogen kontaminierten Flüssen,
- Cytena, Freiburg, Entwicklung eines Single Cell Printers für prokaryotische Organismen.

A.1.4.1.6 Institut für Funktionelle Grenzflächen (IFG)

Leitende Personen:

Direktor: Prof. Dr. Christof Wöll

Kurzdarstellung

Die Forschungsstrategie des IFG basiert auf einer Kombination moderner analytischer Verfahren mit der Entwicklung leistungsfähiger Modellsysteme. Themenfelder sind die Heterogene Katalyse, die Entwicklung von biologisierten Funktionsmaterialien, die Konzeption neuartiger biotechnologischer Verfahren sowie die Oberflächenfunktionalisierung mineralischer Partikel insbesondere für Werkstoffe des Bauwesens. Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Entwicklung additiver Fertigungsverfahren (3D Druck) funktioneller Bauteile und Hybridmaterialien. Dies ist reflektiert durch die Beteiligung an drei Programmen: BIFTM, STN und EMR.

Im Folgenden werden die wichtigsten Themen des Jahres 2020 aus den einzelnen Abteilungen zusammengefasst.

Abteilung Chemie Oxidischer und Organischer Grenzflächen

Die Abteilung entwickelte auf dem Gebiet der (oberflächenverankerten) Metallorganischen Gerüstverbindungen (SUR)MOFs (i) ein Sensorarray, das als elektronische Nase arbeitet und in der Lage ist, verschiedene Geruchsmischungen zu erkennen und zu unterscheiden, (ii) poröse Licht-Materie-Hybridmaterialien unter Verwendung von SURMOFs als optisch aktivem Material und ein Proof-of-Concept-OLED auf SURMOF-Basis, das den Prozess der thermisch aktivierten verzögerten Fluoreszenz (TADF) nutzt, (iii) MOF-basierte Flüssigkeiten mit permanenter Porosität für die Lösungsverarbeitbarkeit von MOF-Polymer-Mischmatrix-Membranen und (iv) einen protonenleitenden nanoporösen Film, bei dem die Leitungseigenschaften durch Lichtbestrahlung in großem Umfang moduliert wurden.

Durch die neuartige Kombination von Nitrooxid-Austauschreaktionen mit Nitrooxid vermittelten Polymerisationen konnten die Arbeiten zu neuen Synthesewege für kovalenten organi-

schen Gerüstverbindungen (COF – covalent organic framework) und dynamischen „lebenden“ Polymernetzwerken weiter vorangetrieben werden. Mit Hilfe von computergestütztem Hochdurchsatz-Screening konnten das inverse Design von MOF-Polymeren weiter verbessert werden.

Herr Dr. Frederik Haase hat erfolgreich eine Förderung im Rahmen des Programms YIG Prep Pro-Projekt eingeworben.

Abteilung Bioprozesstechnik und Biosysteme

Die Abteilung beschäftigt sich mit der Entwicklung und Anwendung neuartiger Biomaterialien und bioverfahrenstechnischer Prozesse in 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 Biosysteme (Bio-Devices) dienen dabei z.B. als Reaktoren für 3D-Zellkulturen, automatisierte Enzymkaskaden, bioanalytische Systeme und biotechnologische Trennvorrichtungen. Bei den 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 Carrier-Materialien.

Ein BMBF-Projekt der Initiative „Innovative Elektrochemie mit neuen Materialien – InnoEMat“ zusammen mit Industriepartnern wurde erfolgreich abgeschlossen. Im Rahmen des Projekts zur Multiskalenmodellierung elektrochemischer Prozesse und Apparate im Hinblick auf Anwendungen in der Biotechnologie konnte das Potential der Elektrosorption zur energieeffizienten Konzentrierung geladener organischer Moleküle aufgezeigt werden. Hierdurch eröffnen sich zum einen Möglichkeiten in der „Weißen Biotechnologie“, zum anderen wurde im Rahmen eines ebenfalls in 2020 abgeschlossenen Projekts des Koordinierten Programms „Virtual Materials Design (VirtMat)“ des Materialzentrums am KIT auch die Anwendung der Elektrosorption in der Bioanalytik untersucht. Mittels simulativem Materialdesign und additiv gefertigter Messzellen gelang die Isolation von DNA aus einer Versuchslösung und eine anschließende Amplifikation mittels PCR. Neue Kooperationsprojekte der AG von Herrn Prof. Dr. Matthias Franzreb fokussierten sich auf das Feld der Digitalisierung. Zu nennen sind insbesondere ein vom BMEL gefördertes Projekt zur Intensivierung von Separationsprozessen in der Lebensmittelindustrie durch „Digitale Zwillinge“ und intelligente Prozesskontrolle sowie ein AiF Projekt mit der Firma micromod GmbH zur automatisierten, skalierbaren Produktion magnetischer Nanopartikel.

In der AG 3D-Zellkultursysteme von Herrn Prof. Dr. Eric Gottwald wurde ein neues AiF-Projekt in Kooperation mit der Fa. PreSens Precision Sensing GmbH begonnen: Oberflächenmodifizierte Folien werden als Sensoren für Sauerstoff in Mikrobioreaktoren eingesetzt. In der AG von Frau Prof. Dr. Ute Schepers konnten semisynthetische Hydrogele auf Gelatinebasis hergestellt werden, die bereits in Mäusen als Knorpelersatzstoffe positiv getestet wurden. 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 Abbvie in BBB-Organ-on-a-chip-Systemen. Ein neues Verfahren zur Herstellung funktionalisierter Materialien konnte bereits in der EU patentiert werden und soll Bestandteil einer Ausgründung des KIT werden.

Abteilung Mikrobiologie Molekularbiologie

Im Rahmen der Biofilmforschung wurden innovative Oberflächenmodifikationen auf Basis hydrophober/hydrophiler Interaktionen mit Bakterien durchgeführt. Gezielt wird auf eine gerichtete Biofilmclusterbildung als einen Multiplex-fähigen Microarray geschaut, der für eine hochaufgelöste phäno- und genotypische Datengenerierung im Hinblick auf eine Manipulati-

on von Biofilmgemeinschaften abzielt. Neue antibakterielle Technologien auf Basis lichtabhängiger Aktivierung von intrazellulären Radikalen wurden erprobt. Damit konnten bereits bakterielle Suizidmechanismen in Kombination mit Enhancer-Molekülen erfolgreich an antibiotikaresistenten Krankheitserregern getestet werden. Zusätzlich wurden neuartige Bewertungsstrategien auf Basis der molekularbiologischen Analytik für eine Technik- und Risikoanalyse etabliert.

Abteilung Mineralische Grenzflächen

Der Workflow der Elektronenmikroskopie am IFG konnte durch ein „Focused Ion Beam System“ ergänzt werden. Hiermit wird die hochpräzise Präparation dünner Schichten und somit Möglichkeiten der mikroskopischen Analytik von chemischen Prozessen an Oberflächen ausgebaut, beispielsweise für systematische Untersuchungen von Wachstumsprozessen von SURMOFs auf relevanten Substratoberflächen.

In einer Studie konnte gezeigt werden, dass die Oberflächenchemie mineralischer Systeme deren chemische Stabilität bestimmen kann. Von Relevanz sind hier Lösungs- und Kristallisationsprozesse in Wasserfilmen auf den Oberflächen. Am Beispiel des Hydratminerals Gips konnte gezeigt werden, dass auf diesem Weg die Umwandlung in das wasserarme Halbhydrat schon bei Temperaturen $<50^{\circ}\text{C}$, also deutlich unterhalb der üblicherweise angenommenen Umwandlungstemperatur von ca. 100°C , ablaufen kann (doi:10.3390/ma13061427). Diese Zusammenhänge haben eine herausragende Bedeutung für Langzeitverhalten und somit für die Leistungsfähigkeit einer Vielzahl von mineralischen Materialien bei ihren spezifischen Nutzungsbedingungen.

Im Herbst 2020 wurde die erste Version einer vollintegrierten Arbeitsumgebung in Virtueller Realität für die Bearbeitung von komplexen Strukturaufgaben der theoretischen Chemie fertiggestellt.

Am IFG wurde im Frühjahr 2020 außerdem der Rechencluster „tx1“ eingerichtet, der mit Hilfe von Grafikbeschleunigung Hochleistungsrechenkapazität im Bereich von 30 Teraflops zur hausinternen Nutzung und für Entwicklungsaufgaben zur Verfügung stellt.

Abteilung Neue Polymere und Biomaterialien

Es wurden weitere strategische Kooperationen aufgebaut bzw. ausgebaut, z.B. mit Prof. Dr. V. Orian-Rousseau (Institut für Biologische und Chemische Systeme - Funktionelle molekulare Systeme) zur Entwicklung einer extrazellulären Matrix-Plattform zur Untersuchung des Effekts von Hyaluronsäure auf CD44-Korezeptoren in Bauchspeicheldrüsenkrebs oder mit Prof. Dr. Stefan Bräse (Institut für Organische Chemie) zur Synthese kontrolliert lichtabbaubarer Polymere, die Anwendung in partiell abbaubaren Fasern wurde demonstriert. In Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Ulrich Paetzold (Lichttechnischen Institut und Institut für Mikrostrukturtechnik) wurde gezeigt, dass sich mittels einer ultra-dünnen Passivierungsschicht von Poly-p-xylylene, aufgetragen über Chemische Gasphasenabscheidung, der Wirkungsgrad und die Haltbarkeit von Perovskitsolarzellen signifikant verbessern lässt.

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

Universität Stuttgart, Hohenheim, Siegen, TU Dresden, Bonn, Darmstadt, Heidelberg, Tübingen, Freiburg, University of Birmingham, UK, MIT, TU München, Universität Freiburg, 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,
- THEO: Kooperationsprojekte mit Partnerinstituten im Rahmen des Helmholtz-Forschungsprogramms STN.

A.1.4.1.7 Helmholtz-Institut Ulm (HIU)

Leitende Personen

Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. Stefano Passerini

Co-Direktor: Prof. Dr. Maximilian Fichtner

Kurzdarstellung

Das 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 (Science Park 1) 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 Chemiker/innen, Physiker/innen, Materialwissenschaftler/innen, Mathematiker/innen und Ingenieur/innen 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 (Geschäftsführender Direktor, KIT)

Prof. Dr. Maximilian Fichtner (stellvertretender Direktor, KIT)

Prof. Dr. Arnulf Latz (DLR)

Dr. Margret Wohlfahrt-Mehrens (ZSW).

Gegen Ende des Jahres 2020 arbeiteten 133 Personen am HIU, davon 115 Mitarbeitende in Ulm, 18 Mitarbeitende am Standort Karlsruhe. Insgesamt waren 68 Promovierende 44 wissenschaftliche Mitarbeitende in 21 Forschungsgruppen angestellt. Weitere 13 Mitarbeitende waren in der Administration des HIU tätig, davon sechs Angestellte in der IT und technisches Personal. Acht weitere Mitarbeitende unterstützten die Forschungsgruppenleitungen. Am HIU gab es im Jahr 2020 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 10 % vom Land Baden-Württemberg finanziert. Im Jahr 2020 war das HIU als reguläres Institut in die programmorientierte Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft integriert und deckte alle Forschungsaktivitäten des Topic 2 „Electrochemical Energy Storage“ im Programm „Storage Cross-linked Infrastructures“ ab.

Strategische Ereignisse 2020

BATTERY2030+-Konferenz: European Perspectives for Future Batteries (25. bis 26. Mai 2020)

Die erste Online-Konferenz „European Perspectives for Future Batteries“ der EU-Batterie-Initiative „BATTERY 2030+“ gestaltete sich viel größer als geplant: Zeitweise verfolgten rund 750 TN zeitgleich den Videostream der Konferenz. Ausgelegt war die Veranstaltung zuvor für nur rund 100 Anwesende. Aufgrund der COVID-19-Pandemie schalteten sich die 17 Vortragenden per Videobild zu. Aus allen Teilen der Welt verfolgten Wissenschaftler/innen, Politiker/innen und Journalist/innen das Vortragsprogramm. Die Konferenz wurde vom „Center for Electrochemical Energy Storage Ulm-Karlsruhe“ (CELEST) organisiert. Das Konferenzprogramm bot eine Übersicht über die in Europa durchgeführten Forschungsarbeiten im Zusammenhang mit der neu eingeführten Roadmap BATTERY 2030+. Der stellvertretende Direktor des HIU, Prof. Dr. Maximilian Fichtner, moderierte die Veranstaltung. Zudem stellten die beiden HIU-Forscher Prof. Helge Stein und Dr. Marcel Weil ihre Forschung vor. Das HIU ist somit ein über das KIT stark beteiligter Partner der EU-Initiative BATTERY2030+.

Konferenz: “3rd International Symposium on Magnesium Batteries” 8. bis 9. September 2020

Im September richteten führende Wissenschaftler/innen des HIU, des Exzellenzclusters „POLiS“ und seiner Partner eine weitere Onlinekonferenz zum Thema Magnesium-Batterien aus. Auf dem internationalen “MagBatt”-Symposium tauschten sich die Teilnehmenden zu den bevorstehenden Herausforderungen für Magnesium als Batterierohstoff aus. Die Konferenz, zu der sich ca. 220 TN einwählten, fand aufgrund der COVID-19-Pandemie ebenfalls digital statt. Die Vorträge der Sprecher befassten sich mit den Themen Elektrolyte und Additive, Elektroden Grenzflächen, Kathoden, Anoden, Modellierung und Systemen. Das Programm drehte sich rund um das EU-Projekt E-Magic. Der stellvertretende Direktor des HIU, Prof. Dr. Maximilian Fichtner, hatte die Konferenz 2016 ins Leben gerufen.

2020: Neue Forschungsgruppen am HIU

„Applied Electrochemistry“ (Jun-Prof. Dr. Helge Stein): Die neue Forschungsgruppe „Applied Electrochemistry“ entwickelt eine autonome Materialsynthese, Hochdurchsatz-

Charakterisierung, Data-Mining-Techniken unter Zuhilfenahme von Methoden der künstlichen Intelligenz in der Versuchsauswertung und -planung. Dies soll die Erforschung und das Verständnis neuer Batteriematerialien entscheidend beschleunigen.

„Electrochemical Energy Conversion“ (Dr. Roswitha Zeis): Die Forschungsgruppe "Electrochemical Energy Conversion" testet neue Materialien und Methoden für die Entwicklung von Vanadium Redox Flow Batterien (VRFBs) und Hochtemperatur-Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen (HT-PEMFCs). Die Gruppe erforscht die Ursachen für Leistungsverluste in der VRFB und HT-PEMFC aus verschiedenen Blickwinkeln, ausgehend von Untersuchungen an technisch relevanten Systemen.

Electrochemical Energy Storage Materials (Dr. Dominic Bresser)

Der Fokus der Forschungsarbeiten der Gruppe „Electrochemical Energy Storage Materials“ liegt auf der Entwicklung und Charakterisierung alternativer Anodenmaterialien für Lithium-Ionen-Batterien, die Lithium-Ionen mittels einer Kombination aus Legierungs- und Konversionsreaktionen speichern – sogenannten Konversions-Legierungs-Materialien.

Längerfristige Kooperationen

Im Jahr 2020 pflegte das HIU weiterhin außerordentlich intensive Beziehungen mit wissenschaftlichen Partnern in der ganzen Welt:

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

Kurzdarstellung von wissenschaftlichen Kooperationsprojekten:

2020 gab es 31 wissenschaftliche Kooperationsprojekte am HIU. Sieben Projekte wurden von der Europäischen Kommission gefördert, zehn vom BMBF und zwei weitere vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Ferner wurden jeweils zwei Projekte von der 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.1.4.1.8 Katalyseforschung und Technologie (IKFT)

Leitende Personen

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Jörg Sauer, Prof. Dr. Felix Studt (kollegiale Leitung)

Kurzdarstellung

Das 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 Katalyseforschung ist in ihrer Bandbreite einzigartig im nationalen und internationalen Vergleich und reicht von der Grundlagenforschung bis hin zur angewandten Forschung mit Entwicklungsarbeiten im Maßstab von Pilot- und Demonstrationsanlagen, auch in Kooperation mit Industriepartnern. Das IKFT arbeitete bis 2020 im Forschungsbereich Energie in den Programmen EE (Topic Bioenergie) und SCI (Topic Synthetic Hydrocarbons) vor dem Hinter-

grund einer sich zunehmend verändernden Basis der Rohstoff- und Energiebereitstellung. Mittels neuer Katalysatoren und angepasster Prozesse erforscht das IKFT die Herstellung emissionsarmer Kraftstoffkomponenten (synthetische Ottokraftstoffe und Oxymethylenether) und neuartige Synthesewege 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 und die Charakterisierung von katalytischen Materialien wurden im Programm STN des Forschungsbereichs Schlüsseltechnologien erforscht. Im Fokus der FuE-Arbeiten stehen industriell relevante Reaktionen und das rationale Design von Katalysatoren über die existierende und kontinuierlich weiterentwickelte Plattform modernster operando-Methoden. Für PoF IV wurden die Forschungsprogrammanteile des IKFT weitgehend in den Topics 3 „Chemical Energy Carriers“ und 5 „Resource and Energy Efficiency“ des neuen Programms „Materialien und Technologien für die Energiewende“ (MTET) zusammengeführt.

Das IKFT hat maßgebliche Anteile 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. Darin wurden bis 2020 über 2500 Liter normgerechter Blend-Kraftstoff erzeugt, die mit Partnern in Fahrzeug- und Motorentests geprüft werden.

In der Lehre werden in den Fakultäten CIV und ChemBio mit den Dozenten Prof. Dr. Jörg Sauer, Prof. Dr. Nikolaus Dahmen, Prof. Dr. Olaf Deutschmann (ITCP/IKFT), Prof. Dr. Jan-Dierk Grunwaldt (ITCP/IKFT), Prof. Dr. Felix Studt sowie Priv.-Doz. Dr. Silke Behrens (IKFT, Universität Heidelberg) zahlreiche Lehraufgaben wahrgenommen und Lehrveranstaltungen durchgeführt.

Mit Stand Dezember 2020 gliedert sich das IKFT in folgende wissenschaftliche Abteilungen:

Abteilung Theorie und Modellsysteme (Koordinator Prof. Dr. Felix Studt)

Abteilung Modellierung & Simulation (Koordinator Prof. Dr. Olaf Deutschmann)

Abteilung Charakterisierung (Koordinator Prof. Dr. Jan-Dierk Grunwaldt)

Abteilung Reaktionen und Materialien (Koordinator Prof. Dr.-Ing. Jörg Sauer)

Abteilung Prozessentwicklung (Koordinator Prof. Dr.-Ing. Jörg Sauer)

Abteilung Thermochemische Umwandlung von Biomasse (Koordinator Prof. Dr. Nicolaus Dahmen)

Strategische Ereignisse

2020 wurde das NFDI4Cat-Konsortium neu bewilligt, das am KIT zur Verbindung zwischen Theorie und Simulation einerseits sowie experimentellen Studien zu Katalysatoren und den damit verbundenen technischen Aspekten andererseits forscht. Die Strategie dieses neuen Ansatzes fußt auf der Vereinheitlichung von Datenformaten und dem Verständnis zu den absehbar erforderlichen Hochleistungsinformationsarchitekturen. Dafür stehen am KIT bis 2025 1,2 Mio. Euro an Fördermitteln zur Verfügung (Koordinator Prof. O. Deutschmann, ITCP/IKFT).

Die DFG hat 2020 entschieden, beginnend ab dem 01. Januar 2021 einen neuen Sonderforschungsbereich „TrackAct – Verfolgung der aktiven Zentren in heterogenen Katalysatoren für die Emissionskontrolle“ am KIT (Sprecher Prof. J.-D. Grunwaldt, Prof. F. Studt) zu fördern, der auf ein ganzheitliches Verständnis industriell bedeutsamer katalytischer Prozesse zielt.

Das Ziel von „TrackAct“ ist es, die Natur der aktiven Zentren zu identifizieren und zu verfolgen, sowie - als langfristige Vision - sie im realen Betrieb vorherzusagen und aktiv steuern zu können.

Im Bereich I und der KIT-Fakultät für Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik wurde das Berufungsverfahren zur Tenure-Track-Professur „Katalysatormaterialien für die Energiewende“ (W 1) im Rahmen des Bund-Länder-Programms zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses gestartet. Die Nachhaltigkeit der Tenure-Track-Professur wird durch die Einrichtung einer W 3-Professur gem. § 15 Abs. 2 KITG (analog Jülicher Modell) am IKFT gesichert.

Längerfristige Kooperationen

Z.B. mit Wirtschaft, Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen:

- 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“, Laufzeit bis 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 fünf von 33 Teilprojekten beteiligt,
- 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,
- Mehrere IKFT-Forschungsgruppen des IKFT beteiligen sich am bewilligten SFB 1441 „Tracking the Active Site in Heterogeneous Catalysis for Emission Control (Track-Act)“, dessen Laufzeit am 01. Januar 2021 beginnen wird.

A.1.4.1.9 Mikroverfahrenstechnik (IMVT)

Leitende Person

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Roland Dittmeyer

Kurzdarstellung

Das IMVT war 2020 beteiligt an den Helmholtz-Programmen SCI und EMR. Die Aktivitäten des Programms SCI werden im PoF IV-Programm MTET im Topic „Chemical Energy Carriers“ weitergeführt. Die Forschung zu strombasierten chemischen Energieträgern aus CO₂ und erneuerbarer elektrischer Energie wird dabei durch die Ressourcen des IMVT im Programm EMR verstärkt und um das Thema Plasmaaktivierung von CO₂ und anderen inerten Molekülen für Power-to-X-Verfahren erweitert. 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-Wasserselektrolyse und in Kürze 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, die im Rahmen des BMWi-Projekts „Power-Fuel“ beschafft wurde, 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. Seit dem Start der 2. Phase des Kopernikus-Projektes „P2X“ im September 2019 wird der Power-to-X-Komplex um eine simultane Wasserdampf/CO₂-SOC-Ko-Elektrolyse als dritte Option zur strombasierten Synthesegaserzeugung erweitert und gleichzeitig ein größerer CO₂-Kollektor der neuesten Bauart integriert, der ausreicht, um die Synthesen komplett mit CO₂ zu versorgen. Darüber hinaus wurde ein Containerkonzept für das von KIT und DLR gemeinsam getragene mobile Power-to-X-Labor e-XPlore erarbeitet, die Schnittstellen zur Anbindung der beiden e-XPlore-Container an die Infrastruktur des Energy Lab 2.0 als Basisstation definiert und entsprechende Baumaßnahmen zur Erweiterung des Energy Lab 2.0 begonnen. Es wurden drei Prozesskonfigurationen zum Einbau in den KIT e-XPlore-Container festgelegt: Fischer-Tropsch-Synthese, Methanolsynthese aus CO₂ sowie die Plasmaaktivierung von CO₂ als dritte Syntheselinie.

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. Bei der CO₂-Spaltung im atmosphärischen Plasma konnte mit Hilfe von extrem kurzen Mikrowellenpulsen erstmals Nichtgleichgewichtszustände nachgewiesen werden und so ist durch die Vermeidung von Vakuumprozessen bei der plasmagestützten CO₂-Spaltung eine Erhöhung des Wirkungsgrads und ein effektiver Energieeinsatz möglich.

Die Aktivitäten auf dem Gebiet 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 CO₂-Aktivierung durch Solarstrahlung wurde ein neuer metallischer 3D gedruckter Reaktor mit optimierter Strahlungstransporteffizienz entwickelt und gefertigt und eine MATLAB®-basierte Ray Tracing Umgebung zur Simulation des Strahlungstransports aufgebaut.

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 installiert und in Betrieb genommen 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.

Strategische Ereignisse

Das Berufungsverfahren für die im Rahmen des „Bund-Länder-Programms zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses“ an der KIT-Fakultät CIW/VT eingerichtete Tenure-Track Professur „Prozessintensivierung in der Verfahrenstechnik durch additive Fertigung“ wurde durchgeführt, der Ruf an Dr. Christoph Klahn erteilt und von diesem angenommen.

Im Rahmen der KIT Excellence-Initiative wurde zusammen mit dem Institut für Biologische und Chemische Systeme – Funktionelle molekulare Systeme (IBCS-FMS) das Future Fields Projekt „Accelerated Materials Discovery for Energy Applications“ (AMD4Energy) zur Erforschung neuer Ansätze für verbesserte Materialien zur elektro- und photokatalytischen Umsetzung von CO₂ in chemische Produkte begonnen.

Wechselwirkung mit der Gesellschaft:

Vortrag bei der Veranstaltungsreihe „ENERGIE – Wende. Wandel. Wissen.“ für interessierte Bürger/innen zum Thema „Energiespeicher – Elektrisch. Thermisch. Chemisch.“

Beteiligung am Weiterbildungs-Workshops des WWF Deutschland und der Dr. Hans Riegel-Stiftung im Kopernikus-Projekt P2X für MINT-Studierende mit Besuch des Energy Lab 2.0.

Livestream aus dem Energy Lab 2.0 „CO₂ frei tanken“ bei der Public Climate School SoSe2021 der ‚Students for Future‘-Initiative.

Videoproduktion mit ZML: Power-to-X: CO₂-neutrale E-Fuels aus regenerativem Strom und CO₂ aus der Luft (<https://www.youtube.com/watch?v=KOawGXRRJFY>).

Beteiligung an verschiedenen medialen Produktionen, wie z.B. „Dr. WhatsOn (Youtube): Wie aus Luft Benzin wird“, einem DLF-Radio-Feature „Power-to-X für die Energiewende“, „Wasserstoff Grüner Boom“ in der 3Sat-Mediathek, oder für „ProSieben Galileo Spezial: Der letzte Tropfen – wie tickt die Welt, wenn kein Öl mehr fließt?“

Veranstaltung ‚Zeit für Zukunft‘ des Theaters an der Ruhr zum Thema „Klimawandel und Technologie“: eine Diskussion mit Wohnzimmerkonzert.

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 KIT/IMVT-Spinoff 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. Längerfristige Kooperationen bestehen auch in dem DFG-Schwerpunktprogramm 2080 „Katalysatoren und Reaktoren unter dynamischen Betriebsbedingungen für die Energiespeicherung und -wandlung“, mit der Universität Erlangen-Nürnberg.

A.1.4.1.10 Technische Chemie (ITC)

Leitende Personen

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Dieter Stapf

Kurzdarstellung

Die Forschung am ITC befasst sich mit der Entwicklung energie- und ressourceneffizienter thermochemischer Prozessketten für die nachhaltige Kreislaufwirtschaft mit den Technologieschwerpunkten Vergasung, Pyrolyse, Verbrennung, Calcinierung 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 halbertechnischen 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 Abteilungen Vergasung, Technische Mineralogie, Verbrennungs- und Partikeltechnologie, Pyrolyse und Gasbehandlung sowie Energietechnik organisiert. Letztere koordiniert den Betrieb der bioliq®-

Pilotanlage zur Erzeugung von Benzin aus Abfallbiomasse (Stroh). Hier betreiben ITC und IKFT gemeinsam die vier Prozessschritte (dezentrale) Pyrolyse zur Erzeugung des energie-reichen biosyncrudes sowie (zentrale) Hochdruck-Flugstromvergasung des biosyncrudes, nachfolgende Gasreinigung und schließlich Benzinsynthese.

Im Rahmen der PoF III-Periode werden die Arbeiten des ITC im Forschungsbereich Energie, Programm EMR, Topic 1 (Kraftwerkstechnik) und insbesondere im durch das ITC koordinierten Topic 4 (Optimierung der Brennstoffressourcen) sowie im Programmtopic 5 (Ressourcentechologien) durchgeführt. Der Betrieb der bioliq®-Pilotanlage wird im Programm EMR, Topic 3 (Bioenergie) abgebildet. In der energieprogrammübergreifenden Initiative „Energy System 2050“ koordiniert das ITC das Forschungsthema „Biogene Energieträger“. Darüber hinaus beteiligt sich das ITC mit dem Karlsruher Expositionssystem an den forschungsgebietsübergreifenden Aktivitäten zur Partikelexposition und molekularen Toxikologie im Programm BIFTM.

Die wissenschaftlichen Ergebnisse des ITC in der Energieforschung sind im Programmfortschrittsbericht EMR 2020 dargestellt bzw. im Programmanteil EMR in diesem Zentrenfortschrittsbericht.

Strategische Ereignisse

Die Forschungsaktivitäten des ITC fokussieren sich auf flexible Schlüsseltechnologien zur Schließung des Kohlenstoffkreislaufs und deren Einbindung in Prozessketten vom Abfall bis zum chemischen Produkt und in das Energiesystem der Zukunft. In der PoF IV-Periode wird das als Schwerpunkt im Programm „Materialien und Technologien für die Energiewende“ (MTET), Topic „Ressourcen- und Energieeffizienz“ abgebildet. Die Arbeitsgruppen des ITC bündeln hier ihre Kompetenzen im Subtopic „Anthropogenic Carbon Cycle“ sowie, gemeinsam mit dem Helmholtz Institut Freiberg, im Subtopic „Metals and Minerals Cycle“. Weltweit einzigartig ist die bioliq-Infrastruktur als Forschungsplattform, die auch hohe Technologiereifegrade abdeckt und so Forschung und Technologietransfer zu kompletten, realen Prozessketten der Kreislaufwirtschaft ermöglicht. Ein Schwerpunkt dabei ist das thermochemische Recycling der Kunststoffabfälle mit umfangreichen Drittmittelaktivitäten:

Im Rahmen des am KIT angesiedelten THINKTANKS „Industrielle Ressourcenstrategien“ des Landes und der Industrieverbände Baden-Württembergs koordiniert das ITC das Leuchtturmprojekt „Kreislaufwirtschaft für Kunststoffe“. Am ITC wurde hierzu die Arbeitsgruppe „Systembewertung“ aufgestellt. Ein Alleinstellungsmerkmal des ITC ist die Möglichkeit, die Pyrolyse von Mischkunststoffabfällen im technisch aussagekräftigen Maßstab zu untersuchen. Erfolgreich abgeschlossen wurden in 2020 das BMBF-geförderte Verbundvorhaben „KUBA - Nachhaltige Kunststoffwertschöpfungskette: Pilotfall Kunststoffe in Bauwirtschaft und Gebäuden“ und das durch Plastics Europe Deutschland und den Verband der Chemischen Industrie geförderte Projekt „Bewertungsgrundlagen der Pyrolyse von gemischten Kunststoffabfällen“.

In der neu strukturierten ITC-Abteilung „Verbrennungs- und Partikeltechnologie“ ist das chemische Recycling von Carbonfasern und die Untersuchung der Fasertoxizität ein neuer Schwerpunkt in der Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern aus Akademie und Industrie.

In Betrieb genommen wurde hierzu die Investition in die Ausstattung zweier Faserlabore am ITC. Das ITC verantwortet zudem zwei der Arbeitspakete im durch das Umweltbundesamt beauftragten und durch den THINKTANK koordinierten Vorhaben „Entwicklung von Rückbau- und Recyclingstandards für Rotorblätter“.

Die Abteilung „Technische Mineralogie“ des ITC konzentriert sich in ihrer grundlagen- und anwendungsorientierten Forschung künftig auf die CO₂-Minderung industrieller Produktion durch das Recycling mineralischer Reststoffe und die Rückgewinnung von Zement in Calciniierungsprozessen. Die material- und anorganisch-analytischen Kompetenzen wurden hierfür in der Arbeitsgruppe „Materialforschung und spezielle Analytik“ gebündelt.

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 auf dem Gebiet der Prozessoptimierung und mit MUT Advanced Heating GmbH zur Apparatechnik der Hochtemperatur-Hochdruck-Gasreinigung,
- Helmholtz Virtual Institute for Gasification Technology (HVI GasTech) zur numerischen Simulation der Flugstromvergasung mit Partnerinstituten aus Forschungszentren und Hochschulen in Deutschland und Europa mit Gesamtkoordination durch das ITC,
- Kooperation mit der Fa. Vitrocell systems zur Entwicklung und Vermarktung des Karlsruher Expositionssystems,
- Kooperation mit Basell Polyolefine GmbH zur katalytischen Pyrolyse von Polyolefinen,
- Kooperation mit Arcus Greencycling GmbH zur Technologie der Pyrolyse von Kunststoffabfällen im Schneckenreaktor.

A.1.4.1.11 Biologische und Chemische Systeme (IBCS)

Leitende Personen:

Kollegiale Leitung (des Gesamtinstituts):

1.1.2020 – 30.9.2020: Prof. Dr. Uwe Strähle (Sprecher), Prof. Dr. Stefan Bräse

1.10.2020 – 31.12.2020: Prof. Stefan Bräse (Sprecher), Prof. Dr. Nicholas Foulkes (kommissarisch für IBCS-BIP)

IBCS-BIP – Institutsleiter:

1.1.2020 – 30.9.2020: Prof. Dr. Uwe Strähle

01.10.2020 – 31.12.2020: Prof. Dr. Nicholas Foulkes (kommissarisch)

IBCS-FMS – Institutsleiter:

Prof. Dr. Stefan Bräse

Kurzdarstellung

Teilinstitut Biologische Informationsprozessierung (IBCS-BIP)

Der Schwerpunkt der Arbeiten des IBCS-BIP liegt in der Aufklärung von molekularen und zellulären Interaktionen an funktionellen Grenzflächen. Dabei spielt die Identifizierung von biologischen Schlüsselmolekülen, die in zellulären Signalwegen, Zelldifferenzierung und Proliferation, in der Entwicklung und bei Krankheiten wirken, eine bedeutende Rolle. Der Fokus liegt hierbei auf dem zentralen Nervensystem, der Muskulatur, dem Immunsystem, der Stammzellbiologie sowie genetischer Programme zur Steuerung der Zellfunktion. Weite-

re Themen der Forschung sind Proteomik, Genomik und molekulare Toxikologie. In enger Zusammenarbeit mit Chemiker/innen und Physiker/innen sollen diese Erkenntnisse in der Herstellung neuer Wirkstoffe, sogenannter „smart-drugs“ für vielfältigste biotechnologische Anwendungen eingesetzt werden.

Zur Aufklärung zu Grunde liegender Mechanismen, zur Identifizierung von Schlüsselregulatoren und zur Abschätzung der Wechselwirkung von neuen Substanzen und Materialien mit lebenden Systemen, werden Organismen wie Maus, Ratte und Zebrafisch als Modelle verwendet. Der Zebrafisch eignet sich insbesondere für systematische Studien. Seine Embryonen sind vollständig durchsichtig und können über gentechnische Methoden fluoreszierend eingefärbt werden. Insbesondere die Arbeiten mit den Zebrafischembryonen stellen wichtige Tierersatzmethoden dar. Mit Hilfe hochauflösender, neuartiger Mikroskopiemethoden ist es dann möglich, Zellstrukturen und -bewegung bei lebenden Tieren auf molekularer Ebene aufzulösen. Diese Kombination von Material-, Biowissenschaften und Tiersystemen ist ein Alleinstellungsmerkmal, das in allen Begutachtungen der letzten 10 Jahre von Gutachtergremien wiederholt unterstrichen wurde.

Das KIT Screening Centre

Das KIT Screening Centre wurde im Berichtsjahr weiter ausgebaut. Es zeichnet sich durch 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.

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.

Das Europäische Zebrafisch-Ressourcenzentrum (EZRC)

Seit 2012 wird am ITG das Europäische Zebrafisch Ressourcenzentrum (www.ezrc.kit.edu) betrieben. Zebrafische haben die meisten Organsysteme mit dem Menschen gemeinsam. Das macht sie zu idealen Modellorganismen für die Untersuchung der Ursachen zahlreicher Krankheiten. Der Zebrafischembryo ist ein offiziell anerkanntes Tierersatzsystem. 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 Kunden aus der Industrie zu verzeichnen. Das EZRC wurde in der PoF4-Begutachtung als besonders wertvolle Infrastruktur gesehen, die zusammen mit dem Screening Centre eine weltweit einzigartige Infrastruktur darstellt.

Internationaler Zebrafisch- und Medakakurs (IZMC)

Die beiden Teleostier-Spezies 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 Tiervers-

suchen (Direktive 2010/63/EU), sind von den Experimentator/innen spezifische Kenntnisse im Umgang mit den Tieren nachzuweisen. In Antwort auf diese neue Gesetzgebung wurde der „Internationale Zebrafisch und Medaka Kurs“ 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). Bedingt durch die Coronapandemie konnten im Berichtsjahr weniger Kurse vor Ort stattfinden und wurden soweit möglich in ein Online-Format überführt.

Internationale Projekte im Rahmen des Inzucht-Medaka Panels des KIT

Obleich 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 anzugehen, haben wir ein Panel von mehr als 100 Inzuchtlinien im Medaka erstellt. In Zusammenarbeit mit der Universität Heidelberg und dem EBI Cambridge soll dieses Panel im Rahmen des ERC-Projekts „INDIGENE“ Aufschluss geben, wie solche unterschiedlichen Antworten genetisch bedingt sind. Dieses Panel an Inzucht-Medakastämmen ist weltweit einzigartig und ist auch nicht in irgendeiner anderen Wirbeltierspezies möglich.

Teilinstitut Funktionelle Molekulare Systeme (IBCS-FMS)

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

Übergeordnetes Ziel des Teilinstituts 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 Gewebebildung, Reparatur und Regeneration zu untersuchen und spezifisch zu steuern. Dies erfolgt insbesondere Krankheitsmodellen wie Tumorbildung. Als Modellorganismus dient insbesondere die Maus und zum Teil auch im Zebrafisch. Diese Arbeiten werden in enger Zusammenarbeit von Biolog(en)/innen, Chemiker/innen und Informatiker/innen 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 Gewebeproben, Operationen, Verabreichung von Präparaten, Überwachung des Tumorwachstums und Metastasierungstests. Die Nagetierhaltung („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 Com-

pound Plattform integriert. Es konnten namhafte Wissenschaftler/innen 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 2020 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. Der Datenbankaufbau für analytische Methoden, z.B. die Aktivitäten auf dem Gebiet der Vorhersagen für molekulare Kenngrößen, wurde ausgebaut.

Wissenschaftler/innen des IBCS-FMS konnten auch im Berichtsjahr 2020 neue Drittmittel durch Klein- und Großprojekte einwerben.

Ein besonderer Erfolg ist die Beteiligung an der NFDI4Chem in tragender Rolle.

Weiterhin tragen die Arbeiten in Wissenschaft und Infrastruktur 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.

Strategische Ereignisse (für beide Teilinstitute)

Zum 01. Januar 2020 wurde das bisherige Institut für Toxikologie und Genetik (ITG) in das Institut für Biologische und Chemische Systeme überführt. Sowohl die Leitung mit den beiden Institutsleitern Prof. Strähle und Prof. Bräse als auch das technische und wissenschaftliche Personal wurde in die neuen Teilinstitute übernommen. Die Fisch- und Nagetierhaltung wurden administrativ neu aufgestellt. Zum 30. September ging Prof. Strähle in den vorzeitigen Ruhestand und Prof. Foulkes ist bis zum Dienstantritt des Interims-Institutsleiters Prof. Bastmeyer am 01. Januar 2021 kommissarisch für IBCS-BIP verantwortlich. Trotz der Corona-Pandemie konnte zum 01. August das neue Verfügungsgebäude B319 bezogen werden, in dem alle IBCS-FMS-Gruppen und größere Teile der Arbeitsgruppen vom IBCS-BIP eingezogen sind.

Neuausrichtung in der PoF IV

Mit der Begutachtung im Oktober 2019 wurde die wissenschaftliche Fragestellung des Instituts neu ausgerichtet. Für die kommende 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 bioinspirierte Materialsysteme und Topic 5: Entdeckung von Material-Informationen.

Längerfristige Kooperationen

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

Industrie

AC Discovery Potsdam, Actelion, Amcure GmbH, Aquatic Toxicology Eurofins Agrosience Services, BASF, Bayer, Cynora, ECTOekotoxikologie GmbH, EHEIM GmbH&Co, Eppendorf, Henkel, Heidolph, Hoffmann-LaRoche Ltd., ImClone, ScreenFect GmbH, Innovent, KNF, ITA

Instruments, LabForward, Leica, LoligoSystems, Merck, Noldus Information Technology, Olympus, Organovo, Randox, Roche, Sensient, Sigma-Aldrich, Silence Therapeutics, Syngenta, FujiFilm, Zeiss, Aquarray GmbH, Sanofi, AstraZeneca, Glaxo-SmithKline.

Kooperationen mit Universitäten und Hochschulen

National

Universitäten/Hochschulen: Aachen, Berlin, Biberach, Bielefeld, Bonn, Darmstadt, Frankfurt, Freiburg, Göttingen, Heidelberg, Jena Köln, Mainz, München, Mannheim, Universitätsklinikum Münster, Ulm, Würzburg, DKFZ, EMBL, NMI Reutlingen, Stuttgart.

International

Universitäten: Wien (A), Monash University (AUS), Sydney (AUS), Waterloo (CAN), Basel (CH), Genf (CH), ETH Zürich (CH), Copenhagen (DK), Salamanca (ES), Murcia (ES), Sevilla (ES), Straßburg (F), Paris (F), Lille (F), Aveiro (Portugal), Aalto (FIN), Padua (I), Ferrara (I), Tel-Aviv (IL), Tokyo (J), Tohoku (J), Leiden (NL), Groningen (NL), Twente (NL), Maastricht (NL), Eindhoven (NL), Santiago (RCH), Stockholm (S), Umeå University (S), National University Singapore (SGP), Birmingham (UK), Cambridge (UK), Queen Mary und St. Georges, London (UK), Oxford (UK), Manchester (UK), Edinburgh (UK), Exeter (UK), Sheffield (UK), Princeton University (USA), University of California, Los Angeles (USA), Colorado (USA), New York University (USA), University of Utah (USA), San Francisco (USA), Southampton (GB), Stanford (USA), Berkeley (USA).

Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

National

Helmholtz-Zentrum München, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ, FZ Jülich, DKFZ, MPI Entwicklungsbiologie Tübingen, MPI für Herz- und Lungenforschung Bad Nauheim, MPI für medizinische Forschung Heidelberg, FLI Jena, DFG-Center for Regenerative Therapies Dresden, EMBL Heidelberg, Fraunhofer IGB Stuttgart. Helmholtz Zentrum Geesthacht, Teltow, HZI Braunschweig, DESY Hamburg,

International

Walter and Eliza Hall Institute of Medical Research (AUS), Brain & Mind Research Institute (AUS), Loeb Health Research Institute Ottawa (CAN), Shanghai Institutes of Biological Sciences (CHN), Shanghai Institute for Computational Biology (CHN), ZF BioLabs S.L Madrid (ES), Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ES), CNRS Paris (F), INSERM (F), IG-BMC Straßburg (F), CEA (F), Stazione Zoologica Anton Dohrn Napoli (I), Center for Translational Genomics and Bioinformatics Milan (I), National Institute for Basic Biology (J), NBRP Okazaki (J), RIKEN Brain Science Institute (J), Centre de Recherche Public de la Santé (L), Hubrecht Institute (NL), Erasmus Medical Center (NL), Temasek Singapur (SGP), MRC (UK), Cancer Research London (UK), Wellcome Trust Sanger Institute (UK), Francis Crick Institute London, (UK); EMBL-EBI, Hinxton (UK), Beatson Institute (UK), Memorial Sloan-Kettering Cancer Center (USA), Medical College of Wisconsin (USA), Massachusetts General Hospital (USA), Harvard Medical School (USA), Zebrafish International Resource Center, ZIRC (USA), Karolinska Institut (S).

A.1.4.2 Bereich II

A.1.4.2.1 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 über die Gestaltung und die Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen. Dabei werden ethische, ökologische, ökonomische, soziale, politisch-institutionelle und kulturelle Fragestellungen behandelt, Forschungsfragen inter- und transdisziplinär bearbeitet. Die Forschungsthemen des ITAS ergeben sich aus dem gesellschaftlichen Beratungsbedarf von Politik, Wirtschaft, Wissenschaftssystem und Gesellschaft.

Die grundfinanzierten Forschungsarbeiten des ITAS sind in den Helmholtz-Programmen Energie und Information angesiedelt. Im Rahmen dieser Programme arbeitet das ITAS mit anderen Helmholtz-Einrichtungen zusammen an Fragen der Transformation des Energiesystems und am digitalen Wandel der Gesellschaft.

Strategische Ereignisse

Das vom ITAS betriebene Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) berät den Deutschen Bundestag zu Fragen des wissenschaftlich-technischen Wandels. In 2020 wurden vor dem Ausschuss für Forschung, Bildung und Technikfolgenabschätzung die vielfältigen Projekte und Produkte des TAB in der laufenden Wahlperiode vorgestellt. Außerdem feierte das TAB in 2020 sein 30-jähriges Bestehen; es wird seit Gründung fortlaufend von ITAS betrieben (Vertrag zwischen KIT und dem Deutschen Bundestag von jeweils 5-Jahres-Laufzeiten).

In 2020 waren das ITAS (federführend) und seine Partner in der European Technology Assessment Group (ETAG) für die Durchführung von TA-Studien für das Europäische Parlament tätig. Im Rahmen der Exzellenzinitiative wurde ein Vorhaben unter Mitwirkung von ITAS-Mitarbeitenden eingeworben: ARRTI, die KIT-Academy for Responsible Research, Teaching and Innovation unter Leitung von Prof. Dr. Dr. Rafaela Hillerbrand (ITAS) hat seine Arbeit aufgenommen, außerdem sind in 2020 zwei KIT-Future Field-Projekte in 2020 gestartet, zum einen „Future Societies“ sowie „Design for Circular Economy“. Prof. Dr. Armin Grunwald wurde 2020 neuer Ko-Vorsitzender des Nationalen Begleitgremiums zur Suche nach einem Endlager für radioaktive Abfälle. ITAS-Mitarbeitende veröffentlichten zur Risikokalkulierung der KI eine Stellungnahme zum Weißbuch „Zur Künstlichen Intelligenz – ein europäisches Konzept für Exzellenz und Vertrauen“ auf Einladung der Europäischen Kommission.

Die europäische Forschungsinitiative BATTERY 2030+ hat eine Roadmap zur Batterieforschung der Zukunft vorgelegt. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des ITAS sind über die Forschungsplattform CELEST (Center for Electrochemical Energy Storage Ulm & Karlsruhe) direkt an dem Vorhaben beteiligt. Gruppenleiter Dr. Marcel Weil war einer der Autoren. ITAS hat in 2020 eine Vielzahl an neuen Projekten bei verschiedenen Fördergebern eingeworben (EU, Bundes- und Landesministerien). Besonders hervorzuheben ist das EU-Projekt

SUPEERA, in dem Projektpartner aus fünf Ländern zur Umsetzung des EU-Strategieplans für nachhaltige Energietechnologien beitragen. Das ITAS hat bei SUPEERA die Aufgabe übernommen, nationale und europaweite Indikatoren zur Bewertung von Politikmaßnahmen zu identifizieren und zu vereinheitlichen.

Das vom ITAS betriebene Reallabor „Quartier Zukunft – Labor Stadt“ macht städtisches Leben nachhaltiger und partizipativer. Im Berichtszeitraum startete die Podcast-Reihe „Labor Zukunft – Forschung ohne Kittel“ im Campusradio Karlsruhe. Alle zwei Monate gibt er Einblicke in die Reallabor-Forschung und -Praxis zu einem guten und nachhaltigen Leben in Karlsruhe.

Mit Mitteln des MWK des Landes Baden-Württemberg und die Einwerbung des Projekts „Energie-Dialog“ aus Mitteln des Impuls- und Vernetzungsfonds des Helmholtz-Präsidenten konnte der konzeptionelle Ausbau des Reallabors zum Karlsruher Transformationszentrum (KAT) für nachhaltige Zukünfte in 2020 fortgeführt werden.

Das ITAS hat im Berichtszeitraum 2020 die neue Organisationsstruktur in 10 Forschungsgruppen gefestigt, die thematische Fokussierung vorangetrieben und die Governance deutlich verbessert.

Längerfristige Kooperationen

- ITAS ist Mitglied in den europäischen Netzwerken der Technikfolgenabschätzung („European Technology Assessment Group“ (ETAG) und „European Parliamentary Technology Assessment Network“ (EPTA))
- ITAS ist Gründungsmitglied des Global TA Network gegründet. Institutionen aus 27 Staaten sind bereits Mitglieder,
- ITAS ist in verschiedenen Joint Programs (JP) des EU Energy Research Alliance (EERA) vertreten. Dabei versteht sich EERA als einen wesentlichen Forschungsverbund zur Umsetzung des European Strategic Energy Technology (SET) Plans. Im JP Energy Storage ist ein Wissenschaftler auch Koordinator des Sub-topics Techno-Economics and Sustainability. Weiterhin hält ITAS die Verbundkoordination des transnationalen EU-ERA-NET-Projekts FUTUREBODY,
- Das kooperative PhD-Programms zum Technology Assessment und zur Stärkung des Gastwissenschaftler/innenaustausches mit der Technischen Universität Lissabon wird fortgeführt,
- Langjährige bilaterale Kooperationen: Russland (Tomsk Polytechnic University, Perm Polytechnical University and Moscow State University); China (Chinese Academy of Science and Technology for Development); Indien (Research Information System for Developing Countries (RIS)); Australien (CSIRO); USA (Arizona State University) (Institutionen mit denen derzeit das Global TA network aufgebaut wird), Bauman Universität Moskau,
- Die Mitarbeiter/innen des ITAS sind in zahlreichen Gremien aktiv. Für 2020 sind insbesondere die folgenden Gremientätigkeiten zu nennen:
 - Prof. Dr. Armin Grunwald, Nachhaltigkeitsbeirat der Landesregierung Baden-Württemberg,
 - Prof. Dr. Armin Grunwald, Nationales Begleitgremium zur Endlagersuche, eingesetzt durch Bundesrat und Bundestag,
 - Prof. Dr. Armin Grunwald, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech, Präsidium),

- Prof. Dr. Armin Grunwald, Deutsches Komitee für Nachhaltigkeitsforschung in Future Earth,
- Prof. Dr. Armin Grunwald: Präsidium der Deutschen Gesellschaft für Auswärtige Politik (DGAP),
- Prof. Dr. Dr. Rafaela Hillerbrand: Mitglied des HEiKa Direktoriums (Heidelberg Karlsruhe Research Partnership),
- Dr. Somidh Saha: Deputy Coordinator, International Union of Forest Research Organization's (IUFRO) Unit "Ecology and Silviculture of Oaks",
- Jens Buchgeister, Obmann VDI Richtlinienausschuss 4090 "Systemtechnische Methodik zur Steuerung und Planung umweltrelevanter betrieblicher Prozesse",
- Dr. Peter Hocke-Bergler: Mitglied der BMU-Expertengruppe ESchT („Expertengruppe Schweizer Tiefenlager“).

A.1.4.2.2 Steinbuch Centre for Computing (SCC)

Leitende Personen

Prof. Dr. Martin Frank

Prof. Dr. Bernhard Neumair

Dr. Martin Nussbaumer

Prof. Dr. Achim Streit

Kurzdarstellung

Das SCC verfolgt in integrierter Weise seine vier Hauptaufgaben a) Forschung und Entwicklung auf den Gebieten Wissenschaftliches Rechnen und Datenanalyse, Management großskaliger Forschungsdaten und Datenintensives Rechnen sowie zur Sicherheit in IT-Föderationen und b) Betrieb der IuK-Infrastruktur sowie Bereitstellung der IT-Grundausstattung des KIT in Verbindung mit weiteren Systembetreibern und Diensteanbietern in den Organisationseinheiten des KIT; zudem 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 III beteiligt: Das im SCC angesiedelte Grid Computing Centre Karlsruhe (GridKa) ist als LK-II Großgerät dem Programm MU im Forschungsbereich Materie zugeordnet, die FuE-Vorhaben zu Simulation Labs, Data Life Cycle Labs, Data Life Cycle Management und die Large-Scale Data Facility (LSDF) dem Programm SBD im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien.

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. Im Jahr 2020 stellte GridKa die Rechen- und Speicherressourcen mit gewohnt hoher Zuverlässigkeit bereit. Den LHC-Experimenten und Belle-II wurden insgesamt 335 Mio. Core-Stunden Rechenzeit für 34 Mio. Rechenjobs zur Verfügung gestellt. Das Datenvolumen, welches zu GridKa und von GridKa zu anderen

Zentren transferiert wurde, ist trotz des Shutdowns des LHC auf sehr hohem Niveau verblieben und beträgt rund 120 Petabytes.

Nach intensiven Diskussionen im GridKa Overview Board und Technical Advisory Board wurden im Sommer 2020 eine Beschaffung von insgesamt 24 GPUs des Typs NVIDIA V100S 32 GB angestoßen, um erstmals tief in der GridKa Compute Farm auch GPUs den internationalen Experiment-Kollaborationen anbieten zu können. Für den GridKa Software-Defined-Online-Storage wurde eine Erweiterung um 20 Petabyte sowie die dafür notwendigen extratiefen Racks zum Jahresende 2020 installiert und abgenommen. Auf dem Gebiet des Netzwerkes (intern wie auch externe Anbindung) wurde im Herbst das Netzwerkmanagement auf IPv6 umgestellt. Weiterhin wurde im Herbst die bisherige 2x10 Gb/s Verbindung zum CERN über das X-WiN des DFN-Vereins auf 100 Gb/s hochgerüstet - als Ergänzung zur bereits vorhandenen 100 Gb/s Verbindung das Hochschulnetz Baden-Württembergs BelWü und das Schweizer Wissenschaftsnetz Switch. Damit wird GridKa in 2021 nach außen mit insgesamt 4x100 Gb/s Verbindung angeschlossen sein.

Weitere Details finden sich im entsprechenden Programmanteilskurzbericht.

Programm Supercomputing & Big Data

Im Topic 1 des Programms arbeiten mehrere Forschungsgruppen an der Entwicklung und Optimierung skalierbarer Simulationssoftware und Werkzeugen. So wurden beispielsweise im Rahmen des Pilot Lab Exascale Earth System Modelling (PL ExaESM) die Erdsystemmodelle EMAC und ICON insbesondere im Hinblick auf parallelen I/O optimiert und das On-Demand-Dateisystem BeeOND erfolgreich mit Performance-Gewinn eingesetzt. Das vom Topic 1 koordinierte Pilotprojekt Uncertainty Quantification, angesiedelt im Helmholtz-Inkubator „Information & Data Science“ ist erfolgreich gestartet, und es konnten bereits mehrere interdisziplinäre Publikationen eingereicht werden. Das in der Helmholtz-Nachwuchsgruppe FINE (Fixed-Point Algorithms for Numerics at Exascale) entwickelte Ginkgo Softwarepaket und die darin enthaltenen Lineare-Algebra-Algorithmen wurden weiterentwickelt und erstmals auf den neuen NVIDIA A100 GPUs getestet.

Im Topic 2 des Programmes wurde im Rahmen der Data Life Cycle Labs (DLCLs) beispielsweise die Promotion zur vorhersagebasierten Datenkomprimierung erfolgreich abgeschlossen und neue Ergebnisse zum Clustering für Hydrologiesimulationen führten zu einem best paper award auf der ICCSA2020 Konferenz. Weiterhin konnten neue Drittmittelprojekte wie NFDI4Ing im Rahmen der deutschen NFDI Initiative, das EU-Projekt NFFA-Europe-Pilot (NEP) sowie eine Beteiligung am Berliner SFB 980 „Episteme in Bewegung“ erfolgreich eingeworben werden.

In der Daten-Management-Forschung gewann ein Team des KIT den „Test-of-Time“ Award des European Symposium for Algorithms (ESA) für die parallele Suche nach kürzesten Wegen. In der Helmholtz AI Plattform konnten erste wissenschaftliche Erfolge durch das neu etablierte AI-Consultant-Team in Kooperationen mit Anwendungswissenschaften erzielt werden, z. B. zur Verbesserung der Herstellungsprozesse von Perovskit-Solarzellen. Gemeinsam mit dem Projekt Helmholtz Analytics Framework (HAF) wurde eine neue Version des Helmholtz Analytics Toolkit (HeAT) als Open-Source-Software für KI auf Supercomputern veröffentlicht. Im Rahmen der Helmholtz Metadata Collaboraiton (HMC) Plattform wurden erste Dienste aufgebaut sowie der Metastore in die Generic Data Services (GDS) für das EnergyLab 2.0 integriert.

Im Rahmen der Helmholtz-Plattform HIFIS wurde die föderierte Authentifizierungs- und Autorisierungsinfrastruktur (Helmholtz AAI) weiterentwickelt und entsprechend der AARC-Blueprint-Architektur implementiert. Die am KIT entwickelte RegApp wurde um eine Service-

Provider-Identity Provider-Proxy-Funktionalität, SSH-Key-Management und eine förderierbare Zwei-Faktor-Authentifizierung erweitert. Die Large Scale Data Facility (LSDF) wurde um 8 PB erweitert sowie das Speichersystem-interne Infiniband-Netz ausgebaut. Weiterhin wurde die LSDF direkt an den Hochleistungsrechner bwUniCluster 2.0 über eine dedizierte Infiniband-Strecke zur hochperformanten Datenanalyse oder -ablage angebunden. Erfolgreich eingeworben werden konnte eine Beteiligung an den EOSC-orientierten Projekten DICE, EOSC-Future sowie EGI-ACE, die allesamt in 2021 offiziell starten werden.

Weitere Details finden sich im entsprechenden Programmanteilskurzbericht.

Strategische Ereignisse

Das SCC war erfolgreich im Wettbewerb um den neu zu gründenden NHR-Verbund von Tier-2 HPC-Zentren und ist eines von acht geförderten Zentren. Dem gesamten Verbund stehen über einen Zeitraum von zehn Jahren jährlich bis zu 62,5 Mio. Euro für Investitions- und Betriebskosten zur Verfügung. Das KIT legt im Verbund einen besonderen Fokus auf Erdsystemwissenschaften als Anwendungsfeld, auf Sicherheit in der Betriebskompetenz und nachhaltige Entwicklung von wissenschaftlicher Software. Das KIT erhält die NHR-Förderung in seiner Rolle als Landesuniversität, jedoch wurden im erfolgreichen Antrag vielfältige Synergien mit dem Großforschungsbereich des KIT aufgezeigt.

Mit den GPU-Ressourcen auf Basis modernster NVIDIA A100 GPUs im Rahmen von HAICORE wurde eine leistungsfähige Rechenbasis für die Helmholtz-weite KI-Community aufgebaut und in Betrieb genommen. Diese Ressourcen wurden z.B. für den „HIDA Datathon for Grand Challenges on Climate Change“ der Helmholtz Information & Data Science Academy (HIDA) bereitgestellt.

Die am KIT betriebenen HPC Systeme wurden mittels der auch in Helmholtz AAI eingesetzten und im Rahmen von HIFIS am KIT weiterentwickelten Komponente KIT RegApp um eine Zwei-Faktor-Authentifizierung und zentral verwaltete SSH Keys erweitert, wodurch die IT-Sicherheit der HPC-Systeme substantiell erhöht wurde.

In der ersten Ausschreibungsrunde zur Einrichtung einer Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) war das SCC an zwei erfolgreichen Konsortien (NFDI4Ing und NFDI4Chem) beteiligt, die im Herbst 2020 starteten. Weiterhin beteiligt sich das SCC in der zweiten Ausschreibungsrunde u.a. an den Konsortialanträgen PUNCH4NFDI und NFDI-MatWerk.

Im Rahmen des Innovationspools des Forschungsbereichs Information konnten für die PoF IV-Laufzeit ab dem 01. Januar 2021 zusätzliche Mittel zur Unterstützung der Joint Labs im Forschungsbereich eingeworben werden; alle Projekte sind programmübergreifend. Zuvor-derst genannt sei das Projekt „Exascale Earth System Modelling (ExaESM) Booster“, in dem eng mit dem Forschungsbereich Erde & Umwelt die Skalierbarkeits- sowie Bandbreitengrenzen in der hierarchischen Datenhaltung moderner Simulationscodes überwunden werden sollen. Weiterhin gibt es noch entsprechende Projekte zur Unterstützung der Joint Labs VMD (virtuelles Materialdesign) sowie MDMC (Material-Charakterisierung), die innerhalb des Forschungsbereichs Information in der PoF IV eine Brücke zur Materialforschung darstellen; hier wird auf Workflows und Virtuelle Forschungsumgebungen sowie das Thema Metadaten fokussiert.

Weiterhin konnten im Rahmen der ersten Ausschreibung von Helmholtz AI zwei Projekte erfolgreich eingeworben werden. Im Projekt ProFiLe (Protein Folding by Learning) arbeiten das SCC gemeinsam mit dem DLR-Institut für Simulation und Software Technologie an einem datengetriebenen, ML-basierten Ansatz zur Strukturvorhersage von Proteinen, wobei die HeAT-Software aus dem Helmholtz Analytics Framework Projekt des KIT Verwendung findet. Im zweiten Projekt namens AlphaNumerics Zero (α N0) arbeiten Teams vom SCC und

dem Jülich Supercomputing Centre an einem neuartigen Verfahren zum Design numerischer Verfahren auf Supercomputern. Dabei werden Reinforcement-Learning-Techniken eingesetzt, damit automatisch für ein gegebenes Simulationsproblem die im Mittel optimale numerische Lösungsmethode selbstständig erlernt wird.

Insgesamt konnten im Berichtszeitraum wieder zahlreiche neue Drittmittelprojekte eingeworben werden bzw. nahmen ihre Arbeit auf. Am SCC waren dies die Helmholtz AI Projekte ProFiLe und α N0, HAICORE (Helmholtz); NFDI4Ing und NFDI4Chem; SmARd-AI im Rahmen der KIT Exzellenzinitiative; OCR-D 3 und SFB 1173 Wave Phenomena (DFG); EOSC-Future, DICE, EGI-ACE und NEP (Europäische Kommission).

Zur Vorbereitung auf das am 01. Januar 2021 startende Programm „Engineering Digital Futures“ (EDF) wurde mit den notwendigen Gremiengängen zur Besetzung neuer Professuren im Programm EDF sowie im SCC begonnen, speziell für die W3-Professur für Big Data Analytics (neue Denomination Methods for Big Data) und die Tenure-Track W1 Uncertainty Quantification. Im Verfahren der Tenure-Track W1 Applied AI Engineering im Rahmen der Plattform Helmholtz AI kam es pandemiebedingt (Berufungskommissionen konnten nicht in Präsenz stattfinden) zu Verzögerungen, so dass sich deren Besetzung ins Jahr 2021 verschiebt.

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 Landeskonzpte 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, Uni Mainz, 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 sowie in den EU-Projekten rund um die European Open Science Cloud (EOSC) zahlreiche Kontakte auf internationaler Ebene. Im Rahmen des Smart Data Innovation Lab (SDIL) besteht eine enge Kooperation mit SAP, IBM sowie der Software AG.

A.1.4.3 Bereich III

A.1.4.3.1 Automation und Angewandte Informatik (IAI)

Leitende Person

Institutsleiter: Prof. Dr. Veit Hagenmeyer

Kurzdarstellung

Das 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.

Ziel der Arbeiten im PoF III-Programm SCI war die Entwicklung einer Infrastruktur (Soft- und Hardware-Tools) für Modellierung, Simulation, Monitoring und Analyse von Stromnetzen. Hierzu gehören zum einen die Messtechnik, die Echtzeit-Datenübertragung/-sicherung und die Software-Entwicklung zur Modellierung, Simulation und Analyse. Zum anderen wurden grundlegendere Fragen zur verteilten Regelung und zur Optimierung und Automatisierung des Ressourceneinsatzes dezentraler Energiesystemkomponenten (erneuerbare Energieerzeuger, intelligente Prosumer, Speicher, etc.) angegangen.

Energetische Fragen im Zusammenhang mit Gebäuden wurden im Programm TIS behandelt. Basis ist die Entwicklung und Anwendung semantischer Datenmodelle für raumbezogene Daten einschließlich deren Standardisierung. Daneben wird die Integration von Wärme und Stromnutzung in Gebäuden untersucht. Weitere Arbeitspunkte sind intelligente Retrievalverfahren, webbasierte oder mobile Frontendanwendungen sowie energietechnologiebezogene Informations- und Kollaborationsportale.

Wesentliches Ziel im Programm SBD waren Lösungen für die Speicherung von Zeitreihen, von Modelldaten und von Metadaten in einem System generischer Datenservices, insbesondere für Anwendungen in der Energieinformatik und für das Energy Lab 2.0. Diese Lösungen wurden in die Helmholtz Metadata Collaboration (HMC) eingebracht und im Rahmen der HMC Energy Hub-Aktivitäten zu energiespezifischen Metadatenlösungen für die Bereitstellung von Energiedaten weiterentwickelt.

Im Programm EMR werden für Verbrennungs- und Hochtemperaturprozesse Methoden und Verfahren zur industriellen Bildverarbeitung und intelligenten Sensorik sowie spektrale Messtechniken und Kamertechnologien zur Ableitung charakteristischer Kenngrößen und nachfolgender Regelungsoptimierung entwickelt und erprobt. Fragen der intelligenten Datenanalyse sowie der Zuverlässigkeit und Sicherheit von Software-Systemen werden ebenso adressiert. Die mathematische Modellierung verfahrenstechnischer Prozesse wurde im Programm RE und in ESI bearbeitet. In 2020 wurden die Arbeiten zur Pilotanlage bioliq® 2020 beendet, und es wurde sich auf energieintensive Prozesse umorientiert. Wesentliche Beiträge entstanden aus der Kooperation mit GEA zu Fallfilmverdampfern und der Zusammenarbeit mit dem ITC an der Celitement-Anlage des KIT. Daneben werden die Arbeiten an der

Systemplattform für neue Geothermie-Sonden abgeschlossen und in die Geothermieaktivitäten des KIT eingebracht.

Die Arbeiten in den o.a. Programmen werden teilweise abgeschlossen bzw. gehen über in das PoF IV-Programm "Energiesystemdesign" im Forschungsbereich Energie der HGF.

Die Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Energiesystemmodellierung“ von Dr. Tom Brown befasst sich mit den kostengünstigsten Wegen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen im europäischen Energiesystem. Es werden Methoden und Algorithmen entwickelt, um die hohe Komplexität der Modellierung in den Griff zu bekommen.

Im Programm BIFTM (in PoF IV: NACIP) liegen die Schwerpunkte auf Aktivitäten zur automatisierten Bild- und Datenanalyse für große Datenmengen sowie zur Laborautomatisierung und Robotik. Im Rahmen des Imaging Hubs und des Screening Hubs werden zahlreiche neue Technologien zur automatisierten Durchführung und Analyse von Hochdurchsatzexperimenten entwickelt.

Im Programm STN (in PoF IV MSE) entwickelt das IAI Modellbildungs- und Simulationsverfahren für Drop-on-demand- Aerosol- und InkJet-Druckverfahren und parallele 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 ist maßgeblich an dem Helmholtz-Impuls- und Vernetzungsfonds „Energy Systems Integration“ beteiligt (Sprecher: Prof. Dr. Veit Hagenmeyer). Es werden die speziellen Fragestellungen adressiert, die sich beim Zusammenfügen aller Einzelkomponenten zu einem Energiegesamtsystem ergeben, d.h. hinsichtlich aller physischen und IT-gestützten Verknüpfungen sowie deren Strukturen und Verhalten. Das Projekt ergänzt die weiteren Aktivitäten des Instituts in seinem Themenschwerpunkt Energiesysteminformatik.

Das IAI ist für den Aufbau, den wissenschaftlichen Betrieb und für die stetige Weiterentwicklung der Energieforschungsinfrastrukturen Energy Lab 2.0 (Teilprojekt Smart Energy System Simulation and Control Center, SEnSSiCC) und Living Lab Energy Campus zuständig. Die meisten Hardware- und Software-Komponenten in SEnSSiCC konnten installiert und in Betrieb genommen werden. Dies gilt für die dem SEnSSiCC zugeordneten vier Teilvorhaben „Smart Energy System Control Laboratory“, „Energy grids simulation and analysis laboratory“, „Control, Monitoring and Visualisation Center“ und „Power hardware in-the-loop test facility“, die in einem von der Architektenkammer Baden-Württemberg prämierten neuen Gebäude untergebracht sind. Finale Aufbauarbeiten im Smart Energy System Control Laboratory werden im Sommer 2021 abgeschlossen sein. Dann kann diese Experimentierstätte im HGF-Programm Energiesystemdesign (ESD) und weiteren Forschungsprojekten genutzt werden, um beispielsweise moderne energietechnische Anlagen zu testen und neue Regelalgorithmen zu entwickeln und zu validieren.

Weitere Arbeiten finden im Rahmen der HGF-Initiative „Energy System 2050“ (ES 2050), des BMBF-Vorhabens Kopernikus mit dem ENSURE Nachfolgeprojekt ENSURE II sowie des BMWi SINTEG Projekts „C/sells“ statt. Das „Living Lab Energy Campus“ ergänzt die Forschungsprojekte als Infrastrukturmaßnahme für ein nachhaltiges lokales Energiesystem auf der Basis dezentralisierter und erneuerbarer Energien. Zusammen mit dem BMBF-Projekt SEKO (Energiesystemintegration & Sektorkopplung am Beispiel der Forschungsinfrastrukturen Energy Lab 2.0 und Living Lab Energy Campus) bilden diese Aktivitäten den Grundstock für die PoF4-Tätigkeiten. 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).

Strategische Ereignisse

Der IAI-Gruppenleiter Dr. Tom Brown hat einen Ruf auf eine Professur an der TU Berlin erhalten und zum 01. April 2021 angenommen. Die Arbeiten seiner Helmholtz-Nachwuchsgruppe werden am IAI weitergeführt.

Im Rahmen des Helmholtz-Inkubators Information & Data Science wurde die Helmholtz Artificial Intelligence Cooperation Unit (Helmholtz AI) als dedizierte Einheit eingerichtet, um Verfahren der KI für Anwendungen über alle Helmholtz-Zentren hinweg zu entwickeln, umzusetzen und zu verbreiten. Im IAI befindet sich eine Nachwuchsgruppe im Rahmen des Local Hubs Energy von Helmholtz AI im Aufbau, hier läuft ein W1/W3-Tenure-Track-Berufungsverfahren.

Landesumweltminister BW Franz Untersteller hat im Sommer 2020 zusammen mit VP Hirth das Energy Lab 2.0 besucht. Die offizielle Einweihungsfeier musste aufgrund der Coronapandemie verschoben werden.

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:

Verwaltung und Verbände:

- HybridSensorNet e.V. (Intelligente Sensorsysteme),
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg und Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (IT-Komponenten zur Energiewende),
- Smart Grids-Plattform Baden-Württemberg e.V. (BMW SINTEG-Projekt C/sells),
- Standard Working Group CityGML des OGC (Open Geospatial Consortium).

Wirtschaft:

- ABB AG (Kopernikus ENSURE II),
- Befesa Zinc Freiberg GmbH (BMW-Projekt OPTIMER),
- ci-Tec GmbH, Karlsruhe (BMBF-Projekt i.Bridge und FuE-Kooperation INSPECT),
- ETU Software GmbH, Köln (Semantische Datenmodelle),
- Heidelberg Engineering GmbH (Detektion von Nervenfasern der Augenhornhaut),
- IEF Werner GmbH, Furtwangen (Mikromontage),
- Netze BW GmbH (Zukünftige Energiesysteme, Energy Lab 2.0),
- RMC/Boeckeler Instruments, Tucson, USA (Ultramikrotomautomatisierung),
- Siemens AG (Kopernikus ENSURE),
- Stadtwerke Karlsruhe (Zukünftige Energiesysteme, Energy Lab 2.0, Flexkälte),
- TenneT TSO GmbH (Kopernikus ENSURE),
- TransnetBW GmbH (Netzregelung),

- vialytics GmbH (Datenanalyse),
- Seven2one Informationssysteme GmbH (Flexkälte).

Hochschulen:

- Hochschule Karlsruhe (Sensortechnik),
- ShanghaiTech University, School of Information Science and Technology (Verteilte robuste und stochastische Optimierung von Energiesystemen),
- RWTH Aachen (ES 2050),
- Universität Heidelberg (HIDSS4Health),
- Universität Heidelberg (Aufklärung der 3D-Nanostruktur mittels Ultramikrotom-Probenpräparation und REM-Bildgebung),
- Universitätsaugenklinik Rostock (Detektion von Nervenfasern der Augenhornhaut),

Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen:

- Deutsches Krebsforschungszentrum (HIDSS4Health),
- EIFER – European Institute for Energy Research (Zukünftige Energiesysteme),
- Forschungszentrum Jülich (ES 2050),
- OFFIS – Institut für Informatik Oldenburg (Kopernikus ENSURE).

A.1.4.3.2 Angewandte Materialien (IAM)

Leitende Personen

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

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

IAM-AWP: Prof. Dr. Hans J. Seifert (Sprecher), Prof. Dr.-Ing. habil. Bronislava Gorr (seit 01.10.2020)

IAM-CMS: Kollegiale Leitung Prof. Dr. Peter Gumbsch (Sprecher), Prof. Dr. Britta Nestler, Prof. Dr. Martin Dienwiebel

IAM-ESS: Leitung Prof. Dr. Helmut Ehrenberg

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

IAM-WBM: Leitung Prof. Dr. mont. Christoph Kirchlechner (seit 07. Januar 2020)

IAM-WET: Leitung Prof. Dr.-Ing. Ulrike Krewer (seit 01. April 2020)

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

Kurzdarstellung

Das IAM ist die führende Einrichtung in der Forschung und der Ingenieurausbildung auf dem Gebiet der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik am KIT. Es ist fakultätsübergreifend aufgestellt und verbindet die Ziele des KIT: Forschung, Lehre und Innovation. Darüber hinaus leistet es wesentliche Beiträge zu den Themenfeldern Energie, Nanotechnologie und Mobilitätssysteme.

Kurzdarstellungen der in der Großforschung tätigen Teilinstitute des IAM:

IAM	RE	EMR	FUSION	SCI	NUSAFE	STN	BIFTM
IAM-AWP Angewandte Werkstoffphysik (H. J. Seifert, B. Gorr)	X	X	X	X	X	X	
IAM-CMS Computational Material Science (M. Dienwiebel, P. Gumbsch; B. Nestler)	X	X				X	
IAM-ESS Energiespeichersysteme (H. Ehrenberg)			X	X		X	X
IAM-KWT Keramische Werkstoffe und Technologien (M.J. Hoffmann)						X	
IAM-WBM Werkstoff- und Biomechanik (C. Kirchlechner)		X	X	X	X	X	
IAM-WET Werkstoffe der Elektrotechnik (U. Krewer)		X					
IAM-WK Werkstoffkunde (P. Elsner, M. Heilmaier, A. Pundt, V. Schulze)		X	X	X		X	

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. Es gestaltet die Lehre im Studiengang Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (MatWerk) und trägt die materialwissenschaftliche Ausbildung für weitere Studiengänge der Ingenieur- und Naturwissenschaften.

Das IAM verfügt über breite methodische Kompetenzen in der 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.

An den Helmholtz-Programmen wirkt das Institut mit seinen Arbeiten besonders in den Forschungsbereichen Energie (in den Programmen SCI, EMR, RE, FUSION, NUSAFE) und Schlüsseltechnologien (in den Programmen STN und BIFTM) mit.

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 Verbund-

werkstoffe. 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, SCI, EMR und RE des Helmholtz-Forschungsbereichs Energie sowie in das Helmholtz-Programm STN mit KNMF des Helmholtz-Forschungsbereichs Schlüsseltechnologien 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 Refraktärlegierungen erforscht (Helmholtz-Programme FUSION, EMR, RE). 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 SCI, EMR, RE, STN/KNMF 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 im Programm SCI 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

Die Hauptforschungsschwerpunkte am IAM-CMS/Nestler liegen auf dem Gebiet des Integrated Computational Materials Engineering, mit der Vision, die Auslegung von Produktionsprozessen durch Simulationen zu unterstützen, die neben dem mikroskopischen Prozess auch den strukturellen Aufbau und die Werkstoffeigenschaften mitführen und im Optimierungsprozess mitberücksichtigen. Phasenfeldmethoden zur Simulation der Strukturentwicklung, unter Berücksichtigung verschiedener Systemgrößen wie Temperatur, Zusammensetzung, Strömung, mechanische Belastung, sind für diese Zielsetzung von zentraler Bedeutung. Ziel der Forschungsarbeiten ist, durch ein computergestütztes Mikrostrukturdesign die Werkstoff- und Bauteileigenschaften zu optimieren und einen Beitrag zu leisten, um neue Materialien durch Materialsimulationen beschleunigt herzustellen. Es wurden Grundlagenuntersuchungen der mikrostrukturellen, thermischen und strömungsdynamischen Eigenschaften an offenporigen und geschlossen-porigen Schäumen sowie Kugel- und Granulat-

Schüttungen unterschiedlicher Materialien durchgeführt. An Stählen wurden Phasenumwandlungen, Kornstrukturveränderungen, Spannungs-Dehnungs-Verteilungen und plastische Verformung durch thermo-chemo-mechanische Behandlung und starke Scherverformung untersucht sowie neue Methoden der Rissmodellierung entwickelt. Weitere Forschungsarbeiten umfassen großskalige (3D+t) Mikrostruktursimulationen anisotroper polykristalliner Kornstrukturen in porösen Gesteinsstrukturen Sedimentations-, Zementationsprozesse und Kristallbildung in geologischen Klüften, die Umsetzung von Datenanalyseverfahren zur Bestimmung von Wirkzusammenhängen zwischen Korngrenzdynamik und der sich ändernden Porosität und Permeabilität. Zur Auslegung von Geräten für gedruckte Elektronik durch virtuelles Materialdesign werden digitale Zwillinge der Benetzung gedruckter Flüssigkeiten auf strukturierten Substraten in umfangreichen Simulationen geschaffen und Benetzungs- und Verdunstungseigenschaften analysiert.

Zur Unterstützung des Forschungsdatenmanagements wird die Karlsruher Dateninfrastruktur für die Materialwissenschaften (Kadi4Mat) entwickelt. Kadi4Mat soll eine enge Zusammenarbeit zwischen Experimentatoren, Theoretikern und Simulatoren, insbesondere in den Materialwissenschaften, unterstützen und so die Entwicklung neuartiger Materialien beschleunigen. Ermöglicht wird dies durch eine modulare und generische Architektur, die es erlaubt, die spezifischen Bedürfnisse unterschiedlicher Wissenschaftler mit jeweils eigenen Arbeitsabläufen abzudecken. Die Forschungsergebnisse werden regelmäßig der Öffentlichkeit kenntlich gemacht und auf Veranstaltungen vorgestellt.

IAM-ESS Energiespeichersysteme

Das IAM-ESS unter der Leitung von Prof. Dr. Helmut Ehrenberg beschäftigt sich im Programm SCI mit der Herstellung neuer Batteriematerialien und der Aufklärung der bei der Energiespeicherung ablaufenden Prozesse. Dies umfasst die Teilgebiete „Kohlenstoffbasierte Energiespeichermaterialien“, „Funktionelle Kompositmaterialien“, „Lebensdaueraspekte von Energiespeichern“, „Oberflächen- und Grenzflächenanalytik“, „Materialsynthese für Energiematerialien“, „Synthese und keramische Pulvertechnologie“, „Entwicklung von Streumethoden zur Materialcharakterisierung“, „Elektrodenfertigung“ und „Zellfertigung/Zelltests“. Neben der Weiterentwicklung neuer Materialien für Lithium-Ionen-Zellen werden auch „Beyond-Li“-Konzepte zur elektrochemischen Energiespeicherung untersucht. Ein besonderer Schwerpunkt am IAM-ESS ist die umfassende Charakterisierung von Batteriematerialien im betriebsnahen Einsatz durch vielfältige elektrochemische und physikalische Methoden. Besonders aussagekräftig sind hier in operando-Verfahren mittels Synchrotron- und Neutronenstrahlung, aber auch verschiedene Spektroskopien, die auf unterschiedlichen Längenskalen element-, kern- oder auch bindungsspezifisch sind. So können trotz der Komplexität in einer Batterie detaillierte Aussagen zu Struktur-Eigenschaftsbeziehungen und den wirksamen Funktions- und Degradationsmechanismen auf unterschiedlichen Längenskalen von interatomaren Abständen bis hin zum kompletten Bauteil abgeleitet werden. Hierdurch werden auch die wichtigsten Einflussgrößen bei der eingesetzten Prozesstechnik, z. B. beim Trocknungsvorgang, erfasst. Im Programm STN liegen die Schwerpunkte in der Entwicklung von gedruckten passiven Bauelementen, wie z.B. MIM (metal-insulator-metal)-Varaktoren, die auf Basis von niedrigsinternden $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ -Kompositmaterialien über Siebdruck oder Inkjet-Printing hergestellt werden. Im Programm FUSION liegt der Schwerpunkt auf der Weiterentwicklung keramischer Tritium-Brutmaterialien für das heliumgekühlte Feststoffblanketkonzept zukünftiger Fusionsreaktoren. Neuartige zweiphasige Keramiken aus Lithiumorthosilikat und Lithiummetatitanat werden über einen Hochtemperatur-Schmelzprozess in Kugelform hergestellt und für ihren Einsatz hinsichtlich ihrer thermomechanischen Eigenschaften, der Langzeitstabilität und des Bestrahlungsverhaltens in verschiedenen internationalen Zusammenarbeiten evaluiert.

IAM-KWT Keramische Werkstoffe und Technologien

Die Forschungsschwerpunkte des IAM-KWT liegen auf dem Gebiet der Prozesstechnik, der mikrostrukturellen Analyse und der Eigenschaftscharakterisierung (mechanisch, elektrisch, magnetisch) von keramischen Struktur- und Funktionswerkstoffen. Innerhalb des Programms STN 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 zukünftige bleifreie Funktionswerkstoffe für PTCR-, Aktor- und Sensoranwendungen“. In Kooperation mit dem DLR in Stuttgart werden keramische Verbundwerkstoffe hergestellt und bezüglich ihrer Eigenschaften untersucht.

IAM-WBM Werkstoff- und Biomechanik

Im IAM-WBM werden metallische, keramische, polymere und natürliche Werkstoffe hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften und Zuverlässigkeit untersucht. Durch die Berufung von Prof. Dr. Christoph Kirchlechner als Leiter des IAM-WBM erfolgt zukünftig eine stärkere Fokussierung auf skalenübergreifende, quantitative Aufklärung der grundlegenden Versagensmechanismen von Funktionsmaterialien. Um das Verhalten einzelner Kristallbauelemente 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. Fokus im Jahr 2020 lag auf der Erneuerung des Fuhrparks (FIB, Hochtemperatur in situ-Indenter) und der Erweiterung der Synchrotron-basierten in situ-3D Laue Mikrobeugung, welche noch bis in das zweite Halbjahr 2021 dauern wird. Funktionsmaterialien von Interesse sind Batteriewerkstoffe, hier insbesondere Elektrodenmaterialien, sowie gedruckte Materialverbünde. Elektrodenmaterialien werden insbesondere bezüglich mechanischer Effekte untersucht. Die elektromechanischen Eigenschaften von gedruckten 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 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 in 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 Heliumclustern infolge der Bestrahlung, 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 Fügetechnologien (z.B. Verbindung zwischen Stahl und Wolfram).

In der Biomechanik werden biologische Strukturen erforscht und deren Gestaltungsprinzipien auf technische Bauteile übertragen. Graphische, ohne Computer arbeitende Methoden werden auf tribologische Beanspruchungen sowie auf Probleme der Strömungsmechanik angewendet.

IAM-WET Werkstoffe der Elektrotechnik

Das IAM-WET 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 Frau Prof. 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. Alle Gremien haben der Umbenennung des Instituts ab 01. Januar 2021 in IAM-ET Elektrochemische Technologien zugestimmt.

Im Programm EMR wurden 2020 die Arbeiten zur elektrochemischen Charakterisierung (Leistungsfähigkeit, Stabilität, Langzeitverhalten) von hochleistungsfähigen oxydischen Membranmaterialien für energieeffiziente Prozesse abgeschlossen. Eine Fortführung der EMR Aktivitäten erfolgt ab 2021 auf dem Gebiet der elektrokatalytischen CO₂-Reduktion in der AG Elektrokatalyse.

IAM-WK Werkstoffkunde

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 EMR 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 STN werden neuartige Materialien für verschiedene Verfahren des 3D-Drucks (Stereolithographie (SLA), Fused Deposition Modeling (FDM), InkJet-Printing) entwickelt. Weiterhin ist das IAM-WK aktiv im Helmholtz-Programm EMR, wo einerseits die Entwicklung neuartiger nanoskaliger ODS Eisenbasislegierungen vorangetrieben wird und andererseits im Rahmen eines DFG-Graduiertenkollegs neue Hochtemperaturverbundwerkstoffe untersucht werden. Des Weiteren werden im Rahmen des Programmes EMR 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

Herr Prof. Dr. mont Christoph Kirchlechner übernahm zum 07. Januar 2020 die Leitung des IAM-WBK. Diese erfolgte zuletzt kommissarisch durch Herrn Prof. Dr. Marc Kamlah.

Das IAM-WET wird seit dem 01. April 2020 von Frau Prof. Dr.-Ing. Ulrike Krewer geleitet. Frau Prof. Dr.-Ing. habil. Bronislava Gorr wurde zum 01. Oktober 2020 ans IAM-AWP berufen, sie ist dort gemeinsam mit Herrn Prof. Hans J. Seifert Mitglied des Direktoriums.

Aktuelle Berufungsverfahren

Im Berufungsverfahren für eine neue W3-Professur „Additiv hergestellte Bauteile und Mikrostrukturdesign“ (zunächst IAM-CMS) wurde die Berufsungsliste erstellt und ein Ruf an den Listenerstplatzierten ausgesprochen, mit einer Besetzung der Stelle wird Anfang 2021 gerechnet.

Im Rahmen des Exzellenzclusters POLiS (Energy Storage Beyond Lithium: New Concepts for a Sustainable Future) fand das Berufungsverfahren zur Besetzung einer W1-Professur für Grenzflächenprozesse (IAM-ESS) statt. Hier ist ebenfalls noch in 2020 ein Ruf erfolgt und es wird von einem baldigen Antritt der Stelle durch die ausgewählte Bewerberin ausgegangen.

Ein gemeinsames Verfahren zur Besetzung der W3-Professur für die Technologie der Verbundkeramiken (Nachfolge Prof. Koch) gemeinsam mit dem DLR wurde in die Wege geleitet, die (gemeinsamen) Sitzungen der beiden Berufungskommissionen werden ab Anfang 2021 stattfinden, so dass die Berufung gegebenenfalls Ende 2021 oder Anfang 2022 erfolgen könnte.

Dem Perspektivantrag für W3-Professur für Keramische Werkstoffe und Technologien (vorgezogenen Nachfolge von Herrn Prof. Hoffmann am IAM-KWT - mit einer Umbenennung der W3-Professur für Keramische Werkstoffe und Bauteile) wurde vom Präsidium des KIT Ende 2020 zugestimmt, der Start des Berufungsverfahrens ist für Anfang 2021 geplant.

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 (TCOFF) eingebunden. Ein Schwerpunkt der aktuellen und zukünftigen Kooperationen liegt auf dem Thema ATF (Accident Tolerant Fuel) Hüllrohre. Neben den schon genannten aktuellen Kooperationen ist hier ein weiteres langfristiges Projekt im Rahmen der OECD-NEA (QUENCH-ATF) mit maßgeblicher Beteiligung des IAM-AWP (als „operating agent“) in fortgeschrittenem Stand der Vorbereitung. Im BMWi-Projekt SPIZWURZ werden Untersuchungen zur Langzeit-Trockenlagerung von abgebrannten Brennstäben in Zusammenarbeit mit INE und der GRS durchgeführt.
- Das IAM-AWP ist aktuell an den EU-Projekten GEMMA, HELIOS, IL TROVATORE sowie PAM'2 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 Neutronenbestrahlungs- und Nachuntersuchungsprogrammen.
- Die Entwicklung der ECRH Upper Port Plugs für ITER erfolgt in internationaler Zusammenarbeit zwischen KIT (Gesamtkoordination, Strukturkomponenten), IPP (Physikaspekte und Koordination), CNR (IT), CRPP (CH) und FOM (NL). Der Beitrag des IAM-AWP an der ITER Entwicklung wird gestärkt durch das europäische 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 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 beteiligt sich seit Juni 2017 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-WBM 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.
- Die mehrjährige enge wissenschaftliche Kooperation zwischen dem IAM-AWP und dem Korea Institute for Science and Technology (KIST) auf dem Gebiet der Entwicklung von 3D Elektroden-Designs für Lithium-Ionen-Batterien führte zu einem regen und intensiven Wissensaustausch mit regelmäßigen Workshops. Die Kooperation wird vom BMBF gefördert (JR4LIB).
- 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, Changsha, der Xiangtan University und der Guilin University of Electronic Technology.
- 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.
- In Kooperation mit der chinesischen Akademie der Wissenschaften (ASIPP) in Hefei hat das IAM-AWP Komponenten für Sauerstoffkontrollsysteme für Flüssigmetallkreisläufe auf Bleibasis entwickelt und geliefert und führt Korrosionsuntersuchungen an Fusionsstählen durch.
- 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).
- Am IAM-ESS werden gemeinsam mit der Shanghai Jiao Tong University (SJTU) grundlegende Fragestellungen und neue Konzepte zu Feststoffbatterien im Rahmen eines von der DFG und dem NSFC geförderten Projekt ALD4SID untersucht.
- Das KIT war gemeinsam mit der Universität Ulm bei der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder mit einem gemeinsamen Cluster zum Thema „Energiespeicherung jenseits von Lithium“ erfolgreich. An diesem Cluster und dem Helmholtz-Exzellenznetzwerk „post-Lithium Batterien“ sind die IAM-Teilinstitute ESS, AWP, WBM und CMS beteiligt.
- 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. CELEST betreibt auch die Graduiertenschule „Electrochemical Energy Storage“ (GS-EES). Alle Teilinstitute des IAM sind an CELEST beteiligt.
- Das IAM ist mit mehreren Pls am Exzellenzcluster „3D Matter Made to Order (3MM2O)“ des KIT beteiligt.
- Im Kompetenzcluster „FestBatt“ fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Entwicklung von Feststoffbatterien. Das IAM ist dabei mit den Teilinstituten KWT, ESS, WET und CMS in der Materialplattform „Oxid/Phosphat Festelektrolyte“ sowie den Methodenplattformen „Charakterisierung“ und „Theorie/Daten“ vertreten.
- Im Kompetenzcluster „Analytik und Qualitätssicherung (AQua)“ fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Bereitstellung fertigungsbegleitender und fertigungsintegrierter Analyseverfahren für eine nachhaltige und kostengünstige Batterie-zellfertigung in Deutschland. Das IAM ist dabei mit den Teilinstituten ESS, WET, 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-WET analysiert in den vom BMBF geförderten internationalen Kooperationsprojekten „CatSE“ und „InCa“ zusammen mit amerikanischen bzw. japanischen Universitäten und Forschungseinrichtungen die elektrochemischen Prozesse in verschiedenen Festkörperrbatterietypen.
- Materialfragen und Bauteilaspekte für Redox-Flow Batterien werden am IAM-ESS in zwei vom BMWi geförderten Konsortien (DEGRABAT und HiCo-BiPEC) und einem vom BMBF unterstützten Verbund (FLOW3DKAT) bearbeitet.
- Das IAM-ESS ist am DFG-Sonderforschungsbereich 1176 „Molekulare Strukturierung weicher Materie“ mit dem Teilprojekt B2 „Sequenzkontrolliertes Wachstum von vernetzten Polymerschichten auf Oberflächen“ beteiligt.
- Frau Dr. Julia Maibach vom IAM-ESS bearbeitet mit ihrer Nachwuchsgruppe „InSElde“ im Rahmen des BMBF Programms „NanoMat-Futur“, das Grenzflächendesign für elektrochemische Energiespeicher.

- Die Teilinstitute IAM-ESS und IAM-WBM arbeiten im BMWi-Verbundvorhaben Werkstoffentwicklung hierarchisch strukturierter Kompositmaterialien für elektrochemische Energiespeicher (HiKoMat) zusammen.
- 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".
- Gemeinsam mit der Shanghai Jiao Tong University erforscht das IAM-ESS im Rahmen des DFG Projekts „ALD4SID“ die Erhöhung ionischer Leitfähigkeiten in mittels Atomlagenabscheidung (ALD) hergestellten Heteroschichtstrukturen für ionische Bauteile.
- Das IAM-AWP ist in 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“, „Experimentelle Untersuchungen und thermodynamische Modellierung von LNMO Hoch-Volt-Spinell-Kathoden für LIBs“ und „Lithiierte metallische Anoden ($\text{Li}_x\text{Sn}_{1-x}$) mit einer internen flüssigen Ga-reichen Matrix für wieder aufladbare Li-Ionen Batterien“ 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 ist in 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. Das Institut kooperiert ebenso mit verschiedenen mittelständischen Firmen bei der Entwicklung innovativer Schutz- und Funktionsschichten sowie neuartiger Quellen und Regeltechnologien für kosten- und energieeffiziente industrielle Vakuumprozesse, beispielsweise mit Mikrowellenanregung. Mitarbeiter der Abteilung Stoffverbunde und Dünnschichten sind in wesentlichen Funktionen in nationale und internationale Gremien und Verbände eingebunden (z.B. Prof. Ulrich, Präsident der Deutschen Vakuum-Gesellschaft DVG e.V.).
- 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.
- Das IAM-ESS ist an der Großinvestition Helmholtz Energy Materials Foundry beteiligt.
- 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 Forschungsgruppe (FOR 3010) an multifunktionalen, grobkörnigen, refraktären Verbundwerkstoffen und Werkstoffverbunden für großvolumige Schlüsselbauteile in Hochtemperaturprozessen.
- Das IAM-WET entwickelt im Projekt Mikal innerhalb des ProZell-Clusters tomographische Verfahren und setzt diese zur 3D Mikrostrukturerekonstruktion von Lithium-Ionen Batterieelektroden ein.
- In den Projekten „Betriebsgrenzen Schnellladen“ (AIF), LibForSecUse (EU) und OSLIB (BMBF Kompetenzcluster „Batterienutzungskonzepte“) entwickelt das IAM-WET Diagnoseverfahren auf Basis der Nichtlinearen Frequenzganganalyse (NFRA).
- In den BMWi-Projekten KerSOLife100 und KOSOS analysiert das IAM-WET Hochtemperatur-Festelektrolytzellen der Partner Bosch, Sunfire und Kerafol für den Einsatz in Brennstoffzellen- und Elektrolyseanwendungen.
- Im BMWi-Projekt ProStrom erprobt das IAM-WET neue Stackdesigns für Niedertemperatur-Brennstoffzellen (PEMFC) in automotiven Anwendungen.
- In dem vom BMBF geförderten internationalen Kooperationsprojekt „Lillint“ untersucht das IAM-WET gemeinsam mit deutschen und amerikanischen Forschungseinrichtungen die SEI-Bildung an Li-Metall Anoden.
- In dem vom BMWi geförderten Forschungsprojekt „BaSiS“ untersucht das IAM-WET die Möglichkeit eines Multiskalen Simulationsansatzes zur Sicherheitsprädiktion von Lithium-Ionen-Batterien.
- In dem DFG Schwerpunktprogramm SPP 2080 untersucht das IAM-WET gemeinsam mit dem ITCP (Prof. Dr. Jan-Dierk Grunwaldt) und HIERN (S. Cherevko) die Struktur-Performance-Beziehungen von Ir-Ru-Elektroden für die Sauerstoffentwicklungsreaktion (OER) bei der Wasserelektrolyse unter dynamischen Betriebsbedingungen.
- In der DFG-Forschergruppe 2397 befasst sich das IAM-WET 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 NFD4Ing.
- Das IAM-CMS kooperiert mit Prof. Dr. Thomas Kohl im Topic „Geothermische Energiesysteme“ mit den Clusteraktivitäten „Reservoir, Thermalwasserkreislauf, Materialien und Geoprozesse, Kraftwerksbetrieb“, Prof. Dr. C. Hilgers/KIT, Prof. Dr. V. Hagenmeyer über Themen im Programm EE, Prof. Dr. J. Urai/RWTH Aachen, Prof. Dr. Rob Lander, Durango, Colorado 81301, USA
- Das IAM-CMS ist mit zwei Dissertationsprojekten am Internationalen Graduiertenkolleg der Deutschen Forschungsgemeinschaft IRTG gemeinsam mit kanadischen Partneruniversitäten zum Thema „Integrated engineering of continuous-discontinuous long fiber reinforced polymer structures“ beteiligt.
- In Kooperation mehrerer Teilinstitute (IAM-CMS, IAM-KWT, IAM-WBM, IAM-WK) und unter Federführung von Prof. Dr. Britta Nestler wird in einer zweiten Förderphase mit insgesamt 12 Doktorandinnen und Doktoranden das vom MWK geförderte kooperative Promotionskolleg zum Thema „Gefügestrukturanalyse und Prozessbewertung“ durchgeführt.

- Das IAM-WBM (2 Promotionsstellen) und das IAM-WET (2 Promotionsstellen) sind beteiligt an dem im November 2016 bewilligten DFG-Graduiertenkolleg 2218 SiMET (Simulation mechanisch-elektrisch-thermischer Vorgänge in Lithium-Ionen-Batterien). Starttermin war der 01. 04. 2017. Sprecher ist Prof. Thomas Wetzel (TVT). Das Kolleg umfasst 12 Promotionsstellen und 2 Postdoktorandenstellen.
- Das IAM-WK ist in 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. Martin Heilmaier am Graduiertenkolleg 2561 (Materials Compounds from Composite Materials) beteiligt, das im November 2019 von der DFG bewilligt wurde. Starttermin ist der 01.04.2020. Weiterhin beteiligt sind Forscher der TU Darmstadt sowie des DFI Frankfurt. Das Kolleg umfasst 12 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 Computersimulationen von nanoskaligen Materialien (comppnano)“ beteiligt.
- 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. 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.
- IAM-CMS: Kooperatives Promotionskolleg des MWK „Gefügeanalyse und Prozessbewertung“, Verbundprojekt: ZAFG: „InSeL – Innovative Schaumstrukturen für den effizienten Leichtbau“, Kooperationen mit Prof. Dr. Kalidindi, Georgia Tech, USA, Prof. Dr. N. Jost, Hochschule Pforzheim, R. H. Wolf BTE I&V GmbH & CoKG, Dr. A. Kneer, TinniT GmbH, Prof. M. Hoffmann, IAM-KWT, Dr. J. Ivanisenko, INT, Prof. Dr. K. Ankit, Arizona State University, USA, Prof. Dr. B. Klusemann, Universität Lüneburg

A.1.4.3.3 Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik (IHM)

Leitende Personen

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. John Jelonnek

Kurzdarstellung

Das 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 2020 war das

Institut in insgesamt vier Helmholtz-Programmen eingebunden: EE, FUSION, NUSAFE und EMR.

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, auf dem Gebiet der konzentrierten Solarthermie, Hochtemperaturspeichern, Flüssigmetallbatterie und Methanreformierung.

In 2020 erfolgte in Zusammenarbeit mit einem industriellen Anlagenbauer der Aufbau einer 30 kV, 0.6 kA Demonstrations-Anlage mit 40 kW Nennleistung zur Abtötung unerwünschter Bakterien in wässrigen Medien der Elektrotauchlackierung. Die Anlage ist für den Bypass-Betrieb an Tauchbecken vorgesehen. Es konnte gezeigt werden, dass im Bypass-Betrieb der Elektroimpulsbehandlung an Tauchbecken eine Inaktivierungsrate von zwei Log-Stufen ausreicht um die Bakterienkonzentration stagnierend zu halten bzw. zu reduzieren. Erste Vorversuche zur Übertragbarkeit des an Mikroalgen entwickelten PEF-gestützten Lipidextraktionsprozess auf alternative mikrobielle Biomassen (oleogene Hefen) zeigen vergleichbar hohe Lipidausbeuten. Nahezu 100 % der Hefeöle konnten nach mit PEF-Vorbehandlung gewonnen werden, während die Ausbeute ohne Vorbehandlung bei weniger als 30 % lag. Die laufenden Arbeiten zur Werkstoffentwicklung und -charakterisierung mit dem Ziel deren Kompatibilität mit den Flüssigmetallen Pb, PbBi, Zn und Na zu verbessern wurden vorangetrieben. Aluminiumoxidbildende austenitische Stähle (AFA) und Hochentropiematerialien wurden für die Verwendung in flüssigem Blei und Hochtemperaturdampf optimiert. Zusätzlich wurde deren Anwendbarkeit für Solarsalze bestätigt. Im Rahmen des Drittmittelprojektes DECAGAS, zur CO₂-freien Wasserstoffherzeugung aus Methan in flüssigen Metallen, konnte die Eignung keramischer Materialien für den Einsatz in Zn bis 1000 °C bestätigt werden. (Programm RE).

Eine zur Optimierung des GESA-Prozesses neuartige LIF-Dip Diagnostik, die zur präzisen Messung des elektrischen Feldes und der simultanen Ermittlung der qualitativen Feldverteilung in Plasmen eingesetzt werden kann, wurde entwickelt. Die neue Messtechnik erlaubt in einem Messschritt die vollständige eindimensionale Verteilung des elektrischen Feldes über einen Bereich von einigen cm. Die Entwicklung korrosionsbeständiger Materialien für schwermetallgekühlte Systeme (flüssiges Pb, oder PbBi) wurden fortgesetzt. Fünf Al-Cr-Fe-Ni Hochentropielegierungen (HEA) mit dominierender FCC Phase wurden unter Verwendung thermodynamischer Designregeln hergestellt. Die Korrosionsuntersuchungen bis 600 °C in flüssigem Blei demonstrieren ihre vielversprechende Korrosionsbeständigkeit durch die Bildung von stabilen (Fe,Cr)₃O₄/Al₂O₃ bzw. Cr₂O₃/Al₂O₃ Doppelschichten (Programm NUSAFE)

Abteilung für Hochleistungsmikrowellentechnik

Die Abteilung für Hochleistungsmikrowellentechnik befasst sich vorwiegend mit der Entwicklung von Mikrowellenquellen (Gyrotrons) für die Kernfusion und mit der rationellen Umwandlung und Nutzung von Mikrowellen in industriellen Anwendungen und der Forschung. Im Rahmen der Gyrotronentwicklung werden schwerpunktmäßig drei große Plasmaexperimente unterstützt: W7-X, ITER und DEMO. Aufgrund der ausgesprochen erfolgreichen ersten Experimentierphasen von W7-X wurde seitens des IPP beschlossen, langfristig die verfügbare Mikrowellenleistung von derzeit 10 MW auf bis zu 18 MW zu erhöhen. Am IHM wurde dazu ein konventionelles 1,5 MW Gyrotron entwickelt und eine Kurzpulsversion dieser Röhre ge-

baut. Parallel dazu wurde von IPP ein industrielles CW (1800 s) Gyrotron, das auf dem Design der Kurzpuls-Vorprototypen basiert, bestellt. In Experimenten mit dem Kurzpuls-Vorprototypen am IHM konnte gezeigt werden, dass die Performanz der Röhre den Erwartungen entspricht und das Design eine sehr gute Grundlage für das industrielle Gyrotron darstellt.

Im Rahmen des europäischen Konsortiums (EGYC) und gefördert durch „Fusion for Energy“ (F4E) ist das KIT maßgeblich in die Entwicklung des europäischen 1 MW Gyrotrons für ITER eingebunden. In 2020 wurde die verbesserte Version des ersten industriellen Prototyps am IHM getestet. Dabei wurde eine HF Ausgangsleistung von 900 – 950 kW für 180 s Pulslänge und ca. 500 kW für 26 min Pulslänge erreicht (Pulslängenbegrenzung durch Hochspannungsanlage).

Innerhalb des Projekts EUROfusion (Horizon2020) arbeitet das IHM an fortschrittlichen Gyrotrons für ein zukünftiges europäisches Demonstrationskraftwerk (DEMO). Wesentliche Fortschritte wurden in der Weiterentwicklung der europäischen coaxialen Technologie für Multi-Megawatt Gyrotrons und innovativer Konzepte zur Erhöhung der Energieeffizienz mittels mehrstufiger Kollektoren erzielt. Ein weltweit erstes Konzept für einen mehrstufigen Kollektor wurde weiterentwickelt und befindet sich in der Realisierung. Der Aufbau des neuen Gyrotronteststands, FULGOR (Fusion Long-Pulse Gyrotron Laboratory), wurde in 2020 weiter vorangetrieben. Die Fertigung der letzten großen Komponente, der supraleitende Magnet (Firma TESLA, GB), ist sehr weit fortgeschritten.

Neben den Arbeiten im HGF Programm FUSION beschäftigt sich das IHM intensiv mit der Entwicklung von energieeffizienten, industrierelevanten Mikrowellenprozessen und Systemen im Rahmen des HGF Programms EMR, diverser öffentlich geförderter Verbundprojekte und bilateraler Industrieprojekte. Die in dem ZIM-Projekt mit der Fa. HBH Microwaves entwickelten, halbleiterbasierten Hochleistungsmikrowellenquellen konnten erstmals in einem weiteren ZIM- Projekt erfolgreich für die mikrowellenunterstützte Pultrusion von Endlosprofilen aus Kohlefaserverstärkten Kunststoffen eingesetzt werden. In einem speziell dazu entwickelten Werkzeug konnte erstmals die taktgesteuerte Aushärtung solcher Profile demonstriert werden, was völlig neue Möglichkeiten im Leichtbau erlaubt.

Die ersten wissenschaftlichen Ergebnisse zur Aufspaltung von CO₂ mit Mikrowellenunterstützten Plasmen, die dank der genannten Halbleiterquelle erstmals den Nachweis von Nichtgleichgewichtszuständen auch bei atmosphärischem Druck ermöglichten, konnten in der renommierten Zeitschrift ACE Energy Letters veröffentlicht werden.

Im dem durch das KIT koordinierte Verbundprojekt e-KOMFORT (Finanzierung über das 6. Energierahmenprogramm) wurde eine Pilotanlage zum mikrowellenunterstützten thermisch-selektiven Verkleben von technischen Textilien mit Formkörpern mittlerweile fertiggestellt und steht für die weitere Prozessentwicklung und -Validierung zur Verfügung.

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 entwickelt für die Bestimmung der Feuchteverteilung in Kunststoffschäumen.

Strategische Ereignisse

- Beteiligung an KIT-Future-Fields Investitionsvorhaben “Technologies for compact accelerator systems in medicine and industry”. Damit sollen die wissenschaftlichen Arbeiten für die Hochleistungsimpulstechnik zu Beschleunigertechnologien weiter ausgebaut werden.
- Bau und Test des 1,5 MW Kurzpuls Gyrotrons am IHM

- Beschaffung eines industriellen 1,5 MW Gyrotron für Dauerbetrieb durch das IPP und anschließende Tests am IHM
- Erfolgreiche Tests des verbesserten ITER Gyrotrons am IHM im Rahmen von F4E Grant GRT-553
- IHM Beteiligung am EUROfusion Arbeitspaket Stellarator (WPS1) mit den Themen: 1,5 MW Gyrotron Entwicklung und Vorbereitung ECRH in OP2 durch kollektive Thomson Streuung
- Bewerbung um EUROfusion Enabling Research Grants am KIT (mit Beteiligung von NKUA, Athen)
- Beteiligung an der 'Accelerator Technology Platform' (ATP) des KIT. Erste Kooperationsvertrag mit CERN vereinbart. Damit sollen die wissenschaftlichen Arbeiten der Hochleistungsimpulstechnik auch auf Beschleunigertechnologien weiterentwickelt werden.

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 Person

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 zunehmend die erneuerbaren Energien im Vordergrund stehen. Die fachlichen Schwerpunkte liegen auf der Analyse und Beschreibung komplexer thermohydraulischer Transportvorgänge in Gasen, Flüssigkeiten und Feststoffen, incl. chemischer Reaktionen. Gleichzeitig werden aber auch für das Programm NUSAFE Arbeiten zur nuklearen Sicherheitsforschung durchgeführt. 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

Auslegungsstörfälle für Leichtwasserreaktoren und innovative Konzepte in der Reaktorsicherheit, Auslegungsüberschreitende Störfälle, insbesondere Kernschmelz- und Containmentanalysen sowie Notfallschutzmanagement.

Programm EE

Flüssigmetalle als Hochtemperaturwärmeträgermedien (CSP), Effiziente Nutzung geothermischer Energie und Modulare Niedertemperaturanlage für die Geothermie.

Programm SCI

Systemlösungen mit Wasserstoff als Energiespeicher.

Programm FUSION

Kernfusions-Technologie, Entwicklung von Fusionsreaktor-Blankets und MHD-Strömungen.

Das Institut unterhält zahlreiche wissenschaftliche Kontakte mit nationalen und internationalen Forschungseinrichtungen. Traditionell besteht eine enge Zusammenarbeit mit Universitäten und eine fruchtbare Wechselwirkung 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, zur Zeit ist die Institutsleitung kommissarisch besetzt. Mit Blick auf die Neubesetzung der Institutsleitung ist eine Berufungskommission eingesetzt. Entsprechend dem aktuellen Struktur- und Entwicklungsplan soll am ITES ferner eine W3-Professur Fluidodynamische Systeme, sowie eine W3-Professur Sicherheit kritischer Infrastrukturen und Systeme eingerichtet werden. Beide Professuren werden allerdings erst nach dem Ausscheiden der jeweiligen Gruppenleiter angegangen werden.

Längerfristige Kooperationen

In der Reaktorsicherheitsforschung

- EU-Projekt IVMR zur Außenkühlung einer Kernschmelze innerhalb eines Reaktors
- EU-Projekt FASTNET zur schnellen Vorhersage von Unfallabläufen und –folgen
- EU-Projekt ESFR-SMART zur Verbesserung der Sicherheitseigenschaften von natriumgekühlten Reaktoren
- Kooperation mit SCK-CEN zur Beurteilung der Sicherheit der geplanten Blei-Wismut gekühlten Anlage MYRRHA
- Kooperation innerhalb von OECD-NEA und IAEA Projekten zu flüssigmetallgekühlten Reaktoren für die Transmutation
- EU-Projekt CONCERT zur Verbesserung der Entscheidungsunterstützung bei kern-technischen Unfällen durch die Berücksichtigung von Unsicherheiten
- 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

In der Flüssigmetallforschung

- Projekt DESI NADINE zur Wärmespeicherung in Flüssigmetallen
- EU-Projekt SESAME zur Thermohydraulik und Sicherheit flüssigmetallgekühlter nuklearer Systeme
- EU-Projekt MYRTE zur Untersuchung der Ausbildung von Blockaden in Stabbündeln für flüssigmetallgekühlte nukleare Systeme
- Magnetohydrodynamische Untersuchungen im Rahmen von Projekten für ITER, F4E, EUROfusion.
- Projekt DECAGAS zu Decarbonisation of natural gas in liquid metal

In der Wasserstoffforschung

- Koordination des EU-Projekts NET-Tools zur Ausbildung in Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien.
- Koordination des neuen EU-Projekts PRESLHY zu Sicherheitstechnologien von flüssigem Wasserstoff.
- Beteiligung am EU-Projekt TEACHY zur Koordinierung von Studiengängen zu Wasserstofftechnologien.
- Kooperation mit Instituto Tecnico Buenos Aires zur alkalischen Hochdruckelektrolyse

In der Geothermieforschung

- Projekt EvA-M, Evaluierung von Ausfällungsinhibitoren im Molassebecken
- Projekt NECOC, BMWI-Verbundprojekt zur Schaffung negativer Emissionen durch Auftrennung von atmosphärischen CO₂ in wirtschaftlich verwertbares Carbon Black und O₂; Teilvorhaben: Methanpyrolyse

In der Mobilitätsforschung

- Projekt NAMOSYN – Nachhaltige Mobilität durch synthetische Kraftstoffe.

A.1.4.3.5 Mikrostrukturtechnik (IMT)

Leitende Personen

Institutsleiter: Prof. Dr. Jan G. Korvink

Kurzdarstellung

Das IMT beteiligte sich im Jahr 2020 an den Programmen STN (ca. 50 % des grundfinanzierten Personals) und BIFTM (ca. 20 %) und der LK-II Einrichtung KNMF (ca. 30 %). 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 breit gefächertes Portfolio insbesondere an lithographischen 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 Kernspinanalysen (NMR) sowie topographische Oberflächenanalysen mittels Rasterkraftmikroskopie heraus. Die beschriebenen Arbeiten fundieren auf theoretischen und durch Simulationen beschriebenen Designstudien und Designoptimierungen. Die technische Infrastruktur des Institutes und das Know-how seiner Mitarbeiter/innen stehen im Rahmen der High-Tech-Plattform KNMF 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).

Eine wichtige Stellung bei den Mikrosystemen nehmen mikrofluidische (Bio-)Sensorsysteme ein. Die dielektrische Detektion im zweiphasigen Strömungskanal konnte durch die Integration von halbrunden Elektroden verbessert werden. Die schräge Ausrichtung der elektrischen Felder quer zur Strömungsrichtung führen zum Gewinn der Sensitivität. In zwei ZIM-Projekten wurden gemeinsam mit Firmen anwendungsnahe Entwicklungen vorangetrieben. Für resorbierbare Biostents wurde für künftige Designs deren Geometrien in Simulation und experimentell systematisch bewertet. Für Hybridabutments, wurden Kunststoffmikropartikel in den Dentalkompositklebstoff integriert, um in Verbindung mit Mikro-Oberflächenmodifikationen die Verbindungsfestigkeit zu steigern. Weitere wesentliche Beiträge im Programm BIFTM waren zum einen die Herstellung von hochdichten Peptidarrays, die extrem miniaturisierte Synthese von zigtausenden Fluorophoren und die Fertigung von zigtausenden nanoskaligen Materialstapeln für Brennstoffzellen, welche mit einem weitgehend automatisierten neuartigen nano3D-Drucker in großen Stückzahlen schnell hergestellt werden können. Zum anderen konnte das Rätsel über den Ursprung des genetischen Standardcodes (SGC) durch die Entdeckung dessen Fusionsregeln gelöst werden. Mit der Ausgründung der AXELERA UG wurde ein Helmholtz Enterprise Innovationsprojektes erfolgreich abgeschlossen.

Die Strukturen der Schuppen des weißen Käfer *Cyphochilus insulanus* dienen als Vorbild für künstlich herstellbare weiße Oberflächen. Mit einem neuartigen Verfahren lassen sich dünne, weiße Polymeroberflächen auch ohne Weißpigmente wie z.B. TiO_2 herstellen. Dabei wird das Polymer mit winzig kleinen Nanobläschen strukturiert. Foliendicken von einigen 10 μm reichen aus, um das Licht sehr effektiv zu streuen und damit die Oberfläche nahezu perfekt weiß erscheinen zu lassen. In der Biomimetik gelang auch die großflächige Replikation (auch durch roll-to-roll) von polymerer Strukturen nach dem Vorbild von Rosenblättern. Mit diesen lässt sich die optische Effizienz von Solarzellen erhöhen und sie tragen zur Selbstreinigung der Oberflächen bei.

Für die Herstellung einer optischen Faserkopplung für die Datenübertragung wurde eine Prozesskette aus 2-Photonen-Lithographie und der Replikation in Formgedächtnispolymere entwickelt. Damit lassen sich komplexe Strukturen jetzt auch in Thermoplaste replizieren. LIGA – Formeinsätze können inzwischen durch partielle Resistmetallisierung bis zu 1,8 mm Tiefe strukturiert werden.

Ein wichtiger Aspekt auf dem Gebiet der Materialwissenschaften ist die Entwicklung neuartiger Materialien mit On-Demand-Eigenschaften. Eine interessante Klasse von Materialien ist die Klasse der Metall / Kohlenstoff-Verbundwerkstoffe, die aufgrund ihrer einzigartigen Eigenschaften wie hoher elektrischer Leitfähigkeit, hoher Verschleißfestigkeit und einstellbarer elektrochemischer Eigenschaften interessant sind. Für Low-Cost-Anwendungen hat das IMT die Synthese eines Kupfer / Kohlenstoff-Verbundmaterials unter Verwendung einer durch Metallionen vermittelten galvanischen Abscheidung von Chitosan und anschließender Carbonisierung in einer inerten Atmosphäre vorgeschlagen. Unter Ausnutzung der hervorragenden biokatalytischen Eigenschaften von Cu wurde so die amperometrischen Biosensorfähigkeiten des synthetisierten Cu / Kohlenstoff-Verbundwerkstoffs weiter demonstriert.

Das am IMT koordinierte DFG-Schwerpunktprogramm KOMMMA verfolgt Untersuchungsmethoden und Herstellungsverfahren für kooperative mehrstufige multistabile Mikroaktorsysteme. Im Projekt „Re-programmable Matter“ werden planare Mikrostrukturen entwickelt, die reversibel in eine zuvor programmierte 3D-Gestalt überführt werden können. Erste Ergebnisse zeigen, dass mit Formgedächtnis-Biegeaktoren selbstfaltende Mikrostrukturen mit einem Biegeradius bis zu 180° realisierbar sind. Thermomagnetische Mikrogeneratoren auf der Basis einer Dünnschicht der Heusler-Legierung Ni-Mn-Ga können Abwärme bei kleinen Temperaturunterschieden in Strom zu wandeln. Die elektrische Leistung konnte im Verhältnis zur Grundfläche um den Faktor 3,4 gesteigert werden.

Zur Verminderung des thermischen Rauschens verschiedener Sensoren wurden die theoretischen Grundlagen für einen Mikro-Pulsrohrkühler ermittelt, um auf diese Weise Simulationen und Modellierungen solcher Kühlsysteme durchführen zu können. Zum ersten Mal ist es gelungen rein simulativ mit Hilfe eines parameter-reduzierten Lösungsansatz sowohl die optimale Arbeitsfrequenz als auch das optimale Design für die Wärmetauscher am heißen bzw. kalten Ende eines solchen Kühlers zu ermitteln und damit die Bauteile zu optimieren und deren Betriebsverhalten vorherzusagen.

Optische Elemente im Nano- und Mikrobereich werden am IMT für unterschiedlichste Wellenlängen und für verschiedenste Zwecke wie Materialforschung, Bilderzeugung und Datenübertragung entwickelt. Im Hinblick auf die additive Nanofabrikation funktionaler Bauelemente mit Hilfe von Mehrphotonenlithographie wurden sowohl mit optischen Wellenleitern als auch mit Mikrolinsen wesentliche Resultate erzielt. Es konnte die hybride Anbindung von Indiumphosphidlasern an Modulatoren auf Siliziumchips mittels photonischer Wirebonds zur Erzeugung von Gesamtdatenraten von bis zu 732.7 Gbit/s durch einen einzigen integrierten Acht-Kanal-Transmitter realisiert werden. Mittels der hybriden Aufbau- und Verbindungstechnik konnten 3D-gedruckte Mikrolinsen auf siliziumphotonischen Chips integriert werden.

Erstmalig konnten mit solchen Mikrolinsen passive Assemblierungsverfahren über Koppelstrecken von bis zu 3 mm demonstriert werden.

Die ersten refraktiven Röntgenlinsen aus Wasser, das durch spezielle Düsen gepresst wird, sind realisiert. Am IMT entwickelte refraktive Röntgenlinsen aus Polymer können damit als weltweit einzige in den kommenden Experimenten zur von A. Einstein vorhergesagten Vakuumpolarisation am XFEL in Hamburg eingesetzt werden. Mithilfe der Phasenkontrastbildung konnte im Rahmen einer klinischen Studie erstmals gezeigt werden, dass Lungenerkrankungen wie Emphysem bei COPD-Patienten bereits in einem Frühstadium erkannt und quantifiziert werden können. Für die Korrelative Röntgenbildgebung, die in der PoF IV eine wesentliche Rolle spielen wird, wurden erste Arbeiten an maßgeschneiderten Photoresists, optischen Elementen und Charakterisierungsmethoden für zeitaufgelöste Multikontrasteinzelaufnahmen durchgeführt. Der Nachweis, dass Shack-Hartmann-Wellenfrontsensoren auf Basis von 2D-refraktiven Linsenarrays für die supraauflösende Multikontrast-Röntgenbildgebung geeignet sind, konnte an KARA erbracht werden.

Ein Hauptaugenmerk für zukünftige NMR-Aktivitäten liegt in der Verbesserung der Experimentkorrelation und des Probandendurchsatzes. Um mehr Informationen aus einem NMR-Experiment zu extrahieren wurden neue NMR- und MRI-Pulssequenzen entworfen. Darüber hinaus wurden neue Methoden entwickelt, die eine bewegungsartefaktfreie MRT auf der Grundlage von Bewegungsvorhersagen ermöglichen. Auf der Seite der Hardwareentwicklung konnte der erste Prototyp eines 2-Kanal-NMR / MRI-Spulenarrays mit vollständig integrierten Shimming-Systemen 1. und 2. Ordnung wurde erfolgreich in einem 1T-Magneten getestet. Diese Ergebnisse ebnen den Weg zum parallelen NMR in hohen Magnetfeldern. Für die Magnetresonanztomographie konnte ein neues MR Sensordesigns für Katheter entwickelt werden, welches eine deutlich reduzierte Signalschwankung bezogen auf die Katheterausrichtung im Magnetfeld ermöglicht. Eine Lösung, wie die für MR Messungen notwendigen elektrischen Anpassungen automatisch erfolgen können, wurde mit einem Arduino-basierenden Tuning- und Matching-System entwickelt. Durch die Automatisierung eines mikrofluidischen Messsystems für NMR konnte die realistische Messzeit für 100 Proben um eine Größenordnung verringert werden (Stunden statt Tage). Die Analyse von Mikrofluiden mit NMR verspricht ein großes Anwendungspotenzial. Probleme bereitet allerdings die Wechselwirkung leitender Funktionselemente mit dem magnetischen Feld. So verursachen Metallelektroden für elektrochemische Prozesse insbesondere im Mikromaßstab einen starken NMR-Spektral- und SNR-Abbau. Zur Untersuchung dieser Wechselwirkungen, wurde eine Kombination aus Simulation und experimenteller Validierung entwickelt, um die optimale Geometrie zu identifizieren, die hinsichtlich der NMR-Spektralparameter genauso gut funktioniert wie für den Fall, dass keine Elektroden vorhanden sind. Der experimentelle Nachweis wurde durch die NMR-In-situ-Charakterisierung der galvanischen Abscheidung von Chitosan erbracht. Ebenso wurde die biofunktionelle Aktivität von Enzymen, die in dem resultierenden Hydrogel immobilisiert sind, demonstriert.

Die Abteilung FuE4 "Nanophotonics for Energy" beschäftigt sich im Wesentlichen mit der Materialentwicklung zur Energieerzeugung durch Solarzellen, aber auch mit lumineszenten Materialien auch für neuartige Anwendungen. Das Forschungsfeld „Perowskit Photovoltaik“ wuchs auch 2020 weiter an und konnte herausragende Forschungsergebnisse zu neuen Perowskiten mit niedrigen Bandlücken zur Anwendung in Perowskit/Perowskit-Tandemsolarzellen und hocheffizienter Perowskit-Top-Solarzellen für Perowskit/Si- und Perowskit/CIGS-Tandemsolarzellen erzielen. Zudem wurde die am KIT entwickelte Simulationsplattform zur Berechnung des Energieertrags neuer Perowskit-Tandemsolarzellen unter realen Bedingungen weiterentwickelt und erfolgreich für die Analyse von 3-Terminal Perowskit/Si-Tandemsolarzellen eingesetzt sowie von bifazialen Tandemsolarzellen. Im

Rahmen von zwei, im Jahr 2020 eingeworbenen, großen Förderprojekten aus EU bzw. BMWi-Mitteln soll an den verbleibenden technologischen Herausforderungen der Perowskit-Tandemsolarzellen weiter geforscht werden und in enger Zusammenarbeit mit den Industriepartnern sowie europäischen Forschungspartnern neue Lösungsansätze und Innovationen entwickelt werden.

Von grundlegender Bedeutung bei der Untersuchung von lumineszierenden Nanokristallen ist der Erfolg, dass erstmals die Charakterisierung der Kationenvermischung in Kern-Schale-Upconversion-Nanopartikeln mit einer Auflösung bis auf atomare Skala gelang. Als mögliche Anwendung wurde der Einsatz von Lanthanid-dotierten Fluorid-Nanopartikeln als biomedizinische Sonden für die gleichzeitige Radioimmuntherapie und Bildgebung im zweiten Nahinfrarotfenster untersucht. Ein Highlight bei der Leuchtstoffentwicklung war ein Material, dessen persistente Lumineszenz die Bestimmung seiner Lebensdauer durch Smartphone-Videoanalyse ermöglicht. Die temperaturabhängige persistente Lebensdauer dieses Leuchtstoffs ermöglicht es, ein Standard-Smartphone-Video in ein Wärmebild zu übersetzen. Eine Einsatzmöglichkeit von lumineszierenden Markern bietet sich für das Kunststoffrecycling an. Ein weiteres Forschungsthema ist die Entwicklung einer neuen Generation von photokatalytischen Membranen zur lichtgesteuerten Entfernung von in Wasser gelösten Gefahrenhormonen.

Am IMT waren am 31. Dezember 2020 insgesamt 150 Mitarbeiter/innen beschäftigt, davon 72 einnahme- bzw. sonderfinanzierte Mitarbeiter/innen, 51 Doktoranden/innen des IMT. Hinzukommen (ohne einen Arbeitsvertrag am KIT) sieben Promovierende mit einem Stipendium ihres Herkunftslandes oder einem DAAD-Stipendium. Des Weiteren sind am IMT acht Mitarbeitende beschäftigt, die über den Universitätsbereich finanziert sind; hiervon ist nur noch einer einnahmefinanziert. Es besuchten drei Gastwissenschaftler/innen das IMT. Im Jahr 2020 wurden 14 Doktorprüfungen abgelegt und 30 Studierende schlossen ihre Master- oder Bachelorarbeit am IMT ab. Es wurden 8 Praktikumsarbeiten am IMT durchgeführt.

Strategische Ereignisse

Mit dem Berichtsjahr endet die Mitarbeit in den Programmen BIFTM und STN. Neben dem Abschluss vieler Projekte, deren Erfolg sich auch in der hervorragenden Bewertung der Anträge für die PoF IV widerspiegelte, wurden in der Forschung auch schon die Weichen auf die ab 2021 beginnende Mitarbeit in den Programmen MTET (Energie) sowie NACIP und MSE (beide Information) gestellt. Mit Sondermitteln aus BIFTM und STN wurden Vorarbeiten für den Aufbau erster Experimente für korrelative Materialuntersuchungen geleistet. Mit der Mitarbeit im Projekt VirtMat demonstriert das IMT seine Kompetenz bei der Entwicklung neuer Materialien am Reißbrett. Verstärkt wurden die Arbeiten auf dem Gebiet der Photovoltaik auf die Zielsetzungen des Programm MTET ausgerichtet.

Über die Integrationsmaßnahmen im Rahmen der PoF III konnte im vergangenen Jahr eine Arbeitsgruppe des Heidelberger Innovationlab ans IMT angebunden werden. Diese stärkt darüber hinaus auch die IMT-Arbeiten im Rahmen des gemeinsamen Exzellenzclusters 3DMM2O.

Der stetige Erfolg der Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Next Generation Photovoltaics“ wurde zum Anlass genommen ein Tenure Track Verfahren anzustoßen, um die langfristige Verankerung dieser Gruppe am IMT nachhaltig zu sichern.

Die große Bedeutung der Kernspinresonanzforschung für die Zukunft des IMT lässt sich an drei wichtigen Ereignissen festmachen:

Die Bauarbeiten für den Aufbau des Hochdurchsatz-NMR Labors (HiT-NMR), das durch eine Investition von 5,1 Mio. Euro aus Mitteln des KIT ermöglicht wurde, starteten im Herbst.

Die erfolgreiche Einwerbung eines ERC Synergy Grants von Prof. Dr. Jan G. Korvink (3,5 Mio Euro für sechs Jahre) ermöglichen dem IMT Forschung über die in der HGF-Mission geplanten Arbeiten hinaus durchzuführen.

Außerdem konnte im vergangenen Jahr ein vom IMT koordinierter SFB-Antrag eingereicht werden. Im Zentrum des Konsortiums stehen mehrere Partner aus dem KIT, die mit ihrer technologischen Expertise und ihren Ideen für zukunftssträchtige Anwendungen die Weiterentwicklung der NMR entscheidend voranbringen wollen.

Für die 2020 angelaufene Vorbereitung auf die nächste Runde der Exzellenzinitiative war das IMT an zwei erfolgreichen Future Fields Skizzen beteiligt.

Ein Erfolgsindikator der Forschung sind Drittmittelinwerbungen. Wie in den vergangenen Jahren lagen die Drittmittelleinnahmen oberhalb der 50%-Marke des Institutsbudgets. Wesentlich dazu beigetragen hat auch die Gruppe um Prof. Dr. F. Breitling mit der Einwerbung einer weiteren EU-Förderung (EIC Pathfinder Programm) für das Projekt „Nanostack printing for materials research“. Durch einen bedeutenden Entwicklungsauftrag mit einer Laufzeit von drei Jahren liegen die Einnahmen aus Industrieprojekten 2019 deutlich über dem Mittel der Vorjahre.

Längerfristige Kooperationen

Mit mehreren Universitäten pflegt das IMT seit Jahren einen intensiven Austausch mit gemeinsamen Projekten (z.T. auch über KNMF). Einige der Wissenschaftler/innen kommen in regelmäßigen Abständen zu Gastaufenthalten ans IMT.

- Tohoku Universität Sendai (Prof. Dr. Atsushi Momose) im Rahmen des ERATO-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) mit Prof. Geoffrey Bodenhauser innerhalb der europäischen NMR-Initiative,
- Universität Bologna, INSA Toulouse, Universität Limerick über bilaterale Zusammenarbeiten und das Marie-Sklodowska-Curie Innovative Training Network (ITN) MIGRATE,
- Universität Madrid (Universidad Politécnica Madrid), Prof. Dr. Andrés Díaz Lantada,
- Freie Universität Brüssel und ca. 20 weitere europäische Universitäten im Rahmen der KNMF,
- EPFL Lausanne (Prof. Kippenberg),
- Technische Universität Dresden über die Honorarprofessur von Prof. Dr. Jürgen Brandner.

Das IMT pflegt langjährige Firmenkontakte, die von der direkten Auftragsforschung über geförderte Technologietransferprojekte bis hin zu Vertriebspartnern reicht, die unsere Technologie in der Welt zu vermarkten helfen:

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

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

- Innovationlab Heidelberg, Entwicklungen für gedruckte Elektronik

- ACTPHAST – Europäische Anwenderplattform für Photonik
- CSIR -Council for Scientific and Industrial Research.

A.1.4.3.6 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 RE (künftig 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: In der vom INE betriebenen „Abgeschirmten Boxenlinie“, die mit Abschirmungs- und Fernhandlungstechnik zur Untersuchung hochradioaktiver Proben ausgestattet ist, wurden im Berichtsjahr Auslaugexperimente mit abgebranntem UO_2 - und MOX-Brennstoffproben durchgeführt. Hierbei wurden Kernbrennstoffproben mit hochalkalischen Lösungen in Kontakt gebracht, um Bedingungen zu simulieren, die sich durch die Alteration zementhaltiger geotechnischer Barrieren in einem Endlager einstellen werden. In weiteren Experimenten wurden MOX-Proben mit einem vereinfachtem Grundwassersimulat in Kontakt gebracht, um Bedingungen im Endlagernahfeld in kristallinem Wirtsgestein nachzuahmen. In Rahmen dieser Autoklavenexperimente wurden die Gasdrücke und -atmosphären (Ar/H_2 - und Ar -Atmosphären) systematisch variiert, um die stark reduzierenden Bedingungen durch H_2 infolge der Korrosion von Abfallbehälter in einem Endlager zu simulieren. Neben der periodischen Analyse von Radionukliden, die in Lösung freigesetzt werden, wurde auch die Freisetzung der Spaltgase Krypton und Xenon überwacht. Die Experimente in hochalkalischen Lösungen zeigten, dass die Freisetzungsraten nicht-redox-sensitiver Spaltprodukte unter den reduzierenden Bedingungen keine signifikante Abhängigkeit von den H_2 - und Ar -Partialdrücken aufwiesen.

Radiochemie: Innerhalb des Thermochemical Database Projekts (TDB) der OECD Nuclear Energy Agency (NEA) wurde ein umfassender kritischer Review von thermodynamischen Daten für anorganische Verbindungen von U, Np, Pu, Am und Tc fertiggestellt. Das INE war Co-Koordinator des Projekts (sieben Jahre Laufzeit, Team von neun ausgewiesenen internationalen Experten) mit erheblichen eigenen inhaltlichen Beiträgen. Das Update umfasst qualitativ hochwertige, kritisch evaluierte und konsistente thermodynamischen Daten zu nun 800 Spezies, davon 150 bisher nicht berücksichtigte Festphasen und gelöste Komplexe. Die NEA-TDB-Aktivitäten stellen wesentliche Grundlagen für nationale thermodynamische Datenbasen im Kontext der Endlagerung radioaktiver Stoffe zu Verfügung, und liegen beispielsweise THEREDA (derzeit in Deutschland entwickelte TDB unter Beteiligung von HZDR und KIT), ThermoChimie (F, UK, BE), PSI-NAGRA (CH) oder der JAEA (J) zugrunde.

Radionuklidspeziation: Auch in der Entwicklung neuer Speziationstechniken wurden im Berichtsjahr Erfolge erzielt. XAFS-Untersuchungen zur Speziation von ^{99}Tc sind nun routinemäßig sowohl an der hochenergetischen K-Kante (ACT-Messplatz und INE-BL @ KARA), als auch an der niederenergetischen L_3 -Kante im sogenannten „tender X-ray“-Bereich (INE-BL) in direktem Vergleich möglich. In diesem Zusammenhang konnten mit Hilfe einer am INE entwickelten He-Flusskammer erstmalig Tc- L_3 XANES-Messungen an ^{99}Tc -Spezies in wässrigen Lösungen an einer XAFS-Beamline durchgeführt werden. Der Fokus der im Berichtsjahr begonnenen Untersuchung liegt auf dem Nachweis und dem spektroskopischen Verständnis „ungewöhnlicher“ Tc-Oxidationszustände jenseits der in der Literatur häufig beschriebenen Tc(IV)- und Pertechnetat-Spezies, die sich etwa nach Komplexierung durch bestimmte organische Liganden einstellen können. Die eindeutige Unterscheidung der Oxidationszustände oder die Aufklärung von Mischungen auf Basis der bisher vorliegenden Messungen an der K-Kante haben sich aufgrund der unzureichenden Energieauflösung als schwierig erwiesen.

Rückbau: In der Abteilung kerntechnischer Rückbau stand im Berichtszeitraum die Dekontamination, insbesondere ihrer Automatisierung, im Fokus. Die Ziele Standardisierung, Leistungssteigerung und Automatisierungsgraderhöhung des Rückbaus wurden weiterhin verfolgt, indem verschiedene Verfahren und Technologien für die gesamte Dekontaminationskette erarbeitet und weiterentwickelt wurden (z.B. bzgl. automatisierter Rissüberfräsung und Inspektionssystem für Fassgebäude). Weitere Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit Anwendungen für erweiterbare Stilllegungsprozesse und mit Building Information Modeling (BIM) im Rückbau.

Geothermie: Die Forschung des INE auf dem Gebiet der Geoenergie behandelt verschiedene Aspekte einer umweltfreundlichen Nutzung der Geothermie. Dabei stehen die Vermeidung von mineralischen Ablagerungen mit NORM und induzierter Seismizität im Vordergrund. Zu letzterer installiert das INE im Rahmen der Exzellenzuniversität derzeit einen Versuchsstand, 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. Des Weiteren sollen in diesem Zusammenhang der Effekt einer Ko-Speicherung von Wärme in der geplanten Infrastruktur „DeepStor“ adressiert werden, um Druckänderungen im Reservoir zu vermindern. „DeepStor“ beinhaltet eine Test- und eine Überwachungsbohrung inklusive der obertägigen Anlagen und dient der Untersuchung von Wärmespeicherung bis zu 170°C. Dazu wurde im Jahr 2020 im GEOTex-Projekt eine umfangreiche Erkundung des Untergrundes anhand von seismischen und Bohrlochdaten durchgeführt. Auf der Basis von hydrochemischen Untersuchungen des ehemaligen Erdölfeldes Leopoldshafen wurden erste Abschätzungen von mineralischen Ablagerungen in der Anlage und von potenziellen Veränderungen der hydraulischen Eigenschaften des Reservoirs erstellt.

Strategische Ereignisse

Die Arbeiten im forschungsbereichübergreifenden Verbundprojekt *iCROSS* („Integrity of nuclear waste repository systems –Cross-scale system understanding and analysis“) wurden erfolgreich weitergeführt. In diesem vom Impuls- und Vernetzungsfonds der HGF und dem BMBF unterstützten Vorhaben werden die Expertisen und Kompetenzen aus den Forschungsbereichen Erde und Umwelt sowie Energie gebündelt und synergistisch zu einem integrativen Endlagerforschungsprojekt verknüpft.

Das INE beteiligt sich gemeinsam mit anderen Instituten des KIT und 14 weiteren Helmholtz-Zentren an der ebenfalls aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds unterstützten „Helmholtz-Klima-Initiative“. Im Schwerpunkt „Vermeidung von Emissionen“ engagiert sich das INE in der Energie- und Stoffspeicherung im tiefen Untergrund. Neben wissenschaftlichen Fragestellungen trägt das INE hier zur Entwicklung einer klima-neutralen Helmholtz-Gemeinschaft sowie zu Konzepten zur klima-neutralen Stadt bei.

Die Zustimmung des BMBF zur Forschungsinfrastruktur HOVER (Helmholtz Forschungs- und Versuchsplattform zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und zum Rückbau kerntechnischer Anlagen) ist im Berichtsjahr erfolgt. HOVER zielt darauf ab, einzigartige technische Großanlagen, nukleare Laboratorien sowie die Instrumentierung und Simulationswerkzeuge bereitzustellen, die zur Lösung offener Fragen im Zusammenhang mit der Stilllegung und der Entsorgung radioaktiver Abfälle im Rahmen nationaler und internationaler wissenschaftlicher Kooperationen eingesetzt werden sollen.

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), Lomonosov Moscow State, Southern Federal University, St. Petersburg (Russland), Wrocław (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 Neutronenphysik und Reaktortechnik (INR)

Leitende Person

Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Robert Stieglitz

Kurzdarstellung

Das INR beteiligt sich an den Helmholtz-Energieprogrammen FUSION, NUSAFE, EMR und EE. 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 sicherheitstechnische Analysen).
- Optimierung energietechnischer Komponenten mit Gas- oder Flüssigmetallkühlung mit Hilfe neuer, verbesserter Instrumentierungsverfahren, gestützt durch Experimente in Gasen (Helium/Luft) und Flüssigmetallen (Na, InGaSn).
- Thermoelektrische Konverter und innovative thermische Speicherkonzepte.
- Werkstoffqualifizierung bei hohen Temperaturen, Drücken bzw. variablen Sauerstoff- und Wasserstoffgehalts sowie während betriebsrelevanter Transienten.

Neben der Beantwortung anwendungsorientierter Fragestellungen im Rahmen nationaler, europäischer und privatrechtlicher Verträge werden Grundlagenarbeiten durchgeführt, in die insbesondere Studierende und Promovierende integriert sind.

Das INR organisiert sich in einer Matrixstruktur aus acht Expertengruppen, die fünf Projekten zuarbeiten, in denen projektorientiert größere Anträge und Vorhaben organisiert sind: Design von Bestrahlungsexperimenten (Dr. Arbeiter), Plasmanahe Komponenten (Dr. Boccaccini),

Fusionsneutronik und Kerndaten (Dr. Leichtle, seit 06/2020), Systemdynamik & Sicherheit (Dr. Hering), Leichtwasserreaktor-Methoden & Analysen (Dr. Sanchez). Alle Expertengruppen sind in die Lehre über Vorlesungen, Übungen bzw. akademische Arbeiten in die KIT-Fakultät Maschinenbau eingebunden. Seit 01/2020 ist die Arbeitsgruppe Transmutation aus dem ITES in das INR übergewechselt. Unter der Leitung von Dr. A. Rineiski führt sie fokussiert unter dem Namen „Analyse Designüberschreitender nuklearer Ereignisse“ Forschungsarbeiten zur Sicherheit schneller Systeme (NUSAFE, FUSION) sowie Neutronik und Mehrphasen-/Mehrkomponentenströmungen durch.

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, Service-Verträge mit ITER (z. B. Diagnostik Neutronik),
- 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 eines Systemcodes zur ganzheitlichen Beschreibung eines Fusionskraftwerks (gekoppeltes Rechenwerkzeug aus Neutronik, Elektromagnetik, Thermohydraulik/Festigkeitsmechanik, vereinfachter Plasmabeschreibung zur Designanalyse von Bauteilen),
- Bereitstellung von Modellen zum Wasserstofftransport in Materialien und deren experimentelle Validierung (Q-Pete),
- Erfolgreiche Durchführung von Experimenten für die Erste-Wand-Komponenten eines Fusionsystems, 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, ESNI+, ESFR-Smart) zu Fragestellungen der Sicherheit von Kernreaktoren bei Betrieb und schweren Störfällen. Neu H2020: Koordination McSafer (Grant Agreement ID: 945063, 4M€), Beteiligung an neuen H2020 Projekte: PUMMA, PATRICIA, CAMIVVER,
- BMWi Vorhaben (u. a. WAME),

- Kommissionierung der Gallium-Versuchsanlage DITEFA.

EMR

- Erfolgreiche Testreihen zur Werkstoffqualifizierung in HEMAT - bis 620°C, Experimente zur Wärmeübergangsverbesserung in Rohren mit Innenstrukturierung (Patentanmeldung).

EE

- Abschluss der Planung einer Wärme-Kälte-Speicher Infrastruktur HyPStA, Erwerb erster Komponenten,
- Betriebsaufnahme der Gallium-Versuchsanlage DITEFA,
- Entwicklung innovativer additiver Fertigungsverfahren und Verifizierung an Mockups.

Längerfristige Kooperationen

National

- Helmholtz-Zentren insbesondere HZDR, FZJ und IPP (Garching & Greifswald); darüber hinaus DLR.

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 Technische Physik (ITEP)

Leitende Personen

Prof. Dr. Mathias Noe

Prof. Dr. Bernhard Holzapfel

Prof. Dr. Tabea Arndt

Kurzdarstellung

Das Institut für Technische Physik (ITEP) versteht sich als nationales und internationales Kompetenzzentrum für Fusions-, Supraleitungs- und Kryotechnologie mit den Forschungsfeldern Supraleiter- und Kryomaterialien, Energietechnische Anwendungen der Supraleitung, Supraleitende Magnettechnologie sowie Technologien des Fusionsbrennstoffkreislaufes.

Die Arbeiten des ITEP sind langfristig in den Programmen FUSION, SCI und MU verankert. Das Programm SCI 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 und Weiterentwicklung von YBa₂Cu₃O₇-Bandleitern ein wichtiger Schwerpunkt. In 2020 wurde mit dem Definite Screening Design eine neue Methode bei der Herstellung von Hochtemperatur-Supraleitern angewendet und etabliert. Dabei handelt es sich um eine sehr effektive Methode zum Eingrenzen des Parameterraums für die Herstellung komplexer Materialien, deren Qualität von Vielzahl von Wachstumsparametern abhängt. Ein Enabling Research Projekt der FUSION zur Entwicklung hochfester Strukturmaterialien für Magnete wurde erfolgreich abgeschlossen. Es wurden dabei Materialien hergestellt und charakterisiert, die bei Temperaturen von 4,2 bzw. 77 K eine sehr hohe Festigkeit (>1000 MPa) und ausreichende Bruchzähigkeit besitzen. Mehrere Projekte wurden neu gestartet. Dazu gehört ein DFG-Projekt zur

simultanen Beschreibung der kalorischen und thermischen Eigenschaften von kryogenen Stoffgemischen und ein Verbundprojekt im Rahmen der Luftfahrtforschung zur Entwicklung von Hybridbauweisen für Hochleistungs-Elektromotoren mittels additiver Verfahren und Faserverbund-Metall-Hybridbauweisen für den Einsatz in tiefkalter Umgebung in Wasserstoffatmosphäre.

Im Forschungsfeld Energietechnische Anwendungen wurde in einem Verbundprojekt zur Entwicklung einer supraleitenden Industriestromschiene mit einer Stromstärke von 200.000 Ampere das Design der modularen Stromschiene finalisiert und vorbereitende Materialcharakterisierungen durchgeführt. Weiterhin wurde ein neues Verbundprojekt zur Entwicklung eines sehr kompakten 110 kV, 500 MVA supraleitenden Kabels für die Innenstadt von München begonnen. Aufgabe des ITEP ist dabei die vollständige elektromagnetische und thermische Modellierung des Kabelsystems. Unser Power-Hardware-in-the-Loop Labor wurde nach der ersten erfolgreichen Inbetriebnahme in 2019 weiter ausgebaut, und es wurden mit einem Schwungmassenspeicher hochdynamische Messungen durchgeführt. Weiterhin sind die Modellierung und die Echtzeitintegration eines Mini-BHKWs und einer Mikrogasturbine soweit vorangeschritten, dass der Hardwareaufbau weitgehend fertiggestellt ist und erste Inbetriebnahmen bereits erfolgten.

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 wurde sehr genau modelliert, wie die Wechselstromverluste im Stator durch eine optimierte Anordnung der supraleitenden Wicklungen um mehr als 80 % reduziert werden können. Bei der eigenen Entwicklung eines supraleitenden Windkraftgenerators mit Gleichstrom wurde der Wicklungsverbund aufgebaut, vorgetestet und soweit zusammengebaut, so dass in 2021 die abschließenden Tests erfolgen können. Im Rahmen einer internationalen Kooperation zwischen EU und China wurde eine hochtemperatur-supraleitende Leiterprobe des am ITEP patentierten Kreuzleiters für Quench-Untersuchungen unter fusionsrelevanten Bedingungen entwickelt, und es wurde eine Probelänge des Kreuzleiters von mehr als 50 m erfolgreich gefertigt und getestet. Weiterhin wurde das Wickellabor um eine robotische Wickeltechnik mit drei Mehrachsrobotern erweitert, in dem zukünftig supraleitende 3D-Spulen gefertigt werden können. Die etablierte Wachsvergusstechnik wurde um eine neue Vakuum-Druck-Imprägnier-Anlage ergänzt, die die 3D-Spulen robust fixiert. In Zusammenarbeit mit den beiden anderen Forschungsfeldern wurden erste Prinzipspulen für eine völlig neue miniaturisierte Spulentechnologie präpariert und getestet.

Im Forschungsfeld Technologien des Fusionsbrennstoffkreislaufes entwickeln wir grundlegend neue Vakuumtechnologien und Verfahren zur Tritiumextraktion und Rückgewinnung. Im Jahr 2020 wurden sehr viele vorbereitende Arbeiten und Reviews für das neue europäische Fusionsprogramm von 2021 bis 2027 durchgeführt. Das detaillierte Design des Kryopumpsystems der Fusionsanlage JT-60SA wurde abgeschlossen und zur Herstellung ausgeschrieben. In dem komplexen System wurden neben den normalen Lastfällen auch Störungen durch Quenchfälle und Erdbeben untersucht. Es erfolgte eine erste Anwendung unserer Modellierungswerkzeuge in einem Stellarator, wo für die Anlage W7-X die Simulation und Auslegung der Übergangsströmung im Divertor durchgeführt wurde. Im Forschungsfeld Vakuumhydraulik und Wasserstoffseparation wurde erstmals eine Quecksilber-Ringpumpe aus der Anlage THESEUS ausgebaut und zerlegt. Dadurch konnten sehr wertvolle Erfahrungen beim Umgang und der Wartung gewonnen werden. Zukünftig sind damit deutlich längere Lebensdauern zu erwarten. Bei der Wasserstoffseparation wurde die Anlage HESTIA (Hydrogen Experiments for Separation with Temperature Initiated Absorption) zur Untersuchung

der Trennung von Wasserstoffisotopen innerhalb des Fusionsbrennstoffkreislaufs fertig aufgebaut.

Strategische Ereignisse

Die Arbeitsgruppe Kryogene Forschung und Entwicklung von Prof. Grohmann endete am ITEP zum Dezember 2020. Die Arbeiten dazu finden von nun an in den jeweiligen Anwendungsprojekten statt.

Privatdozent Dr. habil. Francesco Grilli wurde eine Außerplanmäßige Professur der KIT Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik verliehen. Damit würdigt die Fakultät die langjährigen exzellenten Beiträge von Herrn Dr. Grilli in der Forschung und Lehre, die in der Vergangenheit bereits mehrfach ausgezeichnet wurden.

Dr. Giovanni de Carne ist es gelungen, eine Helmholtz Nachwuchsgruppe für die Entwicklung von hybriden Netzen einzuwerben.

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 Ende 2021 anvisiert.

Längerfristige Kooperationen

Nationale Verbundprojekte:

- BMWi Verbundprojekt DEMO200: Entwicklung einer 200kA supraleitenden Hochstromschiene,
- BMWi Verbundprojekt Flygrid – Netzintegration eines Schwungmassenspeichers,
- BMWi Verbundprojekt Rowamag – Entwicklung eines robusten und wartungsarmen Magnetheizers,
- Nationale Wasserstoffstrategie – „Wasserstoffrepublik Deutschland“: Skizzeneinreichung der Leitprojektes „AppLHy!“ als Bestandteil der Technologieplattform „Trans-HyDE“ (Vollantrag in Q1/2021, Massnahmenbeginn geplant 01. April 2021).

Wirtschaft:

- Siemens Corporate Technology – Rahmenvertrag,
- Rolls-Royce Electric – Kooperationsvertrag,
- Vision Electric Superconductors –Verbundprojekt.

Hochschulen:

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

Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen:

- 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 12 europäischen Partnern in dem EU Projekt FASTGRID und allen weiteren Partnern von KATRIN.

A.1.4.4 Bereich IV

A.1.4.4.1 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. Christoph Kottmeier (bis September 2020), Prof. Dr. Joaquim Pinto (kommissarisch seit Oktober 2020)

MK-ASF Atmosphärische Spurenstoffe und Fernerkundung

Institutsleiter: Prof. Dr. Johannes Orphal (bis September 2020), Prof. Dr. Peter Braesicke (kommissarisch seit Oktober 2020)

Kurzdarstellung

Department Troposphärenforschung (IMK-TRO)

Am Teilinstitut 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 Akteur*innen zur Verfügung gestellt. Die Arbeiten sind in der Helmholtz-Gemeinschaft im Forschungsbereich „Erde und Umwelt“ im Programm ATMO und dort im Topic 1 „Cloud and Weather Research“ verankert.

In acht Arbeitsgruppen werden Themen der Wetter- und Klimaforschung bearbeitet. Hinzu kommen drei Nachwuchsgruppen, die zu großskaligen Dynamik-Wolken-Wechselwirkungen, 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, VollImpact), dem BMBF (ClimXtreme, RegiKlim-Projekte NUKLEUS und UrKIEx), dem BMWi, dem BMVI, der Helmholtz-Gemeinschaft (MOSES, InsideClouds) und der EU (EDIPI, ERC Starting Grant C2Phase) gefördert werden.

Das Teilinstitut Troposphärenforschung des IMK wird sowohl aus Mitteln der Helmholtz-Programmforschung (PoF III) 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)

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 mit dem Deutschen Wetterdienst statt. In 2020 wurde ein neuer Kooperationsvertrag mit dem DWD unterschrieben (DWD-KIT). Zu den zehn Kooperationsfeldern zählen u.a. die Vorhersagemodellierung von Aerosolen (z.B. Vulkanasche), die hochauflösende Klimamodellierung, die Entwicklung von Messverfahren und die Validierung von Satellitendaten. Außerdem wurde im Jahr 2020 ein Kooperationsvertrag zwischen DWD, MPI-M, DKRZ und KIT über die gemeinsame Entwicklung des ICON-Modellsystems geschlossen.

Department Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU)

Das Department „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 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, High-Performance Computing Cluster) und betreibt sowohl experimentelle Prozessforschung, wie auch die Entwicklung und Evaluation regionaler Klima-Erd-System-Modelle. Um die Zusammenhänge zwischen Klima- und Landoberflächenveränderung (insbesondere Treibhausgasbilanzen) zu verstehen und auf den Klimawandel bezogene Mitigationsstrategien zu entwickeln, werden am IMK-IFU zeitlich und räumlich hochaufgelöste Modelle (z.B. LES-Modellierung in Städten) von Einzelprozessen bis zu regionalen Klimamodellsystemen betrieben und weiterentwickelt. Auf sozioökologischer Ebene werden die Ursa-

chen und Konsequenzen von Veränderungen in sozio-ökologischen Systemen von der lokalen bis zur globalen Skala untersucht.

Die Sondierung der unteren Atmosphäre zur Beobachtung und dem Verständnis von Trends in der Zusammensetzung und der Struktur der Atmosphäre (insbesondere Wasserdampf, Treibhausgase, Ozon) ist ein weiteres wichtiges Tätigkeitsfeld des IMK-IFU. Bei dieser Thematik ist speziell die Lage mit drei Beobachtungs-Niveaus auf engstem Raum – am Institut (750 m ü.M.), der Umweltforschungsstation Schneefemerhaus (2.700 m ü.M.) und dem Zugspitz-Gipfel (2.968 m ü.M.) – weltweit einzigartig. Die lange Tradition der hochpräzisen Atmosphären-Messreihen an der Zugspitze hat diese Daten und deren Analysen und Interpretationen in das Interesse der weltweiten Atmosphären- und Klimaforschung gerückt: die Zugspitze ist einer von nur wenigen Level-1 Standorten eines globalen Netzwerkes zur Validierung und Überprüfung von Satelliten-Beobachtungen der Atmosphäre.

Department Atmosphärische Spurenstoffe und Fernerkundung (IMK-ASF)

Das Department „Atmosphärische Spurenstoffe und Fernerkundung (ASF)“ 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 8 und 120 km (obere Troposphäre, Stratosphäre, Mesosphäre und untere Thermosphäre). Allerdings wird auch im Rahmen des in der PoF IV propagierten „whole atmosphere“ Ansatzes der Blick in die Troposphäre nicht vergessen.

Das IMK-ASF hat insgesamt acht Gruppen die in drei Abteilungen mit unterschiedlichen Arbeitsschwerpunkten zusammengefasst sind. 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. Der kommissarische Institutsleiter nimmt daher die nötigen Aufgaben wahr und eine baldige Neuberufung einer professoralen Abteilungsleitung in enger Abstimmung mit dem Präsidium wird 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 an der Auswertung der Daten des MIPAS-Instruments auf dem Satelliten ENVISAT (2002-2012), koordiniert seit 2015 das europäische Projekt IAGOS-CARIBIC (ein Container mit Messinstrumenten, der zukünftig – nach erforderlichen Umbauten – auf einem Lufthansa A350 eingesetzt werden wird), hat gemeinsam mit dem FZ Jülich das Instrument GLORIA (ein weltweit einzigartiges 2D-abbildendes Fourier-Transform Spektrometer im mittleren Infrarot) entwickelt, welches seit 2012 erfolgreich auf dem deutschen Forschungsflugzeug HALO eingesetzt wird, und ist führend am Betrieb und an der Weiterentwicklung von internationalen Netzwerken von Bodenstationen (NDACC, TCCON, COCCON) beteiligt. Für die Modellierung wird das ICON-ART Modellsystem mitentwickelt und in diversen Projekten (z.B. ESM, DE, ROMIC) genutzt.

Department Atmosphärische Aerosolforschung (IMK-AAF)

Das Department „Atmosphärische Aerosolforschung (AAF)“ 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 Programmtopics 1, 3 und 4 des HGF- Programms AT-

MO 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/innen 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 HGF-YIG „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 ist Prof. Dr. Joaquin Pinto seit dem 01. Oktober 2020 kommissarischer Institutsleiter des IMK-TRO. Beide Berufungsverfahren für die Nachfolge der Institutsleitung IMK-TRO und IMK-ASF laufen bzw. wurden angestoßen.

Im Dezember 2019 wurde die Forschung des KIT im FB-EU im Rahmen einer strategischen Bewertung 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 wesentliche Schritte zur Implementierung des neuen Programmes „Changing Earth – Sustaining our Future“ unternommen. Einen wichtigen Beitrag dazu leistete die Sitzung des KIT Themenbeirats „Erde und Umwelt“ am 15. Juli 2020. Hier wurden die Pläne 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 in 2020 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 2020 erfolgte hierzu die Einreichung konkreter Projektanträge beim Ministerium. Für 2021 ist ein entsprechender Start des Projektes geplant.

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 soll in der PoF IV-Förderphase der Helmholtz-Gemeinschaft weitergeführt werden. Das Institut beteiligt sich an den nationalen Forschungsinitiativen „Forschungsflugzeug HALO“, der ESFRI EU Infrastruktur IAGOS, den Helmholtz-Querschnittsthemen „Earth System Knowledge Platform“ und „Natural Disasters and Warning Systems“ sowie den PoF IV-Zukunftsprojekten „Digital Earth“ und „Earth System Modeling“.

Das IMK ist mit seinem Ökosystem-Atmosphären Observatorium TERENO-preAlpine Partner im deutschen Beitrag zum europäischen Forschungsinfrastruktur Projekt „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/innen mit langfristigen Forschungsaufenthalten ausgetauscht, Promovierende gefördert und Forschungsprojekte zur Treibhausgas Wirksamkeit 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/innen.

Das maßgeblich vom IMK getragene Helmholtz-Programm ATMO wurde in der Förderphase 2014-2020 mit dem Deutschen Wetterdienst 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 ATMO-Programms.

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 Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT)

Leitende Person

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

In den Programmen MML und 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 Forschungsgruppen des KIT 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) 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 Nutzer/innen des KIT sowie für bis zu 50 Tage pro Jahr zur Forschung und Entwicklung neuer Beschleunigertechnologien für zukünftige Beschleuniger, beispielsweise im Rahmen europäisch geförderter Projekte. Weiterhin wird KARA für die Strahldiagnostik und zur Entwicklung neuartiger Detektionsverfahren von Elektronenpaketen und Photonenpulsen im Pikosekunden- und Femtosekunden-Bereich eingesetzt. KARA steht als Lichtquelle für Synchrotronstrahlung für Nutzer/innen des KIT im Programm MML sowie als Testanlage für Beschleunigerforschung und Beschleunigertechnologieentwicklung im Rahmen des Programms MT und der ATP zur Verfügung. Zudem nutzen Collaborative Research Groups (CRG) der Institute IBG, IFP, IMT, INE und IKFT, die ebenfalls Strahlrohre am Speicherring KARA betreiben, sowie deren externe Kooperationspartner/innen und Gruppen der Max-Planck-Gesellschaft die vom IBPT zur Verfügung gestellte Synchrotronstrahlung. Die CRG-Forschung und Entwicklung ist in die Helmholtz-Programme BIFTM, NUSAFE, SCI, und STN sowie in die Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMF), die in 2020 als LK-II Einrichtung betrieben wurde, eingebettet.

Die Umsetzung des Betriebs der Anlagen war 2020 geprägt von der 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 Nutzer/innen von Synchrotronstrahlung wie geplant durchgeführt und sogar mehr Nutzungszeit zur Verfügung gestellt werden. Davon profitierte u.a. die Herstellung hochspezialisierter großflächiger Röntgengitter, die dann in der Lungendiagnostik – für Röntgenaufnahmen und in der Computertomographie – eingesetzt wurden. Im Jahr 2020 wurde KARA 3605 Stunden betrieben, davon entfielen 389 Stunden auf die Beschleunigerforschung. Es wurden 2420 Stunden für Experimente mit Synchrotronstrahlung zur Verfügung gestellt. Davon entfielen 341 Stunden auf den Kurzpulsbetrieb und 2079 Stunden auf den Betrieb bei einer Energie von 2.5 GeV für die Erzeugung von harter Röntgenstrahlung. Weitere 796 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 zu den Lebenswissenschaften erlauben.

Beschleunigerforschung

Die Beschleunigerforschung und Entwicklung am IBPT wird größtenteils im Rahmen des Programms MT durchgeführt. Das IBPT beteiligt sich dort am Programmthema „Accelerator Research and Development (MT-ARD)“, in den Subthemen „Picosecond and Femtosecond Electron and Photon Beams“ (MT-ARD-ST3) und „Novel Acceleration Concepts“ (MT-ARD-ST4). An FLUTE werden regelmäßig kurze Elektronenpakete erzeugt, systematische Untersuchungen durchgeführt und es wurde erstmals Elektronen-basierte Terahertz-Strahlung erzeugt. Ebenso wurde Laser-basierte Terahertz-Erzeugung mit einer Konversion von 0.03% erzielt, um einen Split-Ring-Resonator für Streaking anzuregen. Mit der TU Dresden wurde an KARA ein Array von acht THz-Schottky-Dioden für die simultane Messung der Mikro-Bunching-Instabilität in mehreren Frequenzbereichen sowie ein hochempfindliches Spektrometer auf Basis von supraleitenden Detektoren mit dem KIT-IMS realisiert. Für die Erfassung der Messdaten wurde eine neue Version der Datenakquisitionselektronik KAPTURE, entwickelt am IPE, verwendet. Weiterhin wurden bei KARA die Kontrollsysteme virtualisiert. Dies erleichtert die Anbindung an Algorithmen des maschinellen Lernens. Die Forschung und Entwicklung des IBPT zur Strahldynamik und Strahldiagnostik in MT-ARD-ST3 sowie die Nachwuchsförderung findet internationale Beachtung und wird u.a. durch Preise honoriert (*siehe Preise und Auszeichnungen*).

In Rahmen von MT-ARD-ST4 wurden die Arbeiten zur Erzeugung von Undulatorstrahlung an Laser-Plasma-Beschleunigern (LPA - Laser-Plasma-Accelerator) fortgeführt. Der supraleitende Transversalgradientundulator wurde im eigenen Kryostaten installiert und die supraleitenden Zuleitungen soweit ertüchtigt, dass jede der zwei Undulatorspulen bis zur maximalen Stromtragfähigkeit der Hochtemperatursupraleiter-Stromzuführungen (600 Ampere) stabil betrieben werden konnte. Die In-Vakuum-Strahltransportmagnete für LPA-Experimente wurden mit neuen Girdern für die Justage ausgestattet, an die Universität Jena gebracht und dort in Vorbereitung auf Emittanzmessungen am Laser-Plasma-beschleunigten Elektronenstrahl wieder in Betrieb genommen.

Auf Basis von am KIT zuerst durchgeführten Untersuchungen zu Laserplasma-basierten Injektoren in Speicherringen wird ein LPA-Injektor im Projekt ATHENA gemeinsam mit DESY und HI-Jena/GSI entwickelt. 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 aus einem Laserplasma-basierten Beschleuniger.

Der kompakte Speicherring im Projekt cSTART wird auch Elektronenpakete, die aus dem Beschleuniger von FLUTE injiziert werden, nutzen. Dies wird Untersuchungen zur Stabilisierung und Kontrolle ultrakurzer THz-Pulse mit einer Pulslänge im Femtosekunden-Bereich ermöglichen. Mit dem Projekt cSTART und den Beschleunigeranlagen kann sich KIT als führender Methoden- und Technologieentwickler in der Erzeugung, Kontrolle, Diagnose und der biomedizinischen Nutzung ultrakurzer Pulse aus Beschleunigern höchster Intensität etablieren.

Vernetzung

Das EU-Projekt EuPRAXIA unter Beteiligung des KIT als assoziierter Partner wurde mit der Publikation des Conceptual Design Report mit Koautoren des IBPT aus MT-ARD abgeschlossen. Das Projekt hat Konzepte zur Laser-Plasmabeschleunigung untersucht, die auch Thema in MT-ARD ST4 sind.

Mit seinen Forschungsinfrastrukturen und Beschleunigertestanlagen KARA und FLUTE unterstützt das IBPT die Arbeiten von Wissenschaftler/innen der ATP in multidisziplinären Projekten zur Weiterentwicklung der Beschleunigertechnologie. Sieben solcher ATP-Projekte wurden – im Wettbewerb aller deutschen Universitäten – ausgewählt und erhalten rund drei Mio. Euro Förderung aus dem Rahmenprogramm „Erforschung von Universum und Materie – ErUM“ des BMBF. Der Aktionsplan ErUM-Pro des BMBF vernetzt über die Projektförderung Hochschulen, Forschungsinfrastrukturen und Gesellschaft. Forschungsgruppen in Darmstadt und Karlsruhe arbeiten in der Beschleunigerphysik zu den Themen Teilchen und Materie in vier Verbünden zusammen und belegen mit der jeweiligen Projektanzahl die beiden ersten Plätze in Deutschland. KIT war in der Beschleunigerphysik mit insgesamt sieben Projekten erfolgreich und fördert aktiv die Vernetzung mit Hochschulen und Universitäten wie FSU Jena, TH Mittelhessen, TU Darmstadt, TU Dortmund, Universität Hamburg und Forschungsinfrastrukturen am DESY, HZB, HZDR sowie mit europäischen Einrichtungen, dem European XFEL und CERN. Das IBPT unterstützt damit u.a. neuartige Technologieentwicklungen mit Hochtemperatursupraleitern sowie die Entwicklung neuartiger Betriebsmodi und Anwendungen des maschinellen Lernens in Speicherringen.

Umfängliche Ergebnisse in der Nutzung von maschinellem Lernen am Speicherring KARA wurden auch im Helmholtz Innovationspool-Projekt „Accelerating Machine Learning for Physics“ (AMALEA) vorgestellt. Dies beinhaltet erstmals den Aufbau eines geschlossenen Regelkreises am Beschleuniger mit integrierten Detektionssystemen und mit neuronalen Netzen. Algorithmen, die neuronale Netze nutzen, ermöglichen sogenanntes vertieftes Lernen, ein Teilgebiet des maschinellen Lernens. Dieser Aufbau wurde am KIT in Kooperation von MT-ARD und MT-DTS realisiert. Neuronale Netze wurden mit der am KIT entwickelten schnellen Software Inovesa für die Simulation der Strahldynamik im Beschleuniger sowie auch direkt auf der schnellen Datenakquisitionselektronik KAPTURE, erstmals eingebettet in die Elektronik, im Detail untersucht. Erste Regelungsexperimente im Low-Alpha-Betrieb am Speicherring KARA zur Erzeugung von intensiver THz-Strahlung und mit dedizierten THz-Detektoren und KAPTURE wurden durchgeführt.

Mit den Instituten IPQ und IMT hat IBPT ein neues Konzept demonstriert, das ultraschnelle drahtlose Kommunikationsnetze mit bislang höchster Datenrate in der Terahertz-Kommunikation zu geringen Kosten für 6G-Mobilfunknetze ermöglicht. Diese Arbeit wurde gemeinsam in Nature Photonics veröffentlicht. Weiterhin war das IBPT im Projekt „Plasma Accelerators - Probing the femto-scale dynamics of relativistic plasmas“ im Rahmen des Impuls- und Vernetzungsfonds aktiv, in dem in Zusammenarbeit mit HZDR, DESY, Universität Hamburg und HI Jena die Entwicklung von Methoden zur „Laser Plasma“-Beschleunigung durch innovative Diagnostik vorangetrieben wurde.

Strategische Ereignisse

In der Strategischen Begutachtung des Helmholtz-Forschungsbereichs Materie im Januar 2020 konnte das Thema ARD im Programm MT in allen Kategorien die höchste Bewertung „Outstanding“ erzielen. Gemäß den darauffolgenden Empfehlungen des Helmholtz-Senats soll die starke Führungsposition der Helmholtz-Zentren auf dem Gebiet der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (FuE) von Teilchenbeschleunigern nachdrücklich unterstützt und das Programmthema MT-ARD entlang der vorgeschlagenen Meilensteine fortgesetzt werden.

Daneben wurde ein weiterer Meilenstein zur Energieeffizienz hinzugefügt, für den Prof. Dr. Anke-Susanne Müller am KIT verantwortlich zeichnet. Inhaltliche Unterstützung erfährt dieser Meilenstein auch durch das neue Helmholtz Innovationspool-Projekt „Innovation pool project for Energy Efficient Accelerators“ (InnovEEA), das von KIT federführend geleitet wird.

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

Zusammen mit dem DESY konnte das IBPT das Helmholtz AI Projekt „Autonome Beschleuniger“ aus dem Impuls- und Vernetzungsfond (IVF) für KIT akquirieren. Innerhalb dieses Projekts sollen erste Schritte unternommen werden, verstärkendes Lernen auf den Beschleunigerbetrieb zu übertragen mit dem Fernziel, einen vollständigen autonomen Betrieb eines Beschleunigers zu erreichen. Diese Aktivitäten werden durch die Beteiligung des IBPT an dem neugegründeten Helmholtz Innovationspool-Projekt „Accelerating Science with Artificial Intelligence and Machine Learning“ (ACCLAIM) unterstützt, dass auch auf Entwicklungen des Projekts „Plasma Accelerators“ aus dem Impuls- und Vernetzungsfond aufbaut, das zum Jahresende abgeschlossen wurde.

IBPT beteiligt sich damit intensiv an den zwei neugegründeten Helmholtz Innovationspool-Projekten „ACCLAIM“ und „InnovEEA“, die die Themen „Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen“ und „energieeffiziente Beschleunigerkonzepte“ sowie zentrale Bestandteile der Digitalisierungsstrategie des Forschungsbereichs Materie adressieren. Das IBPT beteiligt sich zudem aktiv an der Entwicklung des ErUM-Data-Hub, der im Aktionsplan ErUM-Data, veröffentlicht im November 2020, beschrieben und Teil des Rahmenprogramms „Erforschung von Universum und Materie – ErUM“ des BMBF ist. Diese Aktivitäten unterstützen die Digitalisierung und Vernetzung in der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung. Hinzu kommen erfolgreiche Einwerbungen einer ganzen Reihe von europäischen Forschungsvorhaben u.a. gemeinsam mit CERN (z.B. FCCIS, I.FAST und LEAPS-INNOV). Weitere Vereinbarungen waren die Verlängerung des Memorandum of Understanding (MoU) zwischen KIT und der Shizuoka University bis 2025, die durch das IBPT initiiert wurde, sowie EuPRAXIA-II, um die Planung eines europäischen Standorts für einen Plasmabeschleuniger mit hoher Strahlqualität für industrielle Anwendungen auf den Weg zu bringen.

Das IBPT richtete zudem zwei Konferenzen, bedingt durch COVID-19 im virtuellen Format, federführend aus: Das jährliche, diesmal zweitägige Helmholtz MT-ARD-ST3-Meeting mit mehr als 100 Teilnehmern/innen sowie den europäischen Workshop „24th European Syn-

chrotron Light Source RF“ mit mehr als 40 Teilnehmern/innen. Aus der Öffentlichkeitsarbeit sind z.B. die Online-Beiträge über das IBPT, „KARA unterstützt Forschung im Zeichen der Corona-Krise“ und „Besser beschleunigen mit Künstlicher Intelligenz“, zu nennen.

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.

Öffentlichen Einrichtungen

Budker Institute of Nuclear Physics (Nowosibirsk, Russland), 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).

Industrie

Bilfinger Noell GmbH, Microworks.

A.1.4.5.2 Quantenmaterialien und -technologien (IQMT)

Leitende Person

Institutsleiter: Prof. Dr. Matthieu LeTacon

Kurzdarstellung

Die Quantentechnologie ist eine der zentralen Herausforderungen, mit denen sich die vierte Förderperiode der Helmholtz PoF (ab 2021) befassen wird. Nach der strategischen Bewertung von 2019, die den Übergang vom Forschungsbereich Schlüsseltechnologien zum neuen Forschungsbereich Information vorbereitete, haben wir vorgeschlagen, alle betroffenen Quantenaktivitäten des KIT unter dem einzigartigen Dach eines neuen Instituts, des IQMT, zusammenzufassen, das im Jahr 2020 offiziell gegründet wurde. Es entstand aus einer tiefgreifenden Umstrukturierung des ehemaligen Instituts für Festkörperphysik (IFP).

Das Konzept des IQMT basiert auf der Integration vorhandener Expertise in eine gut sichtbare Struktur in einem unabhängigen Institut, in dem jede Abteilung von einem/einer international renommierten Experten/in auf den Gebieten der Quantenmaterialien und Quantentechnologien (in der Regel einem/r berufenen Universitätsprofessor/in oder einem/r erfahrenen leitenden Wissenschaftler/in) geleitet wird.

Das Institut gliedert sich in acht Abteilungen (und 22 Arbeitsgruppen):

Neue Quantenmaterialien (Leitung: Dr. Christoph Meingast)

Molekulare Quantenmaterialien (Leitung: Prof. Dr. Mario Ruben)

Spektroskopie von Quantenmaterialien (Leitung: Prof. Dr. Matthieu Le Tacon)

Quantentransport (Leitung: Prof. Dr. Wulf Wulfhekel)

Theorie von Quantenmaterialien (Leitung: Prof. Dr. Jörg Schmalian)

Theorie von mesoskopischen Quantensystemen (Leitung: Prof. Dr. Alexander Mirlin)

Quantenoptische Bauelemente (Leitung: Prof. Dr. Ralph Krupke)

Quantenschaltkreise (Leitung: Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer).

Neben den bereits vorhandenen Expert/innen am KIT soll das zusätzlich benötigte Know-how entweder durch die Berufung weiterer Professoren/innen oder durch die Möglichkeit der Integration weiterer existierender Forschungseinheiten in das Institut eingebracht werden.

Ein übergeordnetes Ziel des IQMT ist es, Synergien von Aktivitäten am KIT zu nutzen, wie grundlagenphysikalisch getriebene Materialentwicklungen und künstliches Strukturdesign, die auf die Entwicklung, das Verständnis und die Beherrschung neuer Funktionalitäten auf der Grundlage neuer Erkenntnisse und Entdeckungen ausgerichtet sind. Die Integration von adaptiven und abstimmbaren Quantenmaterialien in Bauteile zielt darauf ab, neue Bausteine für zukünftige Informationstechnologien zu schaffen.

Strategische Ereignisse

Teilnahme an QUSTEC, am MARIE SKŁODOWSKA-CURIE Horizon 2020 COFUND-Programm des European Campus Eucor (KIT, Universitäten von Basel, Freiburg und Straßburg) auf dem Gebiet der Quantenwissenschaft und Technologie.

Der von Prof. Dr. Jörg Schmalian am KIT koordinierte Antrag auf den SFB „Elastic Tuning and Response of Electronic Quantum Phases of Matter“ (<https://transregio288.org/>) wurde genehmigt.

Außerdem nimmt das IQMT teil an Hydrotronics, einem EU-finanzierten Netzwerk zur Erforschung hochreiner Materialien (<https://www.hytro.kit.edu/>), an HESEB, einer Helmholtz-SESAME (Synchrotron-light for Experimental Science and Applications in the Middle East) Beamline im Weichröntgen-Bereich sowie an Q.link.X BMBF-Projekt zur Realisierung von Quanten-Repeater-Links. Das IQMT koordiniert das SQUARE Quantum Flagship Projekt zum Quantencomputing mit Seltenerdionen.

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 Fisica Aplicada, Merida, Mexico,
- Instituto de Fisica Universidad Autonoma de Puebla, Puebla, Mexico.

A.1.4.5.3 Astroteilchenphysik (IAP)

Leitende Person

Institutsleiter: Prof. Dr. Ralph Engel

Kurzdarstellung

Das Institut für Kernphysik wurde zum 01. Oktober 2020 umbenannt und heißt seitdem Institut für Astroteilchenphysik bzw. Institute for Astroparticle Physics (IAP). Die Namensänderung spiegelt die mittlerweile über 20 Jahre vollzogene Verschiebung der thematischen Ausrichtung des Instituts wider.

Die Arbeiten des Instituts sind im Wesentlichen dem Programm MU zugeordnet, mit einer kleinen Programmbeteiligung an MT. Prof. Dr. Ralph Engel (IKP/IAP) übernahm zum 01. Januar 2020 die Sprecherschaft des Helmholtz-Programms MU. Dr. Andreas Haungs und Dr. Bianca Keilhauer, beide IKP/IAP, bilden das (nebenamtliche) Managementteam des Programms MU. Dr. Andreas Haungs ist zudem bis Ende 2020 Programmanteilssprecher des KIT für MU.

Die Aktivitäten im Institut sind Kernbestandteil des MU-Topics 3 „Matter and Radiation from the Universe“ (MRU). An diesem Topic beteiligen sich die Arbeitsgruppen „Pierre-Auger-Projekt“, „Kosmische Strahlung - Technologien“, „KATRIN“, „Dunkle Materie“, „Theoretische Astroteilchenphysik“, die Helmholtz-Nachwuchsgruppe von Prof. Dr. Kathrin Valerius, die sich in die KATRIN-Gruppe einordnet, sowie die ERC-finanzierte Gruppe von Prof. Dr. Frank Schröder, die den IceCube-Aktivitäten der Gruppe „Kosmische Strahlung - Technologien“ zugeordnet ist. Ein Teil der Arbeiten in der Gruppe „Kosmische Strahlung - Technologien“ ist zudem Bestandteil des Programms MT und des Projektes ADC-MAPP, das aus dem Innovationspool gefördert wird. Die Abteilung „TLK – Tritiumlabor Karlsruhe“ trägt mit ihren Arbeiten zum Tritium-Handling und zur -Sicherheit wesentlich zum wissenschaftlichen Arbeitsprogramm des IAP bei, insbesondere in Bezug auf das KATRIN-Experiment. Außerdem werden die Forschungsaktivitäten von den IKP/IAP-Gruppen „Konstruktion und Versuchstechnik“ und „Mess- und Automationstechnik“ technisch unterstützt, wobei zahlreiche mechanische Komponenten von der mit dem ITP und dem ETP gemeinsam geführten Verbundwerkstatt hergestellt werden. Die IKP/IAP-Arbeitsgruppe „Theoretische Teilchenphysik“ hat ihren Arbeitsschwerpunkt im MU-Topic 1 „Fundamental Particles and Forces“. Sie arbeitet sehr eng mit der mit diesem Topic assoziierten LK-II Infrastruktur GridKa (SCC) sowie mit den an den Instituten für Theoretische Physik (ITP) und Theoretische Teilchenphysik (TTP) ansässigen Wissenschaftlern/innen und der Gruppe von Prof. Dr. Thomas Schwetz-Mangold zur Theoretischen Astroteilchenphysik zusammen. In allen wissenschaftlichen Themen sowie in ge-

meinsamen Infrastrukturen, pflegt das IKP/IAP eine enge Kooperation mit dem Institut für Experimentelle Teilchenphysik (ETP). Dazu gibt es viele gemeinsame Arbeiten mit dem Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE).

Das IKP/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 IKP/IAP angesiedelt. Das IKP/IAP ist der deutsche Projektpartner der „Helmholtz International Research School for Astroparticle Physics and Enabling Technologies“, die vom KIT zusammen mit der Universidad San Martín Buenos Aires (UNSAM) organisiert wird.

Die Arbeiten im Institut waren im Jahr 2020 stark von der COVID-19-Pandemie betroffen. Zahlreiche Forschungs-, Datennahme- und Wartungs-Aufenthalte an den weltweiten Infrastrukturen mussten abgesagt und in einigen Fällen gar abgebrochen werden. Dennoch konnten in kürzester Zeit Maßnahmen ergriffen werden, um den Mess- und Datennahmebetrieb der meisten Infrastrukturen aufrecht zu erhalten, so dass hier zwar kaum Ausfälle aber doch deutliche Einschränkungen in der Instandhaltung und Wartung der Großgeräte zu verzeichnen sind.

Das KATRIN-Experiment konnte nach der Veröffentlichung des ersten Neutrinomassenergebnisses 2019 auch im Jahr 2020 beständig weiter Daten nehmen. Dabei wurde trotz Pandemiebedingungen das Jahresziel von über 200 Messtagen erreicht. Das Verhältnis von Signal- zu Untergrundrate konnte bedeutend verbessert werden, sowohl durch eine höhere Quell-Luminosität als auch durch dedizierte Maßnahmen zur Untergrundunterdrückung. Außerdem wurden umfangreiche Messkampagnen zu wichtigen systematischen Unsicherheiten durchgeführt. Die Analyse dieser Datensätze für ein neues Neutrinomassenresultat schreitet voran. Gleichzeitig werden die wissenschaftlichen Fragestellungen erweitert, wie etwa die Suche nach leichten sterilen Neutrinos im Präzisions-Betaspektrum der ersten Messphase.

Das EDELWEISS-Experiment konnte mit einer Langzeitmessung erfolgreich zu Ende geführt werden. Als Ergebnis wurden neue Ausschlussgrenzen auf leichte Dunkle Materie im Sub-MeV-Bereich erreicht. Im EDELWEISS-Setup befinden sich ebenfalls Molybdän-Bolometer des CUPID-Mo-Demonstrators, die eine hochempfindliche Vermessung des neutrinobehafteten Doppelbetazerfalls ($2\nu\beta\beta$) sowie die Suche nach dem neutrinolosen Doppelbetazerfall ($0\nu\beta\beta$) erlauben. Dank des erreichten extrem niedrigen Untergrundniveaus konnte eine weltführende Grenze auf die Halbwertszeit des $0\nu\beta\beta$ -Zerfalls von ^{100}Mo gesetzt werden.

Als Teil der neuen Aktivitäten beim XENON-Experiment waren Wissenschaftler/innen des IKP/IAP beim Aufbau und in der Inbetriebnahme des XENONnT-Detektors am LNGS, Gran Sasso, Italien, beteiligt. Erste wissenschaftliche Daten der 8-Tonnen-TPC werden im nächsten Jahr erwartet. Ebenso wurde die Empfindlichkeit des zukünftigen DARWIN-Detektors auf Physikkanäle neben der WIMP-Dark-Matter-Suche untersucht, wie z.B. die Suche nach $0\nu\beta\beta$ in ^{136}Xe sowie auf den Nachweis solarer Neutrinos durch Elektronenstreuung.

Das Pierre-Auger-Observatorium tritt mit der Installation von bereits mehr als 2/3 der ca. 1500 Szintillationsdetektoren, von denen 660 im IKP/IAP gebaut wurden, in absehbarer Zeit in eine neue Phase der Datennahme ein (Phase II). Alle derzeitigen Beobachtungen (Energiespektrum, energieabhängige Massenzusammensetzung, Obergrenzen an Flüsse und Quellen von Photonen und Neutrinos, groß- und kleinskalige Anisotropien) deuten darauf hin, dass die Flussunterdrückung bei den höchsten Energien nicht primär durch Energieverluste von Protonen und Kernen an der kosmischen Hintergrundstrahlung verursacht wird, sondern von der maximalen Rigidität der UHECR-Quellen dominiert wird. Dies ist eine völlig unerwartete Entdeckung, obwohl es schon immer herausfordernd war, Quellszenarien der kosmischen Strahlung vorherzusagen, die Teilchen auf über 10^{20} eV beschleunigen können.

Diese Entdeckung führt zu wichtigen Konsequenzen bei der Bewertung der Möglichkeiten, UHECR-Teilchen-Astronomie am Auger-Observatorium oder mit zukünftigen Großexperimenten durchzuführen.

Unter Federführung des IKP/IAP wurden bei der Entwicklung des neuen Monte-Carlo-Simulationsframeworks CORSIKA acht wesentliche Meilensteine erreicht. Neben einer komplettierten Implementation elektromagnetischer Schauer ist es unter anderem nun möglich, die gesamte Teilchenhistorie vollständig zu untersuchen. Damit eröffnen sich qualitativ neue Ansätze nicht nur für Experimente zur kosmischen Strahlung, sondern auch für Gamma-Strahlen-Experimente wie z.B. das kommende CTA-Experiment, oder das Neutrino-Observatorium IceCube. Die Entwicklung des Simulationsframeworks findet unter der GNU General Public License GPLv3 statt.

Das IKP/IAP ist gemeinsam mit Partnern am DESY an den Vorbereitungen zur Installation des IceCube-Upgrades beteiligt. Die Investitionsgelder aus beiden Zentren in Höhe von je ca. 2,9 Mio. Euro werden verwendet, um 420 optische Module für die In-Eis-Messungen sowie die Szintillations-Detektoren mit SiPM-Auslese für die Oberflächenerweiterung am Südpol zu bauen. Die Radioantennen für ein hybrides Detektorsystem werden maßgeblich im Rahmen eines ERC Starting Grant von Prof. Dr. Frank Schröder entwickelt und finanziert. Für alle drei Komponenten wurden 2020 Vorbereitungen für die Massenproduktion im Jahr 2021 getroffen. 2020 wurde am Südpol eine komplette Prototyp-Station des IceCube Surface Enhancement aus Szintillatoren und Radioantennen aufgebaut und in Betrieb genommen. Damit wurden auch im Rahmen des ERC-Projekts erste Erfolge erzielt und werden seit Sommer kontinuierlich Luftschauer kosmischer Strahlung gemessen. Parallel dazu schreiten die Analysen von zehn Jahren Datenaufnahme mit IceCube in allen Physikbereichen voran. Als Vorbereitung auf die Erweiterung von IceCube zur Messung höherer Neutrinoenergien, IceCube-Gen2, wurde ein White Paper veröffentlicht und zusammen mit dem DESY ein Vor-Antrag zu Helmholtz-Investitionsvorhaben im Helmholtz-Roadmap-Verfahren für die Kategorie C, Beteiligungen an internationalen Vorhaben, eingereicht.

Sowohl am KIT als auch am DESY haben sich 2020 anfängliche Initiativen weiterentwickelt, die die Beteiligung an einem Gravitationswellen-Experiment der dritten Generation (Einstein-Teleskop) vorantreiben. Für eine deutsche Beteiligung am Einstein-Teleskop wurde vom DESY und vom KIT gemeinsam ein Vor-Antrag zu Helmholtz-Investitionsvorhaben im Helmholtz-Roadmap-Verfahren für die Kategorie C, Beteiligungen an internationalen Vorhaben, eingereicht. Das IKP/IAP ist dabei maßgeblich an den Aktivitäten beteiligt.

In der theoretischen Astroteilchenphysik wurden verschiedene Ergebnisse zur Neutrinophysik sowie dunkler Materie erzielt. Eine globale Analyse der neuesten Daten zu Neutrinooszillationen führte zu einer gewissen Trendumkehr in den Daten: frühere Hinweise für CP-Verletzung verschwanden, und die Präferenz für normale Neutrinomassenordnung verringerte sich. Weitere Arbeiten behandeln die Suche nach exotischen sterilen Neutrinos. Die Arbeiten zu Dunkler Materie konzentrierten sich auf Axionen bzw. axion-artige Teilchen (ALP). Durch eine Analyse von CMB-Daten konnte mit Hilfe eines neuen Effekts der erlaubte Parameterraum für ultra-leichte ALP Dunkle Materie beschränkt werden. Bei dem neuen Effekt handelt es sich um die resonante Konversion von Dunkler Materie-Axionen in Photonen.

Der Fokus der Forschung zur theoretischen Teilchenphysik im IKP/IAP liegt auf Präzisionsrechnungen zu Observablen, die bei ATLAS, CMS und künftigen Beschleunigern gemessen werden. Diese Aktivitäten werden ergänzt durch Studien zur Formulierung und Untersuchung von Modellen jenseits des Standardmodells und zur Physik Dunkler Materie. Es wurden Korrekturen höherer Ordnung (bis zur NNLO-Ordnung der QCD) im Standardmodell zu Higgs-Zerfällen und -Produktionsprozessen und zur Z-Paarproduktion berechnet und bestimmte Infrarot-Subtraktionsterme bestimmt. Zudem wurden Signaturen erweiterter Higgs-Sektoren

am LHC, künftigen Lepton-Kollider und dem LHeC sowie Effekte neuer Physik in Einzeltop-Produktion untersucht. Weitere Forschungsaktivitäten wurden phänomenologischen Konsequenzen und konzeptionellen Fragen von Theorien Dunkler Materie für den LHC, Dunkle-Materie-Suchexperimente und Molekülspektroskopie gewidmet. Gemeinsam mit dem DESY wurde ein supersymmetrisches Modell, das durch kosmische Inflation motiviert ist, entwickelt.

Im Subtopic „Computing“ werden neue Informationstechnologien im Hinblick auf die Evolution des Computingmodells für den High-Luminosity Large Hadron Collider (HL-LHC) erforscht und entwickelt. Forschungsziel ist einerseits die Steigerung der Effizienz bestehender Ressourcen und der Leistungsfähigkeit der Datenanalysen durch den Einsatz von modernen Caching-Technologien, andererseits die transparente und dynamische Einbindung von opportunistisch genutzten Cloud- und HPC-Ressourcen in die bestehenden Computer-Infrastrukturen am KIT. Im vergangenen Jahr konnten dabei signifikante Fortschritte in beiden Gebieten erzielt werden. So wurde der Cloud Resource Manager COBaID/TARDIS im Rahmen des BMBF Verbundprojekts "ErUM Data Pilot: Innovative Digitale Technologien für die Erforschung von Universum und Materie (IDT-UM)" an die Bedürfnisse weiterer Projektpartner angepasst und diesen zur Verfügung gestellt. Dadurch ist es gelungen, HPC-Ressourcen an der Universität Freiburg, sowie HPC-Ressourcen an der RWTH Aachen in die am selben Standort betriebenen W-LCG Tier 2/3 Systeme transparent und dynamisch zu integrieren und mit Rechenaufgaben des W-LCG zu versorgen. An der RWTH Aachen gelang es so, die vorhandenen Rechenressourcen kurzzeitig sogar zu verdoppeln. Auf dem Gebiet der modernen Caching-Technologien wurde im letzten Jahr der Scheduling Simulator (LAPIS) entwickelt, mit dem es nun möglich ist, den Einfluss verschiedener Caching- und Datenverteilungsstrategien auf die Leistungsfähigkeit und Effizienz der Datenanalysen einfacher und genauer zu erforschen. Die entwickelte Software COBaID, TARDIS und LAPIS wurden dabei als Open Source Projekte verfügbar gemacht.

Zur strategischen Förderung von Programm- und Forschungsbereich-vernetzenden, innovativen Aktivitäten gibt es in der ersten Phase des Innovationspools ein Projekt im Programm MU am IKP/IAP, welches auch für die zweite Phase ein Anschlussprojekt bewilligt bekommen hat:

In ADC-MAPP schreitet das IKP/IAP gemeinsam mit Partnern am DESY voran bei der Umsetzung eines Analyse- und Datenzentrums für die Multi-Messenger Astroteilchenphysik. Ziel ist es, die bisherigen Ansätze wie das KASCADE Cosmic-ray Data Center (KCDC), KIT, oder das Alert Management, Photometry and Evaluation of Lightcurves (AMPEL), DESY, zu einem kohärenten Konzept einer Nutzer/inneneinrichtung zu erweitern. ADC-MAPP als Projekt im Innovationspool 2019-20, fokussierte sich auf folgende Felder, die teilweise auch bereits erfolgreich abgeschlossen wurden: Daten-Management (FAIR-Daten-Zyklus für die großen Infrastrukturen CTA, IceCube, Auger-Observatorium), „big data“-Analyse (mit Hilfe der Software Tools CORSIKA und Gammapy sowie durch DeepLearning-Anwendungen), Multi-Messenger-Analyse (Realtime Services, Zugang zu Daten-Archiven, Entwicklung von Workflows), Hardware-nahe Services (Interface Software, gemeinsame Helmholtz-Tier1-Infrastruktur für IceCube), Networking und Training (Nutzerkontakte, Kooperation mit z.B. NFDI, EOSC, ESCAPE, ErUM-Data, Outreach). Das Projekt (2019-2020) wurde aufgrund der späten Finanz-Bewilligung kostenneutral bis Ende 2021 verlängert. Ergänzt werden diese Aktivitäten auch durch das deutsch-russische Projekt HRSF-0027 aus dem Helmholtz Impuls- und Vernetzungsfonds. Für die zweite Förderperiode im Rahmen des Innovationspools werden in ADC-MAPP 2021-2023 folgende komplementäre Arbeitspakete (AP) prioritär bearbeitet: Data Lake (Vorbereitung eines Demonstrators für ein Astroparticle Data Lake Konzept); Community Software (FAIR-Daten-Zyklus für Gammapy und CORSIKA); Long-

Term Data Archive (Einheitliches Konzept zur Datenarchivierung und Reproduzierbarkeit der Papiere/Doktorarbeiten/Analysen); Real-time Services (Einbindung von LSST, IceCube und Einstein Teleskop in AMPEL); Integration des Einstein-Teleskops in ADC-MAPP.

Strategische Ereignisse

Prof. Dr. Kathrin Valerius, die bisher am KIT eine Helmholtz-Nachwuchsgruppe leitete, hat im März 2020 eine im Rahmen des Helmholtz-Erstberufungsprogramms (W2/W3) geförderte W3-Professur für experimentelle Astroteilchenphysik am IKP/IAP angetreten.

Im Rahmen des European Innovative Training Networks (ITN), einer Marie-Sklodowska-Curie-Maßnahme, konnte am 01. Oktober 2020 das HIDDDeN Projekt (Hunting Invisibles: Dark sectors, Dark matter and Neutrinos) mit Beteiligung des KIT starten.

Am 09. Dezember wurde Dr. Andreas Haungs (KIT) zum neuen Vorsitzenden der APPEC General Assembly (GA) gewählt. 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.

Im Rahmen der Umsetzung der Exzellenz-Maßnahmen des KIT konnten Fördermittel für ein Projekt zur Integration des Karlsruher Neutrino Experiments (KATRIN) in die curriculare Lehre eingeworben werden. Mit diesen Mitteln sollen nicht nur Praktikumsversuche nach dem Messprinzip von KATRIN aufgebaut werden, sondern auch Outreach-Materialien zur Vermittlung der Fragestellungen und Arbeitsmethoden aus der experimentellen Neutrinophysik für die breite Öffentlichkeit erstellt werden.

Ebenso aus ExU-Maßnahmen konnte eine Investition für Vorstudien zum Einstein-Teleskop, und hier insbesondere zum Monitoringsystem äußerer Einflüsse auf das Instrument (MoniGrav) getätigt werden.

Dr. Go Mishima wurde mit der "Particle Physics Medal: Young Scientist Award in Theoretical Particle Physics" ausgezeichnet. Dieser Preis wurde von der Abteilung für Teilchenphysik der Japanischen Physikalischen Gesellschaft verliehen. Er honoriert die Leistungen von Dr. Mishima im Zusammenhang mit einer neuen Technik zur Berechnung von Feynman-Diagrammen mit mehreren Skalen, die er entwickelt hat.

Im Rahmen des Helmholtz-OCPC-Postdoc-Programms konnten am IKP/IAP im Laufe des Jahres 2020 eine Wissenschaftlerin (Dr. Jinyu Zhu) und ein Wissenschaftler aus China (Dr. Chao Zhang) ihre Forschungsarbeiten im Themenfeld von *Matter and the Universe* aufnehmen.

Junge Nachwuchswissenschaftler/innen haben am KIT mit dem „Young Investigator Group Preparation Program“ (YIG Prep Pro) die Möglichkeit, frühzeitig und strukturiert ihre wissenschaftliche Karriere als zukünftige Gruppenleiter/innen vorzubereiten. Über diese Initiative konnten im Umfeld des Programms MU in 2020 drei aussichtsreiche Nachwuchswissenschaftler/innen für das IKP/IAP gewonnen werden. Alle drei wählten die Förderschiene „YIG Prep Pro Remote Fellowship for International Postdocs“. Dr. Ana Martina Botti forscht derzeit am Fermi National Accelerator Laboratory in Kooperation mit Wissenschaftler/innen des MU-Programmthemas „Matter and Radiation from the Universe“, ebenso Dr. Dennis Soldin an der University of Delaware und Dr. Sebastian Baum an der Stanford University.

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.

A.1.4.5.4 Nanotechnologie (INT)

Leitende Personen

Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr.-Ing. Horst Hahn,

Direktoren: Prof. Dr. Manfred Kappes, Prof. Dr. Martin Wegener

Kurzdarstellung

Das INT am KIT wurde im Juni 1998 auf Initiative des damaligen Forschungszentrums (heute KIT Großforschungsbereich), der damaligen Universität Karlsruhe (TH) (heute KIT Universitätsbereich) 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 mit erarbeitet und auch über die von Prof. Dr. Wolfgang Wenzel begleitete neue Materialforschungsstrategie der Helmholtz Gemeinschaft 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.

Das INT ist als Plattforminstitut mit derzeit 16 wissenschaftlichen Abteilungen (Stand Dezember 2020) organisiert, die jeweils von international ausgewiesenen Universitätsprofessoren/innen 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 Wissenschaftler/innen 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 Anwen-

dingsrelevanz der Forschung am INT wird beispielhaft belegt durch die enge Kooperation bei 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 2020 war das INT schwerpunktmäßig im Forschungsprogramm der Helmholtz-Gemeinschaft in STN und SCI eingebunden. Weiterhin zeichnet das INT verantwortlich für das stark angefragte Labor für Mikroskopie und Spektroskopie der Karlsruhe NanoMicro Facility (KNMF), einer wissenschaftlichen Einrichtung für externe Nutzer/innen von nationalen und internationalen Universitäten und Forschungseinrichtungen.

Die FuE-Arbeiten des INT sind innerhalb der PoF III-Periode auf die folgenden Programmenthemen 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 (KNMF).

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 2020 wurden 115 Doktorarbeiten von Mitarbeiter/innen des Instituts betreut; davon schlossen 18 Doktoranden/innen ihre Dissertation am INT ab.

Mit derzeit 338 ISI Web-of-Science gelisteten Publikationen mit Erscheinungsjahr 2020 (Vorjahr: 377) ist die Publikationsleistung des Instituts weiterhin sehr hoch, und das obwohl zum 01. Januar 2020 etwa 20% der Wissenschaftler/innen an das Institut für Quantenmaterialien und Technologien (IQMT) gewechselt sind. Damit trug das INT wesentlich zu der sehr guten Performanz der Programme STN und SCI bei. Der Hirsch-Index des INT stieg auf 164 (Vorjahr: 156). Mit den INT-Abteilungsleitern Prof. Dr. Jürgen Janek und Prof. Dr. Martin Wegener waren zwei von acht der vom Medienkonzern Clarivate ausgezeichneten „Highly Cited Researchers“ des KIT Wissenschaftler am INT. Die hohe Qualität der Publikationen des INT wird auch dadurch belegt, dass ein großer Teil der Arbeiten in renommierten Zeitschriften (über 80 davon in Zeitschriften mit Impact-Faktor größer als 10, davon neun in der Familie der „Nature“-Publikationen) angenommen wurden und mit hohen Zitationszahlen ausgewiesen sind. Mit durchschnittlich 50 Semesterwochenstunden pro Semester sind wissenschaftliche Mitarbeiter/innen 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:

Hochentropie-Oxide für Lithium-Batterien

Durch die erfolgreiche Übertragung des High-Entropy-Konzepts auf Schichtstrukturen konnten erste Prototypen von High-Entropy Interkalationsmaterialien für reversible Li-Batterien hergestellt werden. Die genutzte Kristallstruktur entspricht derjenigen von handelsüblichen Kathoden. Den Forschenden gelang es, die Anzahl an Übergangsmetallen in der Verbindung auf über fünf zu erhöhen und dadurch die elektrochemischen Eigenschaften der Materialien zu ändern. Durch den kombinatorischen High-Entropy Ansatz wird hiermit der Weg für eine

ungeahnte Vielzahl an neuen Kathodenmaterialien geebnet. Weiterhin wird eine Stabilisierung der Kristallstruktur durch die erhöhte Entropie angestrebt, damit mehr Lithium aus der Struktur freigesetzt werden kann, was zu höheren Energiedichten führen wird (DOI: 10.1038/s41598-020-75134-1).

Schnellster hochpräziser 3D-Drucker

3D-Drucker, die im Millimeterbereich und größer drucken, finden derzeit Eingang in die unterschiedlichsten industriellen Produktionsprozesse. Viele Anwendungen benötigen jedoch einen präzisen Druck im Mikrometermaßstab und eine deutlich höhere Druckgeschwindigkeit. Forscher/innen des KIT haben ein System entwickelt, mit dem sich mit etwa zehn Millionen Voxels pro Sekunde hochpräzise, zentimetergroße Objekte mit submikrometergroßen Details drucken lassen. Dieses System präsentieren sie in einem Sonderband der Zeitschrift Advanced Functional Materials. (DOI: 10.1002/adfm.201907795).

Der Anwendungsbezug der wissenschaftlichen Arbeiten am INT zeigt sich auch an sieben Patentanmeldungen in 2020 sowie an den Ausgründungen mit Beteiligung oder unter Federführung von Wissenschaftlern/innen. Die in den letzten Jahren gegründeten Firmen Nanoscribe GmbH (Technologie der dreidimensionalen Laserlithographie) und 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 01. Januar 2020 und dem damit verbundenen, vollständigen oder teilweisen Transfer von Forschungsabteilungen und etwa 20% der Wissenschaftler/innen 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, hat das INT im Jahr 2020 zwei strategisch wichtige Berufungen auf den Weg gebracht:

Erstens wird mit der Ausschreibung einer W3-Professur für informationsbasiertes Materialdesign und Nanowissenschaften für die Nachfolge des Geschäftsführenden Direktors Prof. Dr.-Ing. Horst Hahn eine weltweit führende Persönlichkeit gesucht, die die Forschungsarbeiten im Programm MSE prägend mitgestalten und im Laufe der PoF IV-Periode zukunftssträftig weiterentwickeln wird.

Zweitens soll mit der Einrichtung der W3-Professur für elektronische Bauelemente und Systeme in zukünftigen Technologien eine wesentliche Brückenfunktion zwischen den Programmen 1 bis 3 erfüllt werden, wobei der Schwerpunkt im Programm 3 derzeit Topic 1 "Functionality by information-guided Design: From molecular concepts to materials" auf dem Gebiet der gedruckten Elektronik und Sensorik liegt und diesen nachhaltig stärken soll. Das Berufungsverfahren wird voraussichtlich 2021 abgeschlossen sein.

Zudem übernimmt Prof. Wenzel vom INT sowohl die Sprecherschaft des KIT-internen Netzwerks zu virtuellem Materialdesign, als auch Helmholtz-weit die Koordinatorenfunktion im Joint Lab VMD.

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, wur-

de das Gebäude 717 wieder dem INT zur Verfügung gestellt. Dort werden die Aktivitäten von Gruppen des POLiS-Clusters mit anderen Forschungsgruppen aus der Batterieforschung (BELLA, HIU, IAM-ESS, TFT) gebündelt. In diesem Zusammenhang wird der Sprecher des POLiS-Clusters Prof. Dr. Maximilian Fichtner von der Universität Ulm (und HIU) an das INT als Abteilungsleiter angebunden. Seine Abteilung zog im April in das Gebäude 717 um. Die freiwerdenden Labore wurden unter anderem Gruppen des 3DMM2O-Clusters und der Quantencomputing-Gruppe um Dr. Ioan Pop (IQMT) zur Verfügung gestellt.

Die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, unter besonderer Berücksichtigung der Gender- und Diversity-Aspekte, ist ein erklärtes Ziel des INT. Drei Abteilungsleiterinnen und sechs Gruppen- bzw. Projektleiterinnen forschen 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 ans INT angebunden.

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 01. 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 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 und Hahn/Gleiter betrieben. Auch mit der City University Hongkong besteht eine Kooperation. 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 belegt wird. Auch mit der University of Waterloo in Kanada besteht eine Kooperation zum Austausch von Master-Studierenden.

A.1.4.5.5 Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE)

Leitende Person

Institutsleiter: Prof. Dr. Marc Weber (bis 30. September 2020), Dr. Matthias Kleifges (ab 01. Oktober 2020)

Kurzdarstellung

Mit seinem sehr breiten Anwendungsspektrum ist das IPE in den Helmholtz-Programmen MT, MU, SCI und STN vertreten. Dabei nutzt IPE seine Kompetenzen in der Entwicklung schnellster Datenaufnahmesysteme, im Bau von Detektoren, dem Sensor- und Mikrochip-design sowie in der Aufbau- und Verbindungstechnik für seine Vorhaben und Kooperationen mit externen Partnern und in internationalen Kollaborationen.

Zum Jahresende 2020 waren im IPE 79 Mitarbeiter/innen beschäftigt, darunter 28 Akademiker/innen, 24 Ingenieure/innen und 27 Promovierende. Hinzu kommen verteilt über das Jahr fünf Gastwissenschaftler, 25 Bachelor- und Masterstudierende sowie drei Auszubildende und acht Praktikanten/innen.

Nachfolgend werden ausgewählte Beiträge zu den verschiedenen Programmen dargestellt.

Programm MT

Im Programm MT koordiniert IPE das Thema „Detektortechnologie und -systeme“ (MT-DTS). Deshalb war die strategische Begutachtung des Forschungsbereiches Materie zu Jahresbeginn und die anschließende Vorstellung des Investitionsantrags für das verteilte Detektorlabor (DDL), eine Forschungsinfrastruktur mit einem Volumen von ca. 32 Mio. Euro von besonderem Interesse. Das Gutachtervotum war in beiden Fällen sehr positiv. Mit drei erfolgreichen Anträgen im Helmholtz Innovationspool ist das IPE auch weiterhin Innovationstreiber in der Detektorinstrumentierung.

Das KIT ASIC- und Detektorlabor hat die HVCMOS Technologie mit der Submission zahlreicher Sensoren und Chips weiter vorangetrieben. Interessant sind u.a. die monolithischen Matrizen für die Grundlagenexperimente PANDA, CEPC, CLIC und LHCb sowie der verbesserte 2 cm x 2 cm große ATLASPIX3 Sensor, der in Labor- und Teststrahlungsmessungen erfolgreich validiert wurde. Neben Anwendungen in Teilchen- und Astroteilchenphysik sind unsere Sensoren auch in der Medizin als Strahlmonitor am Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT) erfolgreich im Einsatz. Die neueste Entwicklung ist ein Chip mit integriertem ADC und strahlungstoleranten Speicherzellen, der in 28 nm Technologie gefertigt wird. Ebenfalls neu ist ein Auslesechip (in 180 nm Technologie), der pro Pixel eine 10-bit Energieauflösung mit einer Zeitauflösung von 50 ps eines Time-to-Digital Converter kombiniert. Er ist für Röntgenfluoreszenzanwendungen im Projekt PLASMED-X und für verschiedene andere Anwendungen (z.B. Auslese von Low-gain Avalanche Diodes - LGADs) geeignet.

Die Studien in Zusammenarbeit mit CERN, INFN Pisa und der Universität Bristol zur Herstellung schneller, strahlenharter Ringmodulatoren für den Einsatz in Satelliten wurden erfolgreich abgeschlossen. Das Projekt, welches im Rahmen von HORIZON 2020 durch AT-TRACT Phase 1 gefördert worden war, hat die Einstellung des resonanten Arbeitspunktes mit Hilfe gekoppelter thermo-optischer Simulationen untersucht. Aufgrund des weiten Anwendungsfelds hofft IPE auf eine weitere Förderung in Phase 2, um die Ergebnisse der Simulation in einen Prototyp für Ringmodulatoren umsetzen zu können.

Die Produktion von Modulen für den STS-Detektor des CBM-Experiments an der GSI wurde vorbereitet. Nach Anpassung der bestehenden Fertigungsinfrastruktur wurden erste Prototypen von Aluminiumkabeln produziert. Dabei wurden auch alle Vorrichtungen für den Test der

Module validiert und der Testablauf erprobt. Zur besseren Qualitätskontrolle von Löt- und Bondverbindungen wurde eine Maschine (Ion-Beam Mill) in Betrieb genommen, die sich durch eine sehr hohe Schnittgeschwindigkeit auszeichnet. Ferner wurde die Detailplanung für die Ausstattung und den Betrieb der HSS- und KCOP-Labore vorangebracht.

Für die Online-Datenverarbeitung von vielkanaligen Detektorsystemen ist das leistungsfähige Datenauslese-Board „Serenity-A2577“ entwickelt worden. Es verfügt über 240 optische Eingänge mit jeweils einem 25 Gbps Link, sodass sich eine Datentransferrate von insgesamt 6 Tbps realisieren lässt. Die Daten werden von einem hochkomplexen FPGA empfangen, prozessiert und die Resultate weitergeleitet. Diese Leistungsfähigkeit wird für den neuartigen L1-Track Finder des CMS Upgrades Phase-2 (LHC-HL) benötigt. Die HW-Architektur erfüllt die hohen Echtzeitanforderungen, um im Durchschnitt 200 Ereignisse alle 25 ns auswerten zu können.

Die Strahldiagnose-Instrumente KAPTURE und KALYPSO wurden weiterentwickelt. Das neue Gigasample-Abtastsystem KAPTURE2 verdoppelt die Zahl der Messpunkte von 4 auf 8, die mit einem zeitlichen Abstand von 3 ps Elektronenpulse abtasten können. Erste Messungen am Forschungssynchrotron KARA bestätigen die Leistung des Systems. Unsere KALYPSO-Zeilenkamera mit Standard Silizium-Sensor ist am XFEL in Betrieb gegangen. Sie misst mit einer Rate von 2,26 MHz über elektro-optische Modulation kontinuierlich das longitudinale Bunch-Profil. Die Verbreiterung des Frequenzspektrums von KALYPSO in den Infrarot-Bereich ermöglicht nun auch den Einsatz von PbSe und PbS-Sensoren. Dadurch werden KALYPSO-Systeme inzwischen über Strahldiagnose hinaus auch für medizinische Anwendungen und in der Materialuntersuchung eingesetzt.

Die Entwicklung der Auslesesysteme für metallisch magnetische Kalorimeter wurde intensiv vorangetrieben. Das HF-Mischkonzept wurde in einem Prototyp verifiziert, ebenso wie die Verifikation der Signalverarbeitungskette an realen Sensoren. Weiterhin wurden die Designs der Platinen in einer neuen Revision optimiert. Die Qubit-Kontroll- und Ausleseplattform wurde insbesondere hinsichtlich Ihrer Nutzbarkeit optimiert. So entstand beispielsweise eine neue benutzerfreundliche Beschreibungssprache für Qubit-Experimente.

Das Technologietransferprojekt „3D-USCT Multicenter Study in China“ zur Brustkrebsfrüherkennung erreichte mit dem Aufbau der ersten zwei 3D-Ultraschallcomputertomographen ein wichtiges Teilziel. Die Hardware beider Systeme wurde fertig gestellt und die Inbetriebnahme der Systeme an beiden Standorten, d.h. im IPE und in Hangzhou, hat begonnen.

Programm MU

Das IPE hat sich auch 2020 auf den Gebieten der Datenerfassung, IT-Infrastruktur, Detektor Elektronik, Magnetfeldüberwachung, Steuerungstechnik und Hochspannungstechnik am Betrieb und am Ausbau des KATRIN-Experimentes beteiligt. Wesentliche Beiträge des IPE haben zum erfolgreichen Messbetrieb beigetragen und werden weiter optimiert.

So wurden z.B. die KATRIN-Magnetometersysteme um neu entwickelte Präzisionsmagnetometer erweitert, um einen untergrund-ärmeren Betrieb mit verschobener Analysierebene zu ermöglichen. Die komplette Datenaufnahme der mobilen Sensorsysteme wurde erneuert und für weitere Messaufgaben vorbereitet. Im Zuge der Arbeiten wurde das bereits 2019 für den Betrieb mit verschobener Analysierebene ertüchtigte Spektrometer-Luftspulensystem mit den nun ebenfalls verbesserten Magnetometersystemen in eine gemeinsame „Slow Control“-Infrastruktur zusammengeführt. Dabei wurde das Detektormagnetsystem ebenfalls überholt und mit einem neuen Automatisierungssystem ausgestattet.

Im Hinblick auf die Suche nach sterilen Neutrinos mit TRISTAN entwickelt das IPE ein neues Datenaufnahmesystem, das sich durch detektornahe Digitalisierung, höhere Integrationsdichte und schneller Datenverarbeitung auszeichnet. Eine prototypische Frontend-

Baugruppe konnte 2020 fertiggestellt und erfolgreich in Betrieb genommen werden. Für die zukünftig höheren Datenraten des Detektors und der „Slow Control“ wurde die Cloud-basierte Daten- und Analyseinfrastruktur erweitert. In diesem Zuge werden weitere Dienste die Cloud-Strukturen mit vereinheitlichten Kommunikationsprotokollen nutzen.

Mit dem Ende der letzten Messung hat das IPE seine Arbeiten am EDELWEISS-Experiment (zum Nachweis von „Dunkler Materie“) eingestellt. Die Elektronik steht weiterhin im Untergrundlabor in Modane für Nachfolgeaktivitäten zur Verfügung.

Das erste Testsystem für die Produktion neuer Elektronik für den Auger Oberflächendetektor wurde an den italienischen Hersteller SITAEL im März 2020 übergeben. Basierend auf den Erfahrungen der Vorproduktion wurde die Testprozedur angepasst und ein zweites System im Oktober installiert und in Betrieb genommen.

Programm SCI

Das Programm SCI wurde mit der Vorstellung eines flexibel konfigurierbaren Batteriesystems erfolgreich abgeschlossen. Das System erlaubt das Zusammenschalten von unterschiedlichen Batteriemodulen mit unterschiedlichen chemischen Eigenschaften der Zellen, verschiedenen Leistungseigenschaften und geometrischen Formfaktoren. Darüber hinaus wurde eine neue Methode zur Schätzung des Ladungs- und Alterungszustandes der Zellen und der Batterie entwickelt. Der verwendete Algorithmus basiert auf intelligent konfigurierten Kalman-Filtern, und er wurde in das am IPE entwickelte Batteriemanagementsystem integriert.

Programm STN

Unsere Weiterentwicklung des Designs von monolithisch integrierten, planaren, konkaven Gitter(de)multiplexern haben zu deutlichen Verbesserungen geführt, die bei gegebenem Fertigungsprozess die sehr genau die Adaption passender Wellenlängenfilter erlauben. Umfangreiche Simulationsreihen und experimentelle Daten bestätigen diese Verbesserungen.

Strategische Ereignisse

Die Programme mit IPE-Beteiligung sind in der strategischen Begutachtung für PoF IV überdurchschnittlich gut bewertet worden. Um die Programmziele langfristig weiter verfolgen zu können, war der Abschluss der Entwurfsplanung für die Fertigungshalle Bau 233 von besonderer Bedeutung. Zum Jahresende konnte mit der Freigabe des Stellen- und Raumbedarfsplans durch das BMBF und MWK ein wichtiger Meilenstein erreicht werden.

Um unser Ziel, die Produktion von hochauflösenden supraleitenden Sensoren in Zusammenarbeit mit der Universität Heidelberg, zu erreichen, wurde eine neue Fachgruppe „Kryogene Sensoren und Elektronik“ eingerichtet. Leiter der Gruppe ist Prof. Dr. Christian Enss, der seine Erfahrung bei der Produktion solcher Systeme für den Aufbau der Gruppe mitbringt.

Mit der Ernennung von Prof. Dr. Marc Weber zum Bereichsleiter des Bereichs V hat Dr. Matthias Kleifges die kommissarische Institutsleitung ab 01. Oktober 2020 übernommen. Die Berufungskommission zur Findung des/der künftigen Institutsleiter/in wurde noch Ende des Jahres eingerichtet.

Längerfristige Kooperationen

Die breite Themenabdeckung des IPE und die Beteiligung an vier HGF-Programmen führen zu zahlreichen Kooperationen innerhalb des KIT, mit anderen Helmholtz-Zentren und mit deutschen und europäischen Universitäten. Durch die Mitgliedschaft des IPE in internationalen Kollaborationen wie Auger, Belle II, CBM, CMS, PANDA und KATRIN bestehen Kontakte

auf internationaler Ebene zu etwa 100 Institutionen in dutzenden Ländern, insbesondere in Argentinien, England, Frankreich, Italien, in den Niederlanden, Russland und in den USA.

A.1.4.5.6 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 IPS auf methodische Forschung und Entwicklung zu Röntgenmikroskopie-, Spektroskopie- und Streu-Verfahren. Dabei liegt der Fokus auf in situ, operando und in vivo-Charakterisierung technologischer und biologischer Prozesse und deren Anwendung in den Material- und Lebenswissenschaften, mit besonderer Ausrichtung auf die Forschungsschwerpunkte des KIT, insbesondere in den Energie- und Informationstechnologien.

Im Rahmen des Helmholtz-Programms 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 Grundlagen- und 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 Studenten/innen verschiedener Fachrichtungen bereits im Bachelorstudium, im Masterstudium und als Doktoranden/innen 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“)

Am IPS wurde die X-SPEC-Beamline entwickelt, gebaut und in Betrieb genommen. X-SPEC ist eine Spektroskopie-Beamline mit weltweit einzigartigem Energiebereich: Weiche und harte Röntgenstrahlung können in einer einzigen Beamline kombiniert werden, wodurch eine einzelne Probe in einem Energiebereich von 70 eV bis 15 keV mit hohem Photonenfluss untersucht werden kann. Zum Einsatz kommen eine Reihe von Spektroskopietechniken: Röntgenabsorptions- und Emissionsspektroskopie (XAS, EXAFS und XES), resonante inelastische Röntgenstreuung (RIXS), sowie Photoelektronenspektroskopie im weichen (PES) und harten (HAXPES) Röntgenbereich. Der Einsatz dieser Techniken gewährt unter anderem einzigartige Einblicke in angewandte Materialsysteme, wobei X-SPEC insbesondere für in situ und operando-Untersuchungen optimiert ist.

Es wurden im „Materials“-Topic weiterhin Studien zum Wachstum von Nanostrukturen anwendungsrelevanter Materialsysteme betrieben. So wurden Mechanismen des Wachstums von Platin-Kontakten, dielektrischen Filmen und multiferroischen Materialien für Spintronic-Anwendungen mittels gepulster Laserabscheidung (PLD) untersucht, um dieses für eine optimierte Funktionalität steuern zu können. Die Methodenkombination von zeitaufgelöster *in situ* Beugung und Kleinwinkelstreuung (GISAXS) am NANO-Strahlrohr und komplementärer Labormethoden erlaubt es, eine Vielzahl von Volumen-, Ober- und Grenzflächeneigenschaften epitaktischer Nanostrukturen detailliert zu verfolgen. Da die Optimierung multiferroischer Heterostrukturen und ähnlicher nanoskaliger Materialsysteme ein iterativer Prozess ist, wird über den systematischen Einsatz eines solch umfassenden messtechnischen Portfolios vor Ort eine substantielle zeitliche Verkürzung der Entwicklungsschleifen erreicht.

Eisen-Silizium-Nanostrukturen, die sich selbst auf Si-Oberflächen ausrichten, werden als Bausteine zukünftiger Nanoelektronik in Erwägung gezogen. Mittels inelastischer Kernstreuung wurde die Gitterdynamik von FeSi₂-Nanoinseln und -Nanodrähten als Funktion von deren Größe systematisch über einen weiten Bereich untersucht. Dabei wurden ausgeprägte größenabhängige Effekte beobachtet und mittels ab initio-Berechnungen umfassend verstanden.

Zur Verfolgung des GaAs-Nanodrahtwachstums wurde RHEED erstmals für die quantitative Bestimmung der Nanodrahtkristallstruktur höhenaufgelöst verwendet, um Röntgenmessungen zu komplementieren. Das verwendete Modell berücksichtigt Extinktion, Absorption und Abschattung der Elektronen und ermöglicht nun Untersuchungen des in verschiedenen Materialien auftretenden Polytypismus während des Wachstums direkt in den Depositionskammern.

Mit einer Kombination von Röntgenspektroskopie für die chemische Zusammensetzung, Kleinwinkelstreuung für die Bestimmung der Partikelgröße und Röntgenbildgebung zur Verteilung von Partikeln konnte die Materialejektion bei der gepulsten Laserablation in Flüssigkeiten mikrosekunden- und mikrometergenau aufgelöst werden. Insbesondere eine neu entwickelte Röntgen-Dunkelfeldbildgebung auf Shack-Hartmann-Basis konnte die Partikelverteilung nachweisen, während zerstäubtes Zink von emittierten Partikeln spektroskopisch unterschieden werden konnte.

Bildgebung höherer hierarchische Ebenen von Organismen für die Lebenswissenschaften (im MML Research Topic: „Life Sciences: Building Blocks of Life: Structure and Function“)

Großserien biologischer Proben wurden mit Mikrotomographie digitalisiert. Ein entscheidender Teil der Analyse ist die Segmentierung der einzelnen Organe eines Organismus. Gemeinsam mit Projektpartnern wurde eine leicht zu bedienende open-source Online-Plattform für die semi-automatische - und damit verbesserte und beschleunigte - Segmentierung von 3D-Daten entwickelt. Die Plattform ermöglicht darüber hinaus das Training künstlicher neuronaler Netze zur weiteren Beschleunigung der Segmentierung großer Probenserien. Dadurch rückt die Möglichkeit einer vollständig automatisierten Segmentierung der Volumendaten für große komparative Studien in breiten wissenschaftlichen Feldern der Lebenswissenschaften in greifbare Nähe.

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), Institut Laue-Langevin (Grenoble, Frankreich), Institute of High Pressure Physics UNIPRESS (Polen), MINES ParisTech (Frankreich), National Research Tomsk Polytechnic University (Russland), 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).

Industriepartner

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 Helmholtz-Senat

Koordinator: Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka (KIT)

Beteiligte Helmholtz-Zentren: DLR, FJZ, GFZ, HZB, HZDR, IPP, KIT, UFZ

A.2.1.1.1 Der Forschungsbereich im Überblick

Struktur des Forschungsbereichs Energie

Zum 01. Januar 2015 hatte im Forschungsbereich Energie (FB Energie) der Helmholtz-Gemeinschaft die dritte Periode der Programmorientierten Förderung (PoF III) begonnen. Der Forschungsbereich weist in PoF III die folgende Programmstruktur auf:

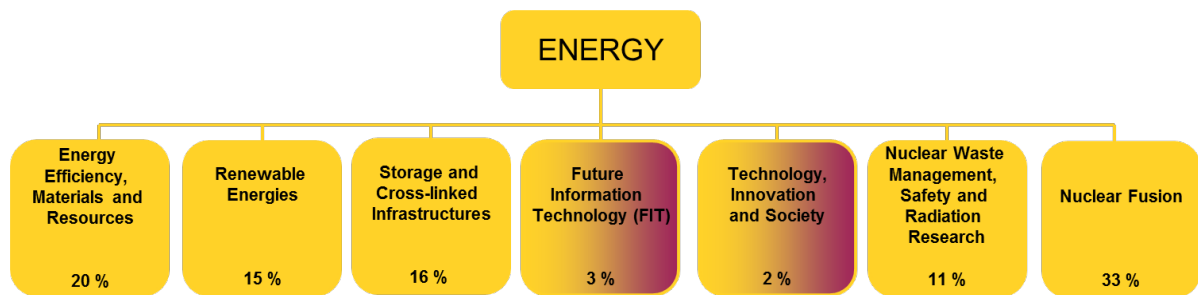


Abbildung 1: Der Forschungsbereich Energie im Überblick

Entwicklung im Forschungsbereich Energie

Im Jahr 2020 wurden im FB Energie die in **PoF III** geplanten Arbeiten **erfolgreich abgeschlossen**. Die sieben Programme des FB Energie setzten in 2020 ihre Arbeiten planmäßig fort und schlossen die PoF III erfolgreich ab.

Darüber hinaus war das Jahr 2020 im FB Energie geprägt durch den **Übergang von PoF III zu PoF IV**: dies umfasste die **Vorbereitung der Forschungsaufgaben** für die PoF IV sowie die **Vorbereitung der Umsetzung der Gutachter- und Senatsempfehlungen**. Der Gesamtprozess wurde vom Vizepräsident Energie koordiniert.

In **PoF IV** wird der FB Energie den sich aus dem Umbau des Energiesystems hin zu erneuerbaren Energien ergebenden Herausforderungen mit seiner **wissenschaftlichen Schwerpunktsetzung in vier Programmen** begegnen: Energy System Design (ESD); Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET); Fusion (FUSION); Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research (NUSAFE). Die neue Programmstruktur wurde durch die Ergebnisse der strategischen Bewertung und die Senatsempfehlungen für die PoF IV bestätigt.

Für den **Übergang der sieben PoF III-Programme in die vier PoF IV-Programme** gilt: Das EMR-Programm und das RE-Programm gehen fast vollständig im neuen MTET-Programm auf. Die größten Teile des SCI-Programms und das TIS-Programm bilden das neue ESD-

Programm. Die Arbeiten aus dem FIT-Programm werden im Forschungsbereich Information weitergeführt. Die Programme NUSAFE und FUSION werden in weiterentwickelter Form in PoF IV weitergeführt.

Um die Zusammenarbeit in den neuen Programm- und Topicstrukturen vorzubereiten, fanden in allen vier PoF IV-Programmen Workshops sowie **Programm- und Topictreffen** statt. Die **Programm- und Topicboards** für PoF IV wurden besetzt.

Nach Ende der assoziierten Mitgliedschaft des **IPP** in der Helmholtz-Gemeinschaft zum 01. Januar 2021 ist die zukünftige wissenschaftliche Partnerschaft durch einen Kooperationsvertrag geregelt. In diesem Rahmen wird die wissenschaftliche Zusammenarbeit im FB Energie fortgeführt. Eine langfristige und besonders intensive Zusammenarbeit ist im Bereich der Fusionsforschung vorgesehen („Wissenschaftliche Assoziation“). Das IPP wird langfristig an der Erstellung und Umsetzung des Programms Fusion mitwirken.

GFZ und UFZ scheiden mit Ablauf der PoF III aus dem FB Energie aus und konzentrieren ihre Arbeiten im FB Erde und Umwelt.

Die gemeinsame Initiative der FB Energie „**Energy System 2050**“ (ES2050) wurde im September 2020 mit einer Konferenz, die in Berlin sowie mit digitalen Formaten stattfand, erfolgreich abgeschlossen. Dabei wurden Fragen zur Transformation des Energiesystems und dem Beitrag der Energieforschung dazu beleuchtet. Auf der Konferenz wurden die in PoF III gemeinsam erarbeiteten Ergebnisse der Politik, den Ministerien und der Presse vorgestellt. (für mehr Informationen siehe Bericht zu ES2050 im Anhang).

Die Forschungsinhalte aus ES2050 werden in PoF IV in den neuen Programmen ESD und MTET aufgehen. ES2050 wird ab 2021 unter dem etablierten Namen als zentrale Plattform des Forschungsbereichs Energie weiter ausgebaut. Zukünftig dient ES2050 insbesondere der programm- und FB-übergreifenden Vernetzung sowie dem Talentmanagement, der Öffentlichkeitsarbeit und dem Wissenstransfer (Outreach).

2020 widmete sich der FB Energie im Rahmen der Vorbereitung der nächsten programmorientierten Förderphase außerdem **Vorbereitungen zur Entwicklung einer Helmholtz Energy Transition Roadmap (HETR)** sowie zur **Aktualisierung der Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen**.

Bei den **Sitzungen des Management Boards und der Forschungsbereichsplattform** standen ebenfalls der Übergang von PoF III zu PoF IV und die hier genannten Entwicklungen im Fokus. Aufgrund der Corona-Pandemie fanden in 2020 erstmals alle Gremiensitzungen des FB Energie als Videokonferenzen statt.

Die **Koordinationsstelle Helmholtz-Forschungsbereich Energie**, die den Vizepräsidenten der Helmholtz-Gemeinschaft und Koordinator des FB Energie unterstützt, wurde am KIT eingerichtet. In ihr sind für die PoF IV neben der Administration des Forschungsbereichs auch die Koordination der Erstellung von HETR und die Koordination von ES2050 gebündelt.

Da Wasserstofftechnologien für den Erfolg der Energiewende ein unverzichtbarer Baustein sind, wurde in 2020 unter Federführung des FB Energie ein **Helmholtz-Kompetenzatlas Wasserstoff** erstellt. Dieser wurde in Langversion (Broschüre) und Kurzversion (Flyer) an Ansprechpartner aus Politik und Gesellschaft übermittelt sowie ist über eine Themenseite Wasserstofftechnologien auf der Helmholtz-Website abrufbar. An zehn Helmholtz-Zentren aus vier Forschungsbereichen werden wesentliche Forschungsarbeiten zu Produktion, Speicherung und Nutzung von grünem Wasserstoff sowie Integration in das Energiesystem durchgeführt. So liefert die Helmholtz-Gemeinschaft zentrale Beiträge zu den nationalen und europäischen Wasserstoffstrategien. Im Rahmen der **Helmholtz-Klimainitiative (HI-CAM)** erarbeitet der FB Energie Lösungen zur Reduktion von CO₂-Emissionen durch technologi-

sche Entwicklungen, die zur Begrenzung des mittleren Temperaturanstiegs auf unter 2 °C bis 2050 beitragen werden.

Der FB Energie trieb in 2020 die Erarbeitung einer **Helmholtz-Materialforschungsstrategie** federführend voran und wirkte an der Erarbeitung einer **Helmholtz-Digitalisierungsstrategie** mit. Die Erstellung beider Strategien wird in 2021 fortgeführt.

Außerdem gestaltete der FB Energie in 2020 den **Innovationspool für die PoF IV**. Die Vorschläge wurden vom BMBF bei der Forschungsbereichsplattform im November 2020 bestätigt: Der Innovationspool des FB Energie in PoF IV wird sich in eine strukturelle und eine inhaltlich-thematische Förderlinie gliedern. In der strukturellen Förderlinie werden **ES 2050** sowie die **Erstellung der 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 wurden drei Projekte für die Förderung ausgewählt:

- 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.
- 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.
- Im Rahmen des Innovationspool-Projekts „**Sicherheitsbewertung generischer kleiner modularer Reaktoren (SMR)**“ sollen fortschrittliche Berechnungswerkzeuge bereitgestellt werden, die in der Lage sind, Sicherheitsanalysen von SMRs in Europa durchzuführen. Weiterhin soll das Spektrum an abgedeckten Randbedingungen in den bestehenden Versuchsanlagen zu Primärkreis-Thermohydraulik, Wasserstoffsicherheit und Aerosolverhalten in Hinblick auf die besonderen Herausforderungen in SMRs erweitert und nachhaltige SMR-spezifische Kompetenzen im Rahmen von komplementären, untereinander thematisch abgestimmten Arbeiten junger Nachwuchswissenschaftler/innen aufgebaut werden.

A.2.1.1.2 Entwicklung im Forschungsbereich und in den Programmen

1. Innovationspool des FB Energie

Die Zukunftsthemen „Energiesystemintegration“ (ESI) und „Perovskite Based Solar Energy Conversion“ (PEROSEED) sowie das Zukunftsprojekt „W7-X HIPOWER“ wurden im Jahr 2020 – gefördert aus dem Innovationspool des FB Energie – erfolgreich weitergeführt.

- Im Projekt **Energiesystemintegration (ESI)** wurden zentren- und programmübergreifend Lösungen für die Integration physikalischer und IT-basierter Komponenten in das Energiesystem erforscht. Es wurde eine Simulationsplattform entwickelt, die das gemeinsame Erarbeiten von Co-Simulationen des Energiesystems ermöglicht. Die in ESI erreichte Vernetzung sowie die gemeinsam erstellte Co-Simulations-Plattform werden im neuen Programm ESD, dort in Topic 2 „Digitalization and System Techno-

logy“, weitergeführt.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen wurden basierend auf gemeinsam entwickelten Storylines und harmonisierten Eingangsdaten zusammengeführt. Die sektorale Analyse zur Nutzung von Photovoltaik und Batteriespeichern in privaten Haushalten wurde mit einem Akteursmodell sowie einer technoökonomischen Analyse (teil-)energieautarker Wohngebäude abgestimmt. Dies erlaubt eine Betrachtung von Entwicklungen aus einer multidimensionalen Perspektive. Durch iterative Prozesse zwischen technoökonomischen Simulations- und Optimierungsmodellen mit Cross-Impact Analysen wurde gezeigt, dass und wie sich die gegenseitige direkte und indirekte Beeinflussung der Faktoren durch eine Kombination unterschiedlicher Modellierungsansätze erfassen lassen.

Zudem wurden im Rahmen einer Analyse von Mittelspannungsnetzen neue Topologiekonzepte untersucht, die sich vom konventionellen Ansatz der offenen Ringnetze unterscheiden. Die Lastflussanalyse und das Kurzschlussverhalten passiver Verbindungen zeigten technisch machbare Szenarien und eine höhere Integration von Erneuerbaren Energien durch MV-Kopplungen. Außerdem wurden die Werkzeuge für die Auslegung und das Design von DC/DC-Wandlern für die modulare und flexible Implementierung von Netzkupplungen entwickelt.

- Die Mittel des Innovationspools ermöglichten es kurzfristig, die Forschungsarbeiten im bis Ende April 2021 verlängerten Zukunftsthema **Perovskite based solar energy conversion – efficient, environmentally-benign, durable (PEROSEED)** sowohl zu erweitern, als auch an besondere Erfolge anknüpfend, zu intensivieren. Das Projekt zielt darauf ab, einen ersten vollständigen Entwicklungszyklus für neuartige mehrschichtige Solarzellen mit Perowskitschicht komplett zu durchlaufen - vom Materialdesign bis zum finalen Modul unter Einbeziehung der Systemaspekte. Zwei Erfolge im Jahr 2020 sind im Folgenden kurz dargestellt:

Die Arbeiten am FZJ haben sich darauf fokussiert, die Auswertemethoden für verschiedene experimentelle Methoden zur Charakterisierung von Perowskitsolarzellen zu verbessern und die Grenzen der Methoden zu quantifizieren. Der Schwerpunkt lag dabei auf der transienten Photolumineszenz und Schichten, Schichtstapeln und insbesondere auf kompletten Bauelementen, der Verknüpfung der Photolumineszenz mit den Informationen aus der Photoelektronenspektroskopie sowie der Analyse von kapazitätsbasierten Methoden zur Bestimmung von Dotierdichten oder Defektkonzentrationen.

Am KIT wurden erfolgreich neuartige Passivierungsstrategien auf der Basis von 2D/3D Heterostrukturen und verdampfter Parylen-Zwischenschichten entwickelt, die in stabilen und hocheffizienten Perowskit-Solarzellen eingesetzt werden können. Zusätzlich wurden sowohl monolithisch-verschaltete als auch gestapelte Perowskit/Perowskit-Tandemsolarzellen mit einem Wirkungsgrad > 22 % entwickelt.

- Das Projekt **W7-X HiPower** ist der erste Schritt zur langfristigen Erhöhung der Mikrowellenheizleistung für W7-X. Zentraler Teil der Maßnahme ist die Erhöhung der Leistung einer einzelnen Mikrowellen-Röhre (Gyrotron) von 1 MW auf 1,5 MW und die Ausrüstung der W7-X-Peripherie für die neue Gyrotronleistungs-kategorie. Trotz der stark eingeschränkten Arbeitsbedingungen in 2020 konnte das Projekt ziel führend durchgeführt werden. Alle wichtigen Meilensteine wurden erreicht, wenn auch mit einer bis zu 12-wöchigen Verzögerung.

Der Stand der drei wichtigsten Einzelprojekte ist wie folgt:

- Der Gyrotronentwicklungsauftrag an KIT und Thales wurde erfolgreich durchgeführt. Das neue Gyrotrondesign wurde erarbeitet und im Oktober 2020 für die Fertigung freigegeben.
- Das neue mikrowellentechnische Konzept, die TE28.10 Kavität mit einem optimierten Modenwandler, wurde vorab im August 2020 mit einem eigens hierzu gebauten ungekühlten Kurzpulsgyrotron am KIT-Teststand erfolgreich bestätigt. Der 1,5 MW Designwert wurde erreicht.
- Der Ausbau der neuen Gyrotronposition am IPP ist ebenfalls zielgerecht erfolgt. Alle Komponenten für die neue 1,5 MW Übertragungsleitung wurden fertiggestellt. Die restliche Peripherie, wie die Gyrotronkühlung, -steuerung und -leistungsversorgung sind zwar COVID-19-bedingt um etwa drei Monate verzögert, beeinflussen aber den gesamten Projektablauf nicht.

2. Programm Energy Efficiency, Materials, Resources (EMR)

Zu den Highlights des Jahres 2020 gehören die folgenden wissenschaftlichen Arbeiten:

- Photochemische CO₂-Aktivierung durch Solarstrahlung: Im Rahmen der Arbeiten zur photochemischen Aktivierung von CO₂ wurde mittels einer eigens aufgebauten Simulationssoftware ein optimierter, 3D-druckbarer Fotoreaktor entwickelt, der sicherstellt, dass das zur Verfügung stehende Licht möglichst verlustarm zum eigentlichen Fotokatalysator gelangt und dort zur photochemischen Aktivierung von CO₂ eingesetzt wird.
- Erfolgreicher Einsatz von Zirkonoxid-Wärmedämmschichten bei Temperaturen über 1500 °C: Yttriumoxid stabilisiertes Zirkonoxid (YSZ) wird standardmäßig in Gasturbinen eingesetzt, jedoch nicht bei Betriebstemperaturen über 1200 °C, weil dann die YSZ-Schicht Schaden nimmt. Durch die Erforschung der Schädigungsmechanismen konnten Heiz- und Abkühlzyklen definiert werden, die eine deutliche Erhöhung der Betriebstemperatur und damit das Potenzial für eine signifikante Verbesserung der Effizienz realer Gasturbinen ermöglichen.
- Demonstration der Herstellung grüner Kraftstoffe aus Restbiomasse: An der bioliq®-Pilotanlage wurde das Waste-biomass-to-fuel-Konzept mit hohem Technologiereifegrad demonstriert. Im Verbundprojekt „ReFuels“ mehrerer Industrie-, Anwendungs- und Forschungspartner werden Kraftstoffe für Flottenversuche und Systembewertung zur Verfügung gestellt.
- Rückgewinnung von Gallium aus Industrielässern: Mittels eines innovativen Konzepts zur Entwicklung von selektiven, biosorptiven Biomolekülen wurden Gallium-bindende Peptide identifiziert und synthetisiert. Anschließend wurden die Peptide auf Polystyrol-Trägern immobilisiert, um geeignete Biosorptionsmaterialien für die Rückgewinnung von Gallium zu erhalten. Die prinzipielle technologische Anwendbarkeit für die Behandlung von industriellen Prozesswässern wurde nachgewiesen. Das Konzept eröffnet neue Perspektiven für die Anwendung der Technologie auf verschiedene Elemente und Wässer mittels des Designs maßgeschneiderter Biomoleküle.

Programmthema 1: Efficient and Flexible Power Plants

- *Verbrennung in Gasturbinen*: Das mobile Mikrogasturbinenlabor am KIT wurde erfolgreich in Betrieb genommen. Zudem wurde das im Rahmen des Energy Lab 2.0 entwickelte brennstoffflexible Brennkammersystem für die Anwendung in größeren Mikrogasturbinen skaliert. Hierdurch wurden wichtige Grundlagen für den späteren Einsatz des Systems in unterschiedlichen dezentralen Anwendungen gelegt.

- *Turbomaschinen:* Gemeinsame Arbeiten zwischen DLR, Universita di Firenze und Ansaldo Energia zur Flexibilisierung des Betriebs von Gasturbinen mit dem Ziel, diese möglichst verbrauchsarm zu betreiben, wurden erfolgreich abgeschlossen. Die ursprüngliche Teillastdrehzahl konnte um 25 % reduziert werden, was in einem Kraftwerksversuch demonstriert wurde.
- *Mitverbrennung fester Biomasse:* Eine Stickoxidminderung durch die oszillierende Staubfeuerung als neuartige primäre Emissionsminderungsmaßnahme konnte an der BRENDAnlage demonstriert werden. Erstmals wurde bestätigt, dass durch Oszillation des Brennstoffstromes und durch Teile der zugeführten Verbrennungsluft sich die Stickoxidkonzentrationen um bis zu 45 % im Vergleich zur nicht oszillierten Fahrweise senken lassen.

Programmthema 2: Energy Efficient Processes

- *Mehrphasen- und thermische Prozesse:* Aus dem Pool der Power-to-X-Technologien weisen Plasmen ein hohes Potenzial für die effiziente Nutzung schwankender erneuerbarer Energien auf. In Zusammenarbeit mehrerer Institute am KIT wurde die erste Plasmaaktivierung auf der Basis von ultrakurzen Mikrowellenpulsen geschaffen und mit zeitaufgelöster optischer Emissionsspektroskopie analysiert. Auf diese Weise war es erstmals möglich, Nichtgleichgewichtszustände in gepulsten atmosphärischen Mikrowellenplasmen experimentell nachzuweisen und die Wirkungsgrade gegenüber kontinuierlichen Mikrowellenplasmen deutlich zu erhöhen.
- *Flüssigmetall-Prozesse:* Mehrphasenströmungen von kleinen Feststoffpartikeln und Gasblasen in lichtundurchlässigen Fluiden spielen eine Schlüsselrolle in Flotationsprozessen zur Aufbereitung von Metallerzen und bei der Behandlung von Metallschmelzen. Mit Hilfe von Strahlungsdiagnostik und innovativer Methoden der Bildbearbeitung wurde am HZDR erstmals erfolgreich das dreidimensionale Strömungsverhalten von Schaumstrukturen charakterisiert und die Partikelagglomeration im Nachlauf eines Zylinders untersucht.

Programmthema 3: Methods and Concepts for Material Development

- *Materialsysteme für extreme thermische, mechanische und korrosive Beanspruchung:* Am FZJ wurden bei neuen Materialkonzepten zum Thema riss- und oxidationsbeständige Wolframwerkstoffe für Hochtemperaturanwendungen signifikante Fortschritte in Richtung Industrialisierung gemacht. Nach der massiven Erweiterung der Pulverproduktion für selbstpassivierende Wolframlegierung wurde erstmals ein industrieller Herstellungsprozess erprobt.
- *Funktionale Materialien: Entwicklung und fortgeschrittene Charakterisierung:* Am HZB wurden Struktur-Eigenschaftsbeziehungen neuartiger thermoelektrischer Materialien hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die thermoelektrischen Eigenschaften untersucht. Die Synthese- und Charakterisierungsapparaturen für thermoelektrische Transporteigenschaften, die unter anderem im Rahmen der Helmholtz Energy Materials Foundry (HEMF) am HZB aufgebaut wurden, lieferten wichtige Beiträge für ein besseres Verständnis der Materialien, ein zukünftiges Design thermoelektrischer Hybridmaterialien sowie im Bereich neuartiger transparenter Halbleiter.

Programmthema 4: Efficient Use of Fuel Resources

- *Pyrolysis:* Für die Pyrolyse kunststoffhaltiger Abfälle wird der Technologietransfer der Schneckenpyrolyse mit integrierter Heißgasreinigung in Anwendung auf die Kunststoffpyrolyse im Rahmen zweier Industriekooperationsprojekte vorangetrieben.
- *Gasification:* Einen Schwerpunkt der Forschungsarbeiten zur Flugstromvergasung stellt das Arbeitsgebiet Zerstäubung dar. Der bereits in den Vorjahren entwickelte

Ansatz der geometrischen Druckskalierung gasgestützter Düsen wurde weiterverfolgt. Die hierbei festgestellte druckabhängige Verschiebung der Zerfallsregime konnte erstmals physikalisch, auf Basis der Freistrahtheorie, beschrieben werden.

- *Gas Cleaning and Aerosol Technology:* Die Aktivitäten zur elektrostatischen Abscheidung von Feinstpartikeln wurden erfolgreich abgeschlossen: Die CAROLA®-Abscheider zur kostengünstigen Emissionskontrolle kleiner und mittlerer Biomassekessel wurden von der KIT-Ausgründung CCA-Carola Clean Air GmbH erfolgreich getestet, zugelassen und lizenziert.
- *Fuel Characterisation and Design:* Im Arbeitsgebiet der Brennstoffcharakterisierung lag der Forschungsschwerpunkt auf der Bestimmung der Vergasungskinetik biogener Festbrennstoffe mit CO₂ und H₂O bei erhöhtem Druck.

Programmthema 5: Resource Technologies

- *Mineralische und metallhaltige Rohstoffe:* Der initiale Aufbau des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) mit Infrastruktur im Labormaßstab ist abgeschlossen. Für die weitere Entwicklung des HZDR-Forschungsstandorts in Freiberg wurde ein Masterplan erstellt.
- *Mineralische Baustoffe:* Mit Hilfe der entwickelten ReSynErgy-Technologie ist es möglich, auch qualitativ minderwertige mineralische Fraktionen mit organischen Verunreinigungen in den Baustoffkreislauf zurückzuführen. Der Einsatz spezifischer, in 2020 entwickelter Additive minimiert die Freisetzung von Schadgasen, so dass ein dezentraler Betrieb von Kleinanlagen möglich wird.

Übergreifende Aktivitäten

- Alle am Programm EMR beteiligten Zentren waren bis Ende 2020 sowohl an der gemeinsamen Initiative **ES2050** als auch an dem Zukunftsthema **Energiesystemintegration (ESI)** intensiv beteiligt, ein Teil der EMR-Zentren auch an dem Zukunftsthema PEROSEED. Die intensive Zusammenarbeit wird im Rahmen der Aktivitäten um das Energy Lab 2.0. und mit Unterstützung der neuen ES2050-Plattform fortgesetzt.
- Alle an EMR beteiligten Zentren arbeiten in der **Helmholtz-Klimainitiative (HI-CAM)** an Lösungen zur Reduktion von CO₂-Emissionen durch technologische Entwicklungen im Bereich Geothermie, Direct Air Capture, Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -speicherung, stofflicher CO₂-Nutzung und technischer CO₂-Kreisläufe.

3. Programm Renewable Energies (RE)

Ausgewählte wissenschaftliche Highlights des Jahres 2020 sind:

- *Perowskit/Silizium Tandemsolarzellen:* Im Jahr 2020 führte eine neue Generation von methylsubstituierten Carbazol Self Assembling Molecules (SAM), die zusammen mit der Universität Kaunas, Litauen, entwickelt wurden, zu einer Tandemzelle mit einem zertifizierten Weltrekord-Wirkungsgrad von 29,15 %, die in dem renommierten NREL-Wirkungsgradchart gelistet wurde.
- *Flüssigmetall als Wärmeträgerfluid für CSP-Systeme* (CSP = Concentrated Solar Power): Im Rahmen der Messkampagne SOMMER (SOLar furnace with a Molten Metal-cooled REceiver) wurden Leistungsdichten von bis zu 4 MW/m² im thermischen Receiver bei hoher Stabilität der Messbedingungen und der Ergebnisse erzielt. Der Einsatz von flüssigem Natrium in thermischen Receivern führt zu 60 % niedrigerer Entropieerzeugung im Vergleich zum Stand der Technik (Salzschmelzen).

Programmthema 1: Solar Cells of the Next Generation

- *Emerging Materials und Functions:* Wissenschaftler des FZJ, HZB und KIT haben eine internationale Allianz namens Emerging-PV (<https://emerging-pv.org/>) gegründet. Diese Allianz sammelt die Daten zu neuartigen Solarzellentechnologien in einer Datenbank, bereitet diese Daten automatisch grafisch auf. Die Forschergemeinschaft kann damit neben Wirkungsgraden auch Informationen zu Stabilität und anderen wichtigen Kenngrößen abrufen.
- *Compound semiconductor solar cells:* Für die CIGS/Perowskit Kombination wurde eine Weltrekordzelle mit einem Wirkungsgrad von 29,15 % hergestellt und in die NREL-Charts aufgenommen
- *Silicon Solar Cells:* Kontaktschichten aus nanokristallinem SiC kombiniert mit einem dünnen SiO₂ Tunneloxid ermöglichen eine neue Generation von hochtransparenten und ladungsträgerselektiven Frontkontakten für kristalline Siliziumsolarzellen.
- *Dedicated Analytics and Modelling:* Für den möglichen Erfolg neuartiger Perowskit-solarzellen, ist eine ausreichende Stabilität eine wichtige Voraussetzung. Mangels standardisierter Messverfahren, die es für andere Solarzellentechnologien gibt, wurde von der globalen Forschungsgemeinschaft und unter Beteiligung von Forschenden des FZJ und des HZB ein solcher Messstandard für Perowskitsolarzellen vereinbart und publiziert.

Programmthema 2: Concentrating Solar Thermal Technology

- *Advanced Heat Transfer Media:* Im Solarturm Jülich des DLR wurden mit einem Partikelreceiver Temperaturen bis 965 °C erreicht, bei maximalen Leistungen von etwa 100 kW. Darauf aufbauend erfolgten vorbereitende Arbeiten für den Test eines neuen Partikelreceivers im Hochleistungs-Strahler synlight des DLR, der bei signifikant höheren Strahlungsflussdichten betrieben werden soll.
- Für ein Solarturm-System mit Partikelkreislauf wird bei einer Anlagenleistung von 125 MWe ein solar-elektrischer Jahreswirkungsgrad von 21 % erwartet. Weiterhin wurde die Kombination mit einem sCO₂-Kraftwerksprozess untersucht, die weitere Kostenreduktionen verspricht.

Programmthema 3: Bioenergy

- Zur Wertstoffabtrennung vor einer energetischen Reststoffverwertung wurde ein PEF-gestütztes Verfahren zur Extraktion von Phycocyanin-C aus Mikroalgen entwickelt und demonstriert.
- Zum Thema Schnellpyrolyse wurden die Nutzungsmöglichkeiten für Schwelwasser weiter untersucht. Eine Membrananlage zur Aufreinigung von Schwelwasser wurde in Betrieb genommen. Es stellte sich heraus, dass ein Aufreinigungsprozess aus mehreren Stufen bestehen muss.
- Im UFZ wurden Fortschritte bei der Entwicklung eines Verfahrens erzielt, bei dem elektrochemische und mikrobielle Prozessschritte zur Herstellung von Drop-in-Kraftstoffen aus Molkereiabwässern und deren Überführung in den Technikumsmaßstab gekoppelt werden.

Programmthema 4: Geothermal Energy Systems

- *Reliable Access to and Engineering of Potential Geothermal Reservoirs:* Mit Hilfe faseroptischer Messtechnik wurden neue Methoden entwickelt, um bei Bohrungen in der Innenstadt von München Erkundungsmethoden zu erleichtern und die Sicherheit von Bohrungsausbauten zu überprüfen.

- *Sustainable Operation of Geothermal Plants*: Laborexperimente an Gesteinen mit Rissen unter Belastung und neu entwickelte begleitende Modellierungen dieser Vorgänge haben gezeigt, dass und wie sehr Permeabilitätsänderung durch elastische und unelastische Verformung stattfindet.
- *Underground Storage Systems in Urban Areas*: In der Forschungsbohrung am Campus der TU Berlin zur Nutzung geologischer Formationen als Aquiferspeicher für thermische Energie wurden mehrere hydraulische Tests mit heißem und kaltem Wasser durchgeführt, und geochemisch sowie mikrobiologisch eingeordnet.

Programmthema 5: Wind Energy

- In einem 2020 abgeschlossenen Gemeinschaftsvorhaben mit Nordex und Fraunhofer IWES wurde eine Teilung von Rotorblättern zur Erleichterung des Transports untersucht. Dafür wurde eine Technologie zur Verbindung von Rotorblattsegmenten in einer gewichtsoptimierten GFK-Bauweise entwickelt.
- Mit Windkanalexperimenten wurden die aerodynamischen und akustischen Eigenschaften von Profilen mit Serrations zur Schallminderung untersucht und ein Strategiepapier zum Forschungsbedarf für leise Windenergieanlagen erarbeitet.
- Der Meilenstein „Wind 5.4: Aeroelastic tool chain validated with experimental data. Design guidelines for tailored rotor blades and active smart blades developed“ (2019) wurde 2020 weitgehend erreicht.

Programmthema 6: Solar Fuels

- *Thermochemical Routes*: Mit der TU Dresden und dem Lawrence Berkeley National Laboratory, Kalifornien, USA, wurde zum Thema Entwicklung stabiler reaktionsfreudiger Redoxmaterialien das auf DFT-basierte Tool zur Beschreibung solcher Materialien im Materials Project weiterentwickelt.
- *Photoelectrochemical Routes*: Die Demonstration von kleinflächigen Tandemzellen zur autonomen Wasserspaltung auf Basis von Metalloxid-Absorbern stand im Fokus der Forschungsarbeiten.
- *Bio-Artificial Photosynthesis*: Die Arbeiten zur gezielten Entwicklung von molekularen Werkzeugen für Cyanobakterien als Ganzzell-Biokatalysatoren wurden abgeschlossen (Promotoren, Expressionssysteme) und in katalytischen Biofilmen validiert.
- *Systems Design*: Die Solarreceiver wurden weiterentwickelt, um sie mit chemischen Prozessen zu koppeln.

Übergreifende Aktivitäten

- Im Berichtsjahr begann die Anpassung des **GeoLaB**-Konzepts an die neuen Rahmenbedingungen.
- In der **Helmholtz Klimainitiative HI-CAM** wird untersucht, welche Speicher- und Nutzungslösungen für CO₂ und evtl. Wasserstoff Beiträge zur Begrenzung des mittleren Temperaturanstiegs auf unter 2 °C bis 2050 leisten können.
- Die am Programm RE beteiligten Zentren waren bis Ende 2020 sowohl an der gemeinsamen Initiative **ES2050** als auch am Zukunftsthema **PEROSEED** intensiv beteiligt.

4. Programm Storage and Cross-linked Infrastructures (SCI)

Für das Jahr 2020 sind folgende Forschungserfolge besonders hervorzuheben:

- Neuer Festelektrolyt mit einzigartigen Eigenschaften: Bei der Nutzung von $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ (LLZO) konnten wesentliche Herausforderungen auf dem Weg zur Markteinführung von Li-Festelektrolyt-Batterien überwunden werden. Das neuartige Konzept ermöglicht die reversible Abscheidung/Auflösung von Lithium, ohne dass die Bildung dendritischer Strukturen Kurzschlüsse verursacht. Die Entwicklung eines wasserbasierten Foliengießprozesses bietet die Möglichkeit zur großtechnisch umsetzbaren Produktion LLZ Fest-Elektrolytschichten bei Raumtemperatur.
- SOC-Stack und -System: Ein 30-Ebenen-Stack der Fa. Sunfire wurde am DLR wechselseitig im Brennstoffzellen- und Elektrolyse-Modus für mehr als 8.800 Betriebsstunden und bei mehr als 300 Betriebswechseln im Langzeitbetrieb getestet und vermessen. Dabei wurden, gemittelt über diesen Zeitraum, die niedrigsten Degradationsraten erfasst, über die bisher weltweit im reversiblen SOFC-/SOEC-Betrieb berichtet wurde.
Ein Jülicher 5/15 kW-rSOC-System wurde für mehr als 9.000 Betriebsstunden reversibel betrieben. Hierbei konnte erstmals eine Brenngasnutzung von mehr als 99 % gezeigt werden.

Programmthema 1: Electrochemical Energy Storage

- *Grundlagen und Materialien:* Im Rahmen der Erforschung neuer Batterietypen auf Basis mehrwertiger Kationen ist es erstmals gelungen, mehr als ein Elektron pro Transfer-Ion, wie Mg^{2+} oder Ca^{2+} , auf das Kathodenmaterial zu übertragen.
- *Komponenten und Zellen:* Die Gasinfiltration von mikroporösem Kohlenstoff und die Nutzung des filmbildenden Elektrolyten wurden als wirksame Strategien zur Verbesserung der Kapazität und der Zyklierbarkeit von Lithium-Schwefel-Zellen identifiziert, wobei ersteres die höhere Kapazität sicherstellt, während letzteres für die stabile Zyklierbarkeit entscheidend ist.
- *Batterien in Anwendungen:* Im Bereich Batteriegroßspeicher wurden die Effizienzen der beiden im ELab 2.0 integrierten Systeme (Lithium-Ionen-Batterie und Redox-Flow-Batterie) untersucht und gegenübergestellt, um eine Betriebsstrategie für einen hybriden Betrieb zu erarbeiten.

Programmthema 2: Electrolysis and Hydrogen

- *Niedrigtemperatur Elektrolyse:* Der beabsichtigte Aufbau eines voll ausgebauten PEM-Elektrolysesystems mit hochfrequenter Rückmeldung sowie Teil- und Überlastfähigkeit, bei dem mehrere gekoppelte Stacks eine Gesamtleistung von 1 MW und nach 10.000 h einen Spannungsabfall von weniger als $2 \mu\text{V/h}$ aufweisen, wurde auf die Entwicklung eines kostensparenden Stack-Designs der nächsten Generation ($> 400 \text{ kW}$) mit einer aktiven Fläche von 1.000 cm^2 abgeändert. Die Komponenten des Stacks wurden gefertigt.
- *Wasserstoffherzeugung mit Solarenergie:* Im Rahmen einer Forschungsk Kooperation zwischen den Programmen RE und SCI wurde ein ohne DC/DC-Wandler direkt gekoppeltes 10 m^2 PV-PEM-Elektrolysesystem auf einem Flachdach aufgebaut und betrieben. Bei einem kumulierten, auf die Solarstrahlung bezogenen Wirkungsgrad der H_2 -Erzeugung von etwas über 10 %, wurden in etwa zwölf Monaten mehr als 245.000 l Wasserstoff erzeugt.
- *Hochtemperatur-Elektrolyse:* Das Erreichen des bei der Umsetzung von "e-XPlöre" noch offenen Meilensteins wurde durch einen alternativen Umsetzungsplan weiter vorangetrieben. Eine Wiederaufnahme der Druckuntersuchungen zwischen 1,4 bar und

8 bar im Co-Elektrolyse-Modus an einem SOEC-Shortstack für längere Betriebsdauern als 1.000 h erfolgte 2020 aus Gründen geringerer Fachrelevanz nicht mehr. Stattdessen wurde ein neuartiger reversibler Teststand für SOC („Galactica“) aufgebaut und in Betrieb genommen.

- *Systemlösungen mit Wasserstoff:* Arbeiten zur weltweiten Versorgung mit grünem Wasserstoff zeigen, dass allein die weltweit 25 besten Wind- und PV-Regionen bei nur teilweiser Ausnutzung ein Potenzial an erneuerbaren Energien aufweisen, mit dem 1,6 Milliarden Tonnen Wasserstoff pro Jahr produziert werden könnten.

Programmthema 3: Synthetic Hydrocarbons

- *Operando Langzeitstudie zur Fischer-Tropsch Katalyse im Synchrotron:* Die Lücke zwischen Synchrotronstudien und Betrieb von Katalysatoren unter industriellen Bedingungen konnte erstmals geschlossen werden. Ein kommerzieller Co-Ni-Re/ γ - Al_2O_3 -Katalysator wurde während der Fischer-Tropsch-Reaktion untersucht. Das Setup ermöglichte hierbei die Verwendung von ausreichenden Mengen an Katalysator unter realistischen Raumgeschwindigkeiten und Druck.
- *Katalyse und Mechanismenaufklärung:* Die Synthese aromatenarmer Benzine aus DME über edelmetalldotierte Zeolith-Katalysatoren mündeten in ein Patent. Arbeiten zur Herstellung von Oxymethylenethern (OME) aus DME führten zu neuen Katalysatoren für die Reaktion von DME mit Formaldehydquellen. Die Aktivitäten sind eng mit dem vom BMBF geförderten NAMOSYN-Projekt (www.namosyn.de) verflochten.
- *Komponenten und Prozessentwicklung:* Um dezentrale PtL-Anlagen weiterzuentwickeln und kompakte Prozessketten zu ermöglichen, wurden verschiedene Konzepte zur Integration der Fischer-Tropsch-Synthese und der Aufarbeitung durch Hydrocracken untersucht. Auf Grundlage der Ergebnisse wird nun ein praktikables Reaktordesign für eine hybride Katalysatoranordnung erarbeitet und experimentell untersucht.

Programmthema 4: Fuel Cells

- *Solid Oxide Fuel Cells:* Langzeitversuche unter realistischen Betriebsbedingungen haben gezeigt, dass die thermische Fehlanpassung zwischen Elektrolyten und LSC-Luftelektrode keinen negativen Einfluss auf den stationären Betrieb und die thermische Zyklierbarkeit hat.
- *Polymer Electrolyte Fuel Cells:* Die Dauertests unter dynamischer Belastung bei stark reduzierter Platinbeladung auf der Anoden- und Kathodenseite wurden fortgeführt. Dabei zeigte sich, dass dynamische Lastzyklen zu einer geringeren Degradationsrate führen als ein Betrieb bei einem festen Lastpunkt.

Programmthema 5: Thermal Energy Storage

- *Heat Storage in Salts:* Die Arbeiten im Bereich Flüssigsalz bezogen sich auf drei Materialthemen: (1) Kompatibilitätsuntersuchungen von Füllstoffen in Kontakt mit Flüssigsalz, (2) Entwicklung von Modellierungstools für strukturelle mechanische Fragestellungen bezüglich der Speichertanks, (3) grundlegende Arbeiten zur Qualifizierung einer Salzmischung auf Chloridbasis.
- *Thermochemische Systeme:* Aufbauend auf den Arbeiten zum diskontinuierlichen Betrieb des Thermochemischen Systems wurde ein System ausgelegt, das einen kontinuierlichen Betrieb einer chemischen Hochtemperatur-Wärmepumpe durch alternierende Reaktoren ermöglicht.

Programmthema 6: Superconductivity, Network and Systems Integration

- *Frequenzdatenanalyse mit Electrical Data Recorder:* In einer weltumspannenden Messkampagne wurde der am KIT entwickelte Electrical Data Recorder (E.DR) ein-

gesetzt. Die Daten wurden am KIT und FZJ archiviert und analysiert. Messreihen, Analyse-Software, Geräte-Design und Ergebnisse wurden in *Nature Communications* publiziert.

- **Netze und Systemintegration:** Hochdetaillierte Modelle aus allen Spannungsebenen des Verteil- und Übertragungsnetzes wurden entwickelt und analysiert. Ein Teil dieser Netzmodelle wird im Kopernikus-Projekt ENSURE-2 einem breiten Feld von Partnern aus Forschung und Industrie verfügbar gemacht. Alle Netzmodelle stehen auch im Energy Lab 2.0 in verschiedenen Formaten zur Verfügung.
- **Neue Netztechnologien:** Im Bereich der Entwicklung von Supraleiter- und Kryomaterialien ist die Untersuchung und Weiterentwicklung von $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ -Bandleitern ein wichtiger Schwerpunkt. Mit dem Definite Screening Design wurde eine neue Methode bei der Herstellung von Hochtemperatur-Supraleitern angewendet und etabliert.

Übergreifende Aktivitäten

- Mit dem **Energy Lab 2.0** wurde am KIT-Campus Nord, am DLR in Stuttgart und am Forschungszentrum Jülich eine einmalige Forschungsinfrastruktur erschaffen, in der das Zusammenspiel der Komponenten künftiger Energiesysteme erforscht und neue Ansätze zur Stabilisierung der Energienetze realitätsnah erprobt werden soll.
- Im Rahmen des **Living Lab Energy Campus** (LLEC) werden energetische Infrastrukturen sowohl am Forschungszentrum Jülich als auch am Campus Nord des KIT für eine digitale Erfassung energierelevanter Daten instrumentiert.
- Das Programm SCI war bis Ende 2020 sowohl an der gemeinsamen Initiative **ES2050** als auch am Zukunftsthema **Energiesystemintegration** (ESI) intensiv beteiligt.

5. Programm Future Information Technology – Fundamentals, New Concepts and Energy Efficiency (FIT)

Die Arbeiten im Programm liefen wie geplant. Ein Bericht zum Programm FIT findet sich in den Berichten des Forschungsbereichs Information (früher Schlüsseltechnologien).

6. Programm Technology, Innovation and Society (TIS)

Das Programm TIS ist ein Querschnittsprogramm und erstreckt sich über die Forschungsbereiche „Schlüsseltechnologien/Information“ (schwerpunktmäßig Programmenthema 1) und „Energie“ (schwerpunktmäßig Programmenthemen 2 und 3). Zu den Highlights des Jahres 2020 gehören die folgenden Forschungsarbeiten:

- Die im Rahmen vom Projekt „Assessing Big Data“ (ABIDA) erarbeiteten Ergebnisse wurden im Berichtszeitraum veröffentlicht. Sie geben einen Gesamtüberblick über die Berührungspunkte von ausgewählten Lebensbereichen (wie etwa Gesundheits- sowie Finanz- und Versicherungswesen, aber auch Arbeitsverhältnisse, politisches Handeln oder Wissenschaft) mit Big Data und diskutieren diesbezügliche Herausforderungen und Lösungsmodelle. Eine wiederkehrende Querschnittsfrage, die Untersuchung von möglichen Governancebedarfen, -ansätzen, Handlungsoptionen bzw. Regulierungsformen im Hinblick auf die Folgen des Einsatzes von Algorithmen, wird im Folgevorhaben „Governance von und durch Algorithmen“ (GOAL) weitergeführt.
- Klimawandel und Energiewende eröffnen Deutschland Perspektiven für die Bioökonomie als einen neuen Entwicklungspfad als Alternative zur Nutzung fossiler Ressourcen. Anhand einer computergestützten Textanalyse deutscher Zeitungsartikel identifizierte die Untersuchung die öffentliche Wahrnehmung der Bioökonomie. Die

Ergebnisse zeigen, dass die Bioökonomie primär als Entwicklung von Biotechnologien und biobasierten Produkten mit dem Ziel der Wettbewerbsfähigkeit aufgefasst wird. Demgegenüber zeigt der Vergleich wissenschaftlicher Studien zu Stakeholder-Perspektiven ein ausgeglicheneres Bild, das sich im gleichen Maße auf die Kaskadennutzung von biologischen Ressourcen vor dem Hintergrund ländlicher Entwicklungschancen stützt, z.B. im Rheinischen Braunkohlerevier. Dieses Ergebnis unterstreicht, dass das Verständnis der Bioökonomie zwischen Stakeholdergruppen abweicht, was das Risiko für Zielkonflikte birgt.

Programmthema 1: Assessing Technologies. Towards Strategies for Responsible Innovation

- *TA für neue und neu entstehende Technologien:* Die Arbeiten zur Erhebung und Analyse von Wahrnehmung und Erwartungen an neue Techniken und ihre Governance von Bürgerinnen und Bürgern wie auch von Stakeholdern wurden fortgeführt und weiterentwickelt. Im Hinblick auf den technischen Gegenstandsbereich verschob sich die Schwerpunktsetzung auf Themen aus dem Bereich Informationstechnik, Big Data sowie den sogenannten „lernenden Systemen“.
- *TA zur Begleitung von F&E Prozessen und Anwendungen:* Schwerpunkte der Untersuchungen lagen in den Bereichen gesellschaftliche Herausforderungen durch Digitalisierung und Big Data, „Assistenztechnologien“ für Menschen mit körperlichen Einschränkungen und in der Pflege sowie Möglichkeitsbedingungen und Folgen automatisierten Fahrens.
- *Governance von Wissenschaft und Technologie:* Die konzeptionelle Untersuchung und praktische Überprüfung unterschiedlicher Dimensionen der Governance von Wissenschaft und Technologie wurde fortgesetzt und weiterentwickelt.

Programmthema 2: Renewable Energy and Material Resources for Sustainable Futures – Integrating at Different Scales

- *Integration erneuerbarer Energien:* Es wurden unter anderem Untersuchungen zu den Themen Wärmewende, Rolle der flexiblen Bioenergie in künftigen Energiesystemen und Wirkungen der erneuerbaren Energien auf die Landschaft angestellt.
- *Bioökonomie und Ressourcenverteilung:* Arbeitsschwerpunkte lagen unter anderem bei den Themen Bioökonomie, Lebenszyklus-Umweltauswirkungen von biobasierten Produktionsketten, Nachhaltigkeitsbewertungen, Flächennutzungskonflikte und Dialog mit der Gesellschaft. Es erschienen zahlreiche Publikationen zu den genannten und zu weiteren Themen.
- *Urbane und ländliche Lebensräume und Ressourcenfluss:* Im Bereich Stadt- und Quartiersforschung wurden die Arbeiten für das „Karlsruher Transformationszentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel“ (KAT) weitergeführt mit Schwerpunkt auf der theoretischen und praktischen Weiterentwicklung des Forschungs- und Entwicklungsformats „Reallabor“. Zu den weiteren Themen gehören unter anderem die Corona-Krise, die Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden und Quartieren sowie eine zukunftsfähige Landwirtschaft.

Programmthema 3: Assessment of Energy Systems – Addressing Issues of Energy Efficiency and Energy Security”

- *Energiesystem – Perspektive, Assessment und Scenarios:* Im Bereich der Szenarienerstellung und -bewertung wurde das vorhandene Modellinstrumentarium in Richtung Resilienzanalyse, Berücksichtigung von dynamischen Prozessen (inkl. Extreme Events) und Einbindung sozioökonomischer Faktoren in punkto Modellierung weiterentwickelt und die Bewertung von Transformationspfaden aus Sicht einzelner Akteure vertieft.

- *Energieeffizienz – Potentiale und Strategien für die Verbesserung*: Die Weiterentwicklung und Anwendung von Methoden zur Nachhaltigkeitsbewertung stand im Mittelpunkt der Arbeiten.
- *Energiesicherheit – Herausforderungen und Chancen für zukünftige Energiesysteme*: Die Forschungsaktivitäten im Bereich der Modellierung und Simulation konzentrierten sich auf Methoden und Infrastrukturen zur Sektorkopplung. Darunter fallen technoökonomische Analysen zu verschiedenen Verfahren im Bereich Power-to-Gas, zum Aufbau von Ladeinfrastrukturen für die Elektromobilität sowie zur Stabilität und optimalen Topologie von Strom- und anderen Versorgungsnetzen. Ein neuer methodischer Schwerpunkt liegt in der Entwicklung und Anwendung datenwissenschaftlicher Methoden für die Energiesystemanalyse.

Übergreifende Aktivitäten

- TIS war am Zukunftsthema **Energiesystemintegration (ESI)** beteiligt. Durch iterative Prozesse zwischen technoökonomischen Simulations- und Optimierungsmodellen mit Cross-Impact Analysen wurde gezeigt, dass und wie sich die gegenseitige direkte und indirekte Beeinflussung der verschiedenen Faktoren (ökonomisch, politisch, technologisch, usw.) durch eine Kombination unterschiedlicher Modellierungsansätze erfassen lassen. Die Ergebnisse werden aktuell in mehreren Veröffentlichungen zusammengefasst und sollen im Laufe des Jahres 2021 in Fachzeitschriften veröffentlicht werden.
- TIS entwickelt im Rahmen von **ES2050** eine Methode zur lebenszyklusorientierten Nachhaltigkeitsbewertung von Technologien, die aus den Elementen Life Cycle Costing (LCC), Life Cycle Assessment (LCA) sowie einer Bewertung anhand sozialer Indikatoren besteht, die in einem renommierten Journal veröffentlicht werden soll. Daneben wurden ein Ansatz zur Quantifizierung des Ressourcenbedarfs in ambitionierten nationalen und globalen Energieszenarien entwickelt und erste Ergebnisse einer Abschätzung des resultierenden Bedarfs an vier kritischen Materialien bei einer internationalen Fachzeitschrift veröffentlicht.
- TIS ist sowohl an der Minderungs- als auch an der Anpassungsforschung der **Helmholtz-Klimainitiative HI-CAM** beteiligt.

7. Programm Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research (NUSAFE)

Wissenschaftliche Highlights aus dem Berichtsjahr sind:

- Im Rahmen der Aktivitäten zur internationalen Kernmaterialüberwachung **Safeguards** wurden die ersten offiziell verfügbaren mikropartikulären Referenzmaterialien für die Qualitätskontrolle in der Safeguards-Analytik zertifiziert. Zudem wurde ein NUSAFE Partner für die Bereitstellung und Lieferung von Mikropartikel-Referenzmaterialien als Mitglied des IAEO-Netzwerks der analytischen Labore (NWAL) offiziell qualifiziert (POF III Meilenstein). Darüber hinaus konnten durch Untersuchungen mittels Röntgenabsorptionsspektroskopie neue Erkenntnisse über den Alterungsprozess von Uranoxid-Partikeln nach deren Produktion gewonnen werden. Diese Erkenntnisse lassen erstmals Schlussfolgerungen hinsichtlich geeigneter Lagerbedingungen und der Lebensdauer der Referenzpartikel zu.
- Mit der Fertigstellung des maßgeschneiderten **CFD-Pakets containmentFOAM** steht eine Open Source Simulationsplattform zur Verfügung, um störfalltypische Phänomene und Transportprozesse im Sicherheitsbehälter zu untersuchen und die Effizienz von Sicherheitsmaßnahmen zu bewerten und zu verbessern. Im blinden

Benchmark des OECD/NEA HYMERES-2-Projekts erreichte containmentFOAM gute Ergebnisse hinsichtlich Vorhersagegüte, Skalierbarkeit und numerischer Effizienz.

Programmthema 1: Nuclear Waste Management

- *Safety research for nuclear waste disposal:* Im Rahmen des iCross-Projekts wurde (in Zusammenarbeit mit dem UFZ und dem GFZ im FB Erde und Umwelt) das smart Kd-Konzept in den reaktiven Transportcode OpenGeoSys-6 zur realitätsnahen Beschreibung des RN-Transports durch das Fernfeld eines Endlagersystems implementiert. Umfangreiche Updates (Datenbasis und Nutzerinterface) der thermodynamischen Referenzdatenbank THEREDA und der mineralspezifischen Sorptionsdatenbank RES³T ermöglichten u.a. die Simulation des reaktiven Transportverhaltens von Uran im Opalinuston (in Kooperation mit dem GFZ Potsdam).
- *Waste Management Strategies:* Der SIMMER Code für Sicherheitsuntersuchungen von Transmutations-Systemen wurde erweitert und kommt in verschiedenen Projekten zum Einsatz. Vorherige Vorschläge von NUSAFE Wissenschaftlern und anderen Partnern zur Vermeidung von Rekritikalitäten werden im aktuellen EU-Projekt ESFR-SMART untersucht. Erste Ergebnisse aus 2020 bestätigen ihre Wirksamkeit. SIMMER wurde um ein Modell erweitert, das die Rückwirkung der thermischen Ausdehnung der Steuerstabaufhängung auf die Reaktivität einbezieht, welche ebenfalls in ESFR-SMART zur Anwendung kommt.

Programmthema 2: Reactor Safety

- *Reaktorbetrieb und Auslegungsgestörungen:* Daten eines Inbetriebnahmeexperiments am Chinesischen Experimentellen Schnellen Reaktor (CEFR), die im Rahmen eines von der IAEA koordinierten Forschungsprojekts zur Verfügung gestellt wurden, wurden für Nachrechnungen mit Hilfe des Monte-Carlo-Codes SERPENT2 verwendet. Neben der ausgezeichneten Übereinstimmung zwischen Berechnungs- und Messdaten demonstriert diese Aktivität die Möglichkeit, routinemäßig zeitabhängige Simulationen mit Monte-Carlo-Codes durchzuführen und nicht mehr auf deterministische Methoden beschränkt zu sein.
- *Auslegungsüberschreitende Störfälle und Notfallmanagement:* Ein Schwerpunkt lag bei der Entwicklung und Anwendung von Methoden zur quantitativen Unsicherheitsanalyse der radiologischen Quellterm-Vorhersagen des ASTEC-Codes. Diese Arbeiten werden im Rahmen der Beteiligung an verschiedenen Projekten durchgeführt. Dabei wird das URANIE-Werkzeug zur Unsicherheitsanalyse auf ASTEC angewendet. Darüber hinaus wurde in-house ein auf Python basierendes Unsicherheitswerkzeug entwickelt, das im WAME-Projekt breite Anwendung findet. Diese Aktivitäten waren der Auslöser für den massiven Einsatz von High Performance Computing (HPC) zur Durchführung großer Mengen von ASTEC-Simulationen. Dieser wichtige Schritt wird durch die Nutzung der am SCC des KIT verfügbaren Cluster vollzogen.

Übergreifende Aktivitäten

- Das komplementär von der Helmholtz-Gemeinschaft im Rahmen des Impuls- und Vernetzungsfonds sowie vom BMBF geförderte, multidisziplinäre Forschungsvorhaben **iCross** schafft wissenschaftliche Grundlagen im Zusammenhang mit der sicheren Entsorgung radioaktiver Abfälle, insbesondere im Hinblick auf die Herausforderungen eines vergleichenden Standortauswahlverfahrens in Deutschland. Dies erfolgt in enger Kooperation und Abstimmung zwischen den NUSAFE-Partnerinstituten aus dem Forschungsbereich Energie und Forschungsgruppen von GFZ und UFZ aus dem Forschungsbereich Erde und Umwelt.

- Im **Helmholtz European Partnering Projekt CROSSING** wurden die Untersuchungen zum Verbleib von Nanopartikeln in der Umwelt mit radiochemischen Mitteln fortgeführt.
- Die themenübergreifende **Zusammenarbeit zwischen den Programmen NUSAFE und Erneuerbare Energien** im Bereich der Flüssigmetalltechnologie wurde erfolgreich fortgesetzt, mit dem Schwerpunkt der Nutzung neuer Materialien und Herstellungsverfahren für hochbelastbare Receiver in der Konzentrierenden Solarenergie.

8. Programm Nuclear Fusion (FUSION)

Zu den wissenschaftlichen Highlights des Jahres 2020 gehören die folgenden Arbeiten:

- Mit den **magnetischen Pumpen** hat das IPP einen starken Kandidaten für ein stationäres Tokamak-Szenario entwickelt. Dieser Effekt, der ähnlich wie ein Dynamo funktioniert, versetzt magnetischen Fluss nach außen, was zu einer Anhebung des zentralen Sicherheitsfaktors auf den Wert 1 führt. Dies hat zwei positive Effekte: zum einen wird die zentrale Sägezahninstabilität (SZ) vermieden, zum anderen kann über diesen Umweg Strom außerhalb des Zentrums getrieben werden mit der aufgrund der höheren Temperatur besseren Effizienz des Zentrums. Parametervariationen im ASDEX Upgrade konnten neue theoretische Vorhersagen bestätigen, dass der Antrieb des magnetischen Pumpens mit dem Plasmadruck skaliert und die Einsatzschwelle vom Stromprofil im Zentrum abhängt.
- Zur in-situ Überwachung des Tritiuminventars im Reaktorgefäß von ITER werden **laserbasierte Oberflächendiagnostiken** entwickelt und erprobt. Für ITER sind Tritiumeinlagerungen in Berylliumschichten auf Wolfram im inneren Divertor durch Experimente am europäischen Fusionsexperiment JET sowie Modellierungen für JET und ITER als wichtigster Beitrag zur Tritiumrückhaltung identifiziert worden. Am Forschungszentrum Jülich konnte bei der Untersuchung von Berylliumschichten mit definiertem Deuteriumgehalt auf Wolframsubstraten mit laserinduzierter Desorption gezeigt werden, dass mit steigendem Energieeintrag durch Laserpulse im Millisekundenbereich das eingelagerte Deuterium vollständig desorbiert und über Quadrupol-Massen-Spektroskopie nachgewiesen werden kann (LID-QMS).

Programmthema 1: Stellarator Research

- Die Transportprozesse im Plasma werden von der Plasmaturbulenz dominiert. Dies führt einerseits dazu, dass Verunreinigungsteilchen im Plasma rasch heraustransportiert werden und damit starke Strahlungsverluste vermieden werden, andererseits erleiden die Plasmateilchen dadurch Wärmeverluste. Dies führt vor allem zu einer unerwünschten Obergrenze der Ionentemperatur. Die Plasmaturbulenz kann jedoch durch gezielte Formbeeinflussung des Plasmaprofiles gesteuert werden, was eine starke Erhöhung der Ionentemperatur ermöglichte.

Programmthema 2: Tokamak Physics

- Neben der Abschwächung ist die Vermeidung von Disruptionen für ITER und DEMO von höchster Wichtigkeit. Hierfür wurde im ASDEX Upgrade ein ‚Zustandsbeobachter‘ weiterentwickelt, der den Abstand zum disruptionsgefährdeten Bereich bemisst und einem Controller erlaubt, die Entladung in einen sicheren Parameterbereich zu steuern. Das Verfahren konnte zum TCV Tokamak portiert und dort erfolgreich angewendet werden.

Programmthema 3: Fusion Technologies and Materials

- Bei der Aufrüstung des 2 MW, 170 GHz Gyrotrons des KIT zum Langpulsbetrieb in der Elektron-Zyklotron-Resonanzheizung wurde die Zielmarke von 100 msec erreicht. Ein voller Erfolg waren die Experimente mit dem weltweit ersten 1,5 MW, 140 GHz Kurzpuls-Präprototyp-Gyrotron für W7-X als Vorstufe für den Bau einer industriellen 1,5 MW Röhre.

Programmthema 4: Plasma-Wall Interactions

- Der Monte-Carlo Code ERO2.0 wurde erfolgreich für die numerische Behandlung verschiedener PWW-Fragestellungen eingesetzt. Hierzu gehören die Beryllium-Erosion in ITER, die Kohlenstoff-Erosion und Borierung in LHD und die Oberflächenrauigkeit von exponierten Molybdän-Proben in PSI-2. Der Code ERO2.0 wurde durch die Einbindung von molekularen Freisetzungsmechanismen, den Transport von Molekülen sowie einem dynamischen Modell für gemischte Materialien an der Oberfläche signifikant weiterentwickelt. Die Injektion von Methan und Deposition von Kohlenstoff auf Sonden des Mittelebenen-Manipulators an W7-X wurde mittels ERO erfolgreich simuliert.

Übergreifende Aktivitäten

- Querschnittsthema **The route to a Fusion Power Plant**: Unter dieser Aktivität wird untersucht, welche Anforderungen in Physik und Technologie aus den konzeptuellen Studien zu zukünftigen Fusionskraftwerken erwachsen. Eine wichtige Aktivität betrifft dabei die Untersuchungen zu zukünftigen Heizsystemen für ein Demonstrationskraftwerk.
- Querschnittsthema „**Theory Challenges**“: Die experimentelle Fusionsforschung wird von einem theoretischen Forschungsprogramm an IPP und FZJ begleitet.

A.2.1.1.3 Strategische Themen

Die am Forschungsbereich Energie beteiligten Helmholtz-Zentren treiben im FB Energie und den wissenschaftlichen Programmen auch die strategischen Themen Nachwuchsförderung, Chancengleichheit, Vernetzung, Drittmittelwerbung sowie Wissens- und Technologietransfer voran. Im Folgenden sind jeweils ausgewählte Beispiele dargestellt.

1. Nachwuchsförderung

Energy Efficiency, Materials and Resources: Dr.-Ing. Sascha Heitkam konnte eine Emmy-Noether-Gruppe „Towards Fluid Dynamics of Foam and Froth“ bei der DFG einwerben, die an der gemeinsamen Schnittstelle zwischen dem HZDR, Institut für Fluidodynamik, und dem Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik der TU Dresden angesiedelt ist.

Renewable Energies: Am 11. November 2020 fand der erste UFZ-weite Karrieretag mit ca. 70 Teilnehmenden statt. Das Programm zielte insbesondere darauf ab, über außerwissenschaftliche bzw. wissenschaftsnahe Karrierewege zu informieren. Neben einem Podiumsgespräch mit Alumni/ae konnten Postdocs an sechs verschiedenen Workshops zur Karriereorientierung und strategischen Karriereplanung teilnehmen.

Storage and Cross-linked Infrastructures: Im Zusammenhang mit dem Helmholtz-Network of Excellence „post-Lithium Batteries“ (pLB), ExNet-0035 und dem Exzellenzcluster POLiS am KIT wurden zwei W1 Professuren mit Tenure Track (W3) neu eingerichtet.

Technology, Innovation and Society: Mit einem Promotionsprojekt zur Datenanalyse von Zeitreihen zur Stromnetzfrequenz und möglicher Vorhersage kritischer Zustände mit Methoden des Machine Learning beteiligt sich TIS an der Graduiertenschule „Helmholtz School for Data Science in Life, Earth and Energy“ (HDS-LEE) am FZJ.

Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research: Dr. Robert Gericke wurde 2020 in das High Potential Program des HZDR aufgenommen, dass der Rekrutierung von international erfolgreichen Wissenschaftler/innen dient, um diese frühzeitig in einer wichtigen Karrierephase zu gewinnen und bei einer erfolgreichen Programmteilnahme auch langfristig zu binden.

Nuclear Fusion: Gefördert durch EUROfusion nahmen im Berichtsjahr neun Nachwuchsstipendiaten ihre Tätigkeit an einem der drei Zentren auf: Mit den „Engineering Grants“ und „Researcher Grants“ sollen exzellente promovierte junge Wissenschaftler/-innen einen An-schub für eine Karriere in der Fusionsforschung erhalten.

2. Chancengleichheit

DLR: Im Jahr 2020 sind im DLR erstmals institutsspezifische Workshops für die Vernetzung und Förderung von Frauen durchgeführt worden. Am Institut für Technische Thermodynamik (TT) des DLR wurde eine Initiative ins Leben gerufen, bei der es primär darum geht, Wissenschaftlerinnen Freiheiten für die eigene Entwicklung zu schaffen. Insbesondere soll damit ein dem Kaskadenmodell entsprechender Frauenanteil innerhalb von TT erreicht werden. Dazu wurde auch eine Taskgruppe von engagierten Wissenschaftlerinnen gebildet, die Förderungsinstrumente analysieren und vorschlagen. Die seit einigen Jahren etablierten institutsübergreifenden Aktivitäten zur Chancengleichheit werden weiterhin durchgeführt.

FZJ: Das Forschungszentrum Jülich setzt sich für eine gute MINT-Bildung ein - auch schon bei den Kleinsten. Das Schülerlabor (JuLab) und das Büro für Chancengleichheit (BfC) arbeiten im Rahmen der Nachwuchsförderung Hand in Hand, um Freude und Verständnis für Naturwissenschaften, Mathematik, Informatik und Technik an Mädchen und Jungen weiterzugeben. Dabei setzen wir schon weit vor der Entscheidung zur Berufswahl an.

HZB: Das HZB durchläuft als erste außeruniversitäre Forschungseinrichtung das Diversity-Audit des Stifterverbandes. Nach der Umsetzungsphase erfolgt im Frühjahr 2021 eine Evaluierung des Implementierten sowie die Zertifizierung durch den Stifterverband.

HZDR: Am HZDR fand ein Dialogtag im Rahmen des „audit berufundfamilie“ der Hertie-Stiftung statt. Er diente dazu, das bestehende Zertifikat zum Audit weiterzuentwickeln und zu bestätigen. Des Weiteren wurde die interaktive Vortragsreihe „F³ – Frauen für Frauen“ ins Leben gerufen, in der Mitarbeiterinnen des HZDR ihre Arbeiten und den Arbeitsplatz – z. B. an einem Großgerät – anderen Kolleginnen vorstellen.

KIT: Das KIT hat in 2020 bereits zum vierten Mal in Folge das Zertifikat „audit familien-gerechte hochschule“ für weitere drei Jahre erhalten. Zudem wurde im Bereich III - Maschinenbau und Elektrotechnik des KIT, in dem ein Großteil der Energieforschung des KIT angesiedelt ist, eine Arbeitsgruppe Chancengleichheit eingerichtet.

Im Rahmen der „Helmholtz European Partnership for Technological Advancement“ zwischen dem KIT und der Aristoteles Universität Thessaloniki wurde der Austausch von Promovierenden mit strikt gleichem Frauen- und Männeranteil zur Entwicklung nachhaltiger Technologien gestartet.

UFZ: Das UFZ hat in seinem Gleichstellungsplan sowie im Audit „berufundfamilie“ Maßnahmen zur Erreichung seiner gleichstellungspolitischen Ziele festgelegt. 2020 wurden unter frühzeitiger Beteiligung der Gleichstellungsbeauftragten ambitionierte Kaskadenziele für

2024 mit Fokus auf einer paritätischen Neubesetzung offener Stellen für jede Ebene definiert.

3. Vernetzung

Energy Efficiency, Materials and Resources: Im Rahmen des Virtual Institute for Gasification Technology, HVI GasTech, fand am 10. September 2020 ein webbasierter Promovierendenworkshop mit ca. 30 Teilnehmer/innen aus Schweden (Lulea TU), Österreich (TU Wien) und Deutschland (TU Clausthal, KIT) statt. In zehn Vorträgen wurden die verschiedenen Promotionsarbeiten der beteiligten Doktorand/innen diskutiert und konkrete Ansätze zum wissenschaftlichen Austausch vereinbart.

Renewable Energies: Zum Aufbau einer Kooperation mit Indonesien wurde ein mehrtägiger Workshop in Indonesien im Rahmen des dafür initiierten Projekts GeoFlugs durchgeführt. Mit deutschen, europäischen und US-amerikanischen Partnern wurde ein europäisches Projekt zur Hochtemperaturspeicherung entwickelt. Mit zahlreichen internationalen Partnern wird vom GFZ koordiniert über regelmäßige Online-Workshops und Meetings an der Neustrukturierung und Überarbeitung der globalen Wärmestrom-Datenbank gearbeitet.

Es wurde eine Kooperation zwischen dem DLR und dem Barcelona Supercomputing Center begonnen um Messergebnisse zur Verschmutzung von Spiegeln in Solarkraftwerken mit der simulierten Ausbreitung von Aerosolen korrelieren zu können.

Storage and Cross-linked Infrastructures: Am HZB wurde zusammen mit der Humboldt Universität Berlin eine gemeinsame Forschungsgruppe „Operando Battery Analysis“ eingerichtet. Hierdurch wird eine Gutachterempfehlung für den Übergang von PoF III nach PoF IV umgesetzt.

Technology, Innovation and Society: Das KIT ist (Gründungs-)Mitglied von GCSO (Global Consortium for Sustainability Outcomes), einem internationalen Netzwerk an Universitäten, das sich der Entwicklung und Verbreitung wirkungsorientierter Nachhaltigkeitsprojekte verschrieben hat. Im Berichtszeitraum wurde das Projekt „Implementing Off-Grid Renewable Energy to Create Social Value and Community Development „(gemeinsam mit dem Center for Energy and Society der Arizona State University und in Partnerschaft mit vier Organisationen aus Bolivien, Uganda, Nepal und Philippinen) abgeschlossen.

Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research: Das European Joint Programme on Radioactive Waste Management (EURAD) wird durch NUSAFE-Wissenschaftler*innen in allen F&E Arbeitspaketen und den beiden strategischen Studien UMAN und ROUTES sowie den Aktivitäten zum Thema Knowledge Management aktiv vorangetrieben. NUSAFE ist im Bureau der General Assembly vertreten. EURAD wird die Aktivitäten zur Endlagerforschung innerhalb Europas gezielt bündeln.

Nuclear Fusion: HILOADS, das „Helmholtz International Lab for Optimized Advanced Divertors in Stellarators“, wurde im Jahr 2020 gegründet. IPP und FZJ arbeiten darin mit den US-Universitäten Madison und Auburn zusammen auf dem Gebiet neuer Divertorkonzepte zur Leistungsabfuhr aus Stellarator-Plasmen. Ein wesentliches Ziel von HILOADS ist die Förderung von Nachwuchswissenschaftler/innen, u.a. durch eine gemeinsame virtuelle Graduiertenschule.

4. Drittmiteleinwerbungen

Energy Efficiency, Materials and Resources: Das DLR-Institut für Verbrennungstechnik hat im Auftrag des Mikrogasturbinenherstellers Aurelia Turbines einen Prototyp für ein brennstoffflexibles Brennersystem gefertigt und ausgeliefert. Die Arbeiten wurden über das EU-

Projekt FUTURBINE 2020 finanziert. Im Rahmen der Anbahnung einer Forschungs Kooperation wurde das Institut für Verbrennungstechnik von der Universität Stavanger beauftragt, ein Mikrogastrurbinensystem mit der DLR Brennertechnologie auszurüsten.

Renewable Energies: Das HZB und die beiden Max-Planck-Institute, Fritz-Haber-Institut (FHI) und Institut für Chemische Energiekonversion (MPI CEC), bündeln ihre Kompetenzen und bauen gemeinsam mit der Humboldt-Universität zu Berlin die Forschungsplattform CatLab auf. CatLab soll eine Brücke zwischen Grundlagenforschung und Industrie schlagen und wird durch das BMBF mit mehr als 50 Mio. Euro gefördert. Insgesamt umfasst das fünfjährige Aufbauprojekt rund 100 Mio. Euro.

Storage and Cross-linked Infrastructures: Zur Umsetzung des BMBF Dachkonzepts "Forschungsfabrik Batterie" wurden vier neue Kompetenzcluster zu den Themen Analyse/Qualitätssicherung („AQua“), Batterienutzung („BattNutzung“), Intelligente Zellproduktion („InZePro“) und Recycling/Grüne Batterie („greenBatt“) in 2020 neu eingerichtet und mit 100 MEuro für zunächst drei Jahre ausgestattet.

Technology, Innovation and Society: Ein Ziel der zweiten Phase von ENSURE (2020-2023) ist es, bis 2050 ein Gesamtkonzept für die Energieversorgung zu entwerfen. Wichtig dabei ist, dass dieses in den sozioökonomischen Rahmen eingebettet ist und dass die Ergebnisse auf Deutschland und Europa übertragbar sind. Seit Februar 2020 bereitet ENSURE die Entwicklung des neuen Netzes auch in der Praxis vor. Die Pilotregion liegt in Schleswig-Holstein, wo besonders viele zukünftige Anforderungen schon heute getestet werden können. Dort sollen möglichst viele Anwendungen realisiert werden.

Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research: Anfang 2020 wurde ein großer Teil der im Jahr zuvor bei der EU im Rahmen des Euratom Calls NFRP-2019-2020 eingereichten Projektanträge bewilligt. Insgesamt wurden 15 Projekte neu bewilligt, darunter McSAFER unter NUSAFE-Koordination.

Nuclear Fusion: Mit 35,2 Mio. Euro steuerte EUROfusion 2020 den überwiegenden Anteil der Drittmiteleinwerbungen bei. Die Summe verteilt sich auf ca. 30 Projekte aus Plasmaphysik, Plasma-Wand-Wechselwirkung, Fusionstechnologie und Materialentwicklung, Grundlagenforschung und Nachwuchsförderung sowie auf den Betrieb von ASDEX Upgrade und Wendelstein 7-X.

5. Wissens- und Technologietransfer

Für den FB Energie besitzen die Überführung von Erkenntnissen aus der grundlegenden und der angewandten Forschung in marktfähige Produkte und Dienstleistungen, aber auch die wissenschaftliche Politik- und Gesellschaftsberatung auf verschiedenen Ebenen eine wichtige strategische Bedeutung. Dies zeigt sich durch verschiedene Formate des Wissenstransfers sowie im Technologietransfer durch entsprechende Lizenzeinträge, Patente bzw. prioritätsbegründende Erstanmeldungen und Unternehmungsausgründungen. Einige erfolgreiche aktuelle Beispiele sind hier genannt:

Energy Efficiency, Materials and Resources: Das HZDR (HIF)-Spin-off TheiaX konnte im Jahr 2020 mit Hilfe von Helmholtz Enterprise Funding und Unterstützung durch die HZDR Innovation GmbH zielgerichtet auf die Gründung im Jahr 2021 vorbereitet werden. Das Gründungsprojekt, welches sich mit der industriellen Anwendung hyperspektraler Sensoren in der Exploration befasst, hat erste Aufträge aus der Rohstoffindustrie mit großem Erfolg abarbeiten können.

Renewable Energies: An der bioliq-Pilotanlage des KIT wurde in einer Verbundkampagne ca. 800 l Kraftstoff erzeugt. Das Hauptprodukt der Aufarbeitung wurde im Rahmen des

reFuels-Projekts zu normgerechten 30 % Benzinblends aufgearbeitet und von Projektpartnern in Testmotoren und Fahrzeugen unter Real Emission Driving Bedingungen untersucht.

Storage and Cross-linked Infrastructures: Die HYREF GmbH entwickelt und produziert Brennstoffzellensysteme für mobile und stationäre Anwendung. Das FZJ erteilte der HYREF GmbH eine Lizenz zur Produktion von Systemlösungen zur unterbrechungsfreien Stromversorgung mit der Jülicher DMFC-Technologie.

Technology, Innovation and Society: Wissenstransfer erfolgt in TIS durch Online-Informationsplattformen, TA-spezifische Netzwerke, Politikberatung - auch über das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag - sowie durch öffentliche Veranstaltungen und Dialoge mit Bürgern zu vielfältigen Themen wie z.B. zur Energiewende und zum autonomen Fahren. In 2020 wurden entsprechende Veranstaltungen, beispielsweise „technik.kontrovers“ aufgrund der Corona-Pandemie in einem Online-Format durchgeführt.

Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research: Die von einem KIT-Wissenschaftler geleitete IAEA-Arbeitsgruppe „Challenges for Coolants in Fast Neutron Spectrum Systems“ veröffentlichte im Berichtsjahr eine Publikation der Reihe ‚IAEA Safety Standards Series‘ an der noch weitere NUSAFE-Mitarbeitende beteiligt waren.

Nuclear Fusion: Es bestehen verschiedene Kooperationen mit der Industrie in den Bereichen Design, Sicherheit und Lizenzierungsverfahren für DEMO. Mit der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) führte das KIT im Rahmen der Sicherheitsanalysen von DEMO-Konzepten deterministische Unfallanalysen wesentlicher Teilsysteme durch, die nach der FFMEA-Methode ausgewählt wurden.

A.2.1.1.4 Quantitative Indikatoren

	Einheit	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Veränderung 2020 zu 2019 absolut	Veränderung 2020 zu 2019 prozentual
ISI- oder SCOPUS zitierte Publikationen	Anzahl	2.119	2.135	2.380	2.277	2.609	2.525	-84	-3%
andere referierte Publikationen	Anzahl	881	858	723	663	604	316	-288	-48%
Drittmittelerträge	TEUR	156.701	160.294	140.153	167.089	181.277	188.388	7.111	4%
abgeschlossene Dissertationen	Anzahl	183	179	140	178	196	191	-5	-3%
Nachwuchsgruppen	Anzahl	20	24	28	30	28	27	-1	-4%
ausgewählte koordinierte nationale und internationale Förderprogramme	Anzahl	323	331	369	368	406	399	-7	-2%
Kooperationen mit der Wissenschaft	Anzahl	748	762	767	749	773	805	32	4%
Kooperationen mit der Wirtschaft	Anzahl	466	548	612	577	660	555	-105	-16%
prioritätsbegründende Patentanmeldungen	Anzahl	76	64	71	93	71	73	2	3%
Gastwissenschaftler/ Forschungsaufenthalte	Anzahl	507	513	531	561	578	347	-231	-40%
Einnahmen aus Lizenzen	TEUR	1.338	1.709	1.450	1.963	1.179	1.159	-19	-2%
Vorträge bei internationalen Konferenzen	Anzahl	1.408	1.669	1.530	1.379	1.409	672	-737	-52%
Vorlesungen/ Kurse	SWS	1.207	1.421	1.639	1.848	1.859	1.710	-148	-8%
Kapazität der grundfinanzierten Wissenschaftler	PJ	1.109	1.166	1.177	1.201	1.243	1.252	9	1%
Kapazität der drittmittelfinanzierten Wissenschaftler	PJ	685	631	625	632	688	797	110	16%
Summe Wissenschaftler	PJ	1.794	1.800	1.802	1.833	1.931	2.049	118	6%

Die Anzahl der ISI oder SCOPUS zitierten Publikationen hat gegenüber 2019 zwar leicht um 3 % abgenommen, liegt jedoch wiederum weit über den Werten der Vorjahre (andere referierte Publikationen sind über alle Programme hingegen um ca. die Hälfte gesunken, was durch die Corona-Pandemie zu erklären ist, da diese Publikationen oft mit einer Konferenzteilnahme verknüpft sind). Es besteht eine Publikationsleistung von 2,0 ISI- oder SCOPUS-zitierten Publikationen pro grundfinanziertem Wissenschaftler/in und von 1,2 ISI- oder SCOPUS-zitierten Publikationen pro am Forschungsbereich beteiligten Wissenschaftler/in

Die Drittmittelträge konnten nach dem starken Anstieg im Vorjahr abermals um 7 Mio. Euro gesteigert werden. Die Programme RE (+8,5 Mio. Euro, +24%) und SCR (+10,3 Mio. Euro, +22%) konnten hierbei mit der Steigerung ihrer Drittmittelträge den Rückgang anderer Programme (EMR -12% , FUSION -14%) überkompensieren.

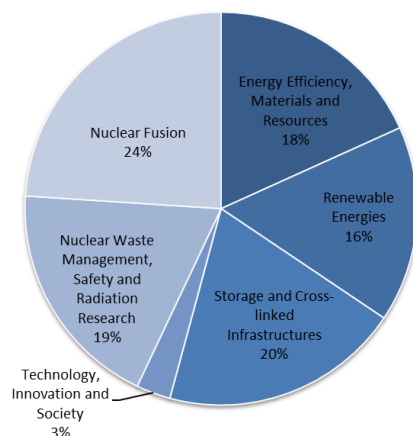
Während die Kooperationen mit Wissenschaft wie in den Vorjahren abermals gesteigert werden konnten, konnte bei den Kooperationen mit der Wirtschaft die Steigerung des Jahres 2019 nicht wieder erreicht werden, bewegt sich jedoch auf dem Niveau der vorherigen Jahre.

Der positive Trend der Vorjahre bei der Anzahl der Gastwissenschaftler- und Forschungsaufenthalte konnte Pandemie-bedingt in 2020 nicht fortgeführt werden. In denselben Zusammenhang ist die Halbierung der Vorträge bei internationalen Konferenzen und die Anzahl der Vorlesungen und Kurse zu setzen.

A.2.1.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich Energie

Im Forschungsbereich Energie beteiligt sich das KIT derzeit an sechs von sieben PoF III-Helmholtz-Programmen. Die Kompetenzen des KIT umfassen die gesamte Energiekette von (erneuerbarer) Energie über Umwandlung und Verteilung bis zur gesellschaftlichen Integration. Zusätzlich sind Nukleare Entsorgung und Sicherheit sowie Fusionsforschung Teil des Portfolios. Das KIT nimmt im FB Energie eine führende Rolle ein und stellt mit Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka den Koordinator des FB.

Programmanteile des KIT im FB Energie



Anteile des KIT am FB Energie

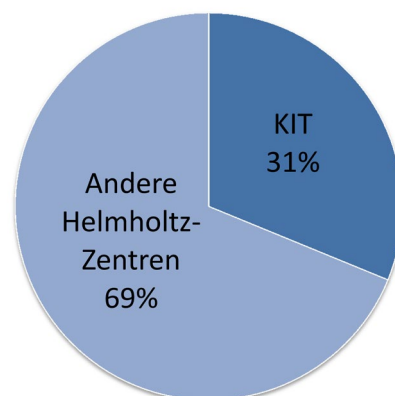


Abbildung 2: Programmanteile des KIT im Forschungsbereich Energie

Um den gesamtheitlichen Blick auf das Energiesystem – insbesondere vor dem Hintergrund der Energiewende – zu stärken, wird unter Federführung des KIT die Initiative „Energy System 2050 – Ein Beitrag des Forschungsbereichs Energie“ mit den im Forschungsbereich Energie beteiligten Helmholtz-Zentren basierend auf den Senatsempfehlungen der Programmevaluationen für die jetzige Phase der Programmorientierten Förderung (PoF III) durchgeführt. Das Ziel der gemeinsamen Initiative ist, die Erarbeitung greifbarer und ver-

wertbarer systemtechnischer Erkenntnisse, die dann von Wirtschaft und Politik aufgegriffen werden können. Die Initiative wird die Integration von bedeutenden Technologieelementen in das gesamte Energiesystem für eine erfolgreiche Integration der Erneuerbaren Energien in das Energiesystem betrachten. Dabei werden eng miteinander verknüpfte Technologiepfade (Netze, Speicher, biogene Energieträger, Energie- und Rohstoffpfade mit Wasserstoff) und Querschnittsthemen (Nachhaltigkeitsanalysen, Datenbanken) adressiert.

Mit acht beteiligten Helmholtz-Zentren unter Federführung des KIT widmet sich das Zukunftsthema „Energiesystemintegration“ konsequent den systemischen Aspekten des Energiesystems der Zukunft. Ziel ist, alle physikalischen und informationstechnischen Netze und die entsprechenden Sektorkopplungen eines hauptsächlich auf Erneuerbaren Energien basierenden Systems zu gestalten, so dass Stabilität und Verfügbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit im richtigen Maß gewährleistet sind. Das Projekt wird aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft für drei Jahre gefördert.

Bei „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 wird für drei Jahre gefördert. Ebenfalls für drei Jahre wird das unter Federführung des DLR stehende Zukunftsthema „Autonomous Robotic Networks to Help Modern Societies (ARCHES)“ gefördert. Hier erforschen Wissenschaftler/innen aus den Forschungsbereichen Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr (LRV), Erde und Umwelt (EuU) sowie Energie den Einsatz von autonomen, vernetzten robotischen Systemen zur Lösung großer gesellschaftlicher Fragestellungen. Das KIT trägt zu dem Projekt mit seiner Expertise auf den Feldern Robotik und automatisierte Energiesysteme wesentlich bei.

Um das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten zukünftiger Energiesysteme zu erforschen, wird derzeit 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.

Mit der „Helmholtz Energy Materials Characterization Platform (HEMCP)“ wurde eine Infrastruktur-Plattform geschaffen, die Materialforschung bei nachhaltigen Energietechnologien ermöglicht und die Aktivitäten verschiedener Helmholtz-Zentren in der Charakterisierung von Materialien bündelt und vernetzt. Die Forschungsplattform mit zentralem Zugang bietet analytische Methoden zur Charakterisierung von Energiematerialien in 4D sowie In-situ-Informationen zu strukturellen, elektrischen und chemischen Eigenschaften.

Ebenfalls auf dem Gebiet der Energietechnologien ist das KIT an der „Helmholtz Energy Materials Foundry (HEMF)“ beteiligt. Diese im Aufbau befindliche Forschungs- und Entwicklungsplattform widmet sich der Synthese von neuen und verbesserten Materialien für die Energieumwandlung und -speicherung.

Mit dem „Living Lab Energy Campus (LLEC)“ beteiligt sich das KIT an einem Campus-Energiesystem, das als integrierte Forschungsplattform für dezentrale urbane Energiesysteme dienen wird. Mittels Echtzeitanalyse, Design und operationeller Optimierung von Energiesystemen entsteht ein wichtiger Demonstrator für die Umsetzung der Energiewende.

Energy Efficiency, Materials and Resources (EMR)

Das Programm EMR besteht aus den Topics „Efficient and Flexible Power Plants“, „Energy-Efficient Processes“, „Methods and Concepts for Materials Development“, „Efficient Use of Fuel Resources“, und „Resource Technologies“. Das Themenspektrum von der Kraftwerkstechnik über die energieeffizienten Prozesse, die Materialentwicklung, die effiziente Nutzung von Brennstoff-Ressourcen bis zur Ressourcentechnologie, ist komplex. Das KIT ist an allen fünf Programmthemen beteiligt.

Renewable Energies (RE)

Der Fokus des interdisziplinären Programms RE liegt auf der Erforschung und Weiterentwicklung innovativer komplementärer Technologien für ein Energiesystem, das auf der Nutzung erneuerbarer Energien basiert und berücksichtigt Multiskalenansätze und Systemaspekte. Das Programm besteht aus den Programmthemen „Solar Cells of the Next Generation“, „Concentrating Solar Thermal Technology“, „Bioenergy“ und „Geothermal Energy Systems“ sowie den Themen „Wind Energy“ und „Solar Fuels“. Im Programm Renewable Energies stellt die bioliq-Pilotanlage, die in den vergangenen Jahren am KIT aufgebaut und in Betrieb genommen wurde, die größte Infrastruktur dar. Das KIT ist an den drei Programmthemen „Concentrating Solar Thermal Technology“, „Bioenergy“ und „Geothermal Energy Systems“ beteiligt.

Storage and Cross-Linked Infrastructures (SCI)

Das Programm SCI soll zur Entwicklung wirtschaftlicher Speicher sowie zur Entwicklung und Vernetzung der zur Energieübertragung und -verteilung erforderlichen Infrastrukturen beitragen. Es beinhaltet die Topics „Electrochemical Energy Storage“, „Electrolysis and Hydrogen“, „Synthetic Hydrocarbons“, „Fuel Cells“, „Thermal Energy Storage“ sowie „Superconductivity, Networks and System Integration“. Das KIT bringt im Programm SCI vorwiegend seine Expertise auf den Gebieten der Batterieforschung, der Wasserstoffforschung, der heterogenen Katalyse und der Supraleitung ein. Weiterhin stellt das KIT im Rahmen dieses Programms wesentliche Kompetenzen zum Thema „Netze und Systemintegration“ zur Verfügung. Das KIT ist an vier von sechs Programmthemen beteiligt, diese sind „Electrochemical Energy Storage“, „Electrolysis and Hydrogen“, „Synthetic Hydrocarbons“ sowie „Superconductivity, Networks and System Integration“.

Nuclear Fusion (FUSION)

Das Programm FUSION besteht aus den Topics „Stellarator Research“, „Tokamak Physics“, „Fusion Technologies and Materials“ und „Plasma-Wall Interactions“. Das langfristige Ziel der internationalen Fusionsforschung ist die Realisierung der Energiegewinnung aus der Fusion leichter Wasserstoffisotope. Hierbei spielt das Helmholtz-Programm eine zentrale Rolle. Es stärkt die bedeutende und international anerkannte Position Deutschlands in der Fusionsphysik und der Fusionstechnologie. Das Programm ruht auf drei Säulen: dem Bau des International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) in Frankreich, dem Betrieb des Stellarators Wendelstein 7-X (W7-X) in Greifswald und der Vorbereitung eines Demonstrationskraftwerks (DEMO). Das KIT ist an einem von vier Programmthemen, dem Topic „Fusion Technologies and Materials“, beteiligt. Mit „Fusion Technologies and Materials“ werden am KIT wichtige Technologieentwicklungen für ITER und DEMO vorangetrieben.

Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research (NUSAFE)

Die Entsorgung radioaktiver Abfälle, die Sicherheit der Kernreaktoren und die Strahlenforschung sind wesentliche Aspekte der gesellschaftlichen Vorsorgeforschung, die das KIT in der Helmholtz-Gemeinschaft maßgeblich durchführt und die damit ein wichtiger Baustein des deutschen Gemeinschaftsprojektes „Energiewende“ sind. Sie sind integraler Bestandteil der internationalen nuklearen Sicherheitsforschung und tragen zur hohen Sicherheitskultur in deutschen und europäischen kerntechnischen Anlagen bei. 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.

Technology, Innovation and Society (TIS)

Wissenschaftlich-technische Exzellenz ist für die Erfüllung der Mission der Helmholtz-Gemeinschaft wesentlich, in vielen Fällen aber nicht hinreichend. Denn ob neue Technologien oder wissenschaftliche Erkenntnisse zur Lösung drängender Fragen beitragen, hängt mit Systemfragen sowie mit politischen oder wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, gesellschaftlicher Akzeptanz und ethischen Fragen zusammen. Im Helmholtz-Programm TIS (in den Forschungsbereichen Energie und Schlüsseltechnologien) werden diese nicht-technischen und systemischen Aspekte in den Topics „Assessing Technologies Towards strategies for responsible innovation“, „Renewable energy and material resources for sustainable futures - Integrating at different scales“ und „Assessment of Energy Systems – Addressing Issues of Energy Efficiency and Energy Security“ umfassend untersucht. Die Mission von TIS umfasst Zusammenhänge zwischen Wissenschaft und Technik auf der einen und Mensch und Gesellschaft auf der anderen Seite. Die Wahl der Forschungsthemen ist sowohl am wissenschaftlichen Forschungsbedarf als auch an der gesellschaftlichen Relevanz ausgerichtet und soll zur Orientierung für Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit beitragen, bis hin zu konkreter wissenschaftlicher Beratung und Entscheidungsunterstützung. Das KIT ist an den beiden Programmenthemen „Assessing Technologies. Towards strategies for responsible innovation“ und „Renewable energy and material resources for sustainable futures - Integrating at different scales“ beteiligt.

A.2.1.3 Programmenteil Energy Efficiency, Materials and Resources (EMR)

A.2.1.3.1 Das Programm im Überblick

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

Im Rahmen der Energiewende in Deutschland wird bis 2050 eine Reduktion des Primärenergiebedarfs von 50 % und der Emission von Treibhausgasen von 80 % angestrebt. Dies kann nur durch einen wesentlichen Anstieg der Effizienz in Bezug auf Versorgung und Bedarf von Energie, Ressourcen und Materialien, kombiniert mit einem starken Anstieg des Anteils von erneuerbaren Energien an der Gesamtversorgung realisiert werden. Gleichzeitig müssen die Prozessketten innerhalb und zwischen den Feldern Ressourcen, Materialentwicklung, Prozesstechnik, Treibstoffen und Energiekonversion als ganzheitliches System betrachtet werden. Die Transformation der Energieversorgung benötigt die Entwicklung außergewöhnlicher Flexibilität bezüglich Brennstoff und Lastwechsel und entsprechender Infrastruktur, da die Notwendigkeit einer bedarfsgesteuerten, wettbewerbsfähigen und umwelt-

freundlichen Energieversorgung für Industrie und Gesellschaft besteht, die die Versorgung aus erneuerbaren Quellen ergänzt. Diese Ziele stellen die Richtlinien für die einzelnen Programmthemen im Programm „Energieeffizienz, Materialien und Ressourcen (EMR)“ dar. Innerhalb des Forschungsbereiches Energie ist das Programm EMR das „Effizienzprogramm“, welches aus fünf Programmthemen besteht:

1. Effiziente und flexible Kraftwerke
2. Energieeffiziente Prozesse
3. Methoden und Konzepte für die Materialentwicklung
4. Effiziente Nutzung von Energierohstoffen
5. Ressourcentechnologien

Für das Programm EMR hat sowohl die Wirtschaftlichkeit der Entwicklung neuer Technologien als auch deren gesamtwirtschaftliche Relevanz auf nationaler und europäischer Ebene mehr und mehr an Bedeutung gewonnen. In diesem Zusammenhang sind einerseits Synergien mit anderen Helmholtz-Forschungsfeldern aus der Luft- und Raumfahrt, der Reaktorforschung, der Materialforschung und den Erneuerbaren Energien wichtig, andererseits auch Vernetzung und Wissenstransfer zwischen Partnerforschungseinrichtungen und Industrie. In einer geregelten Verteilung von Themen und Aufgaben stellte die Helmholtz-Gemeinschaft zudem die Infrastruktur ihrer Großforschungseinrichtungen zur Verfügung.

Programmstruktur

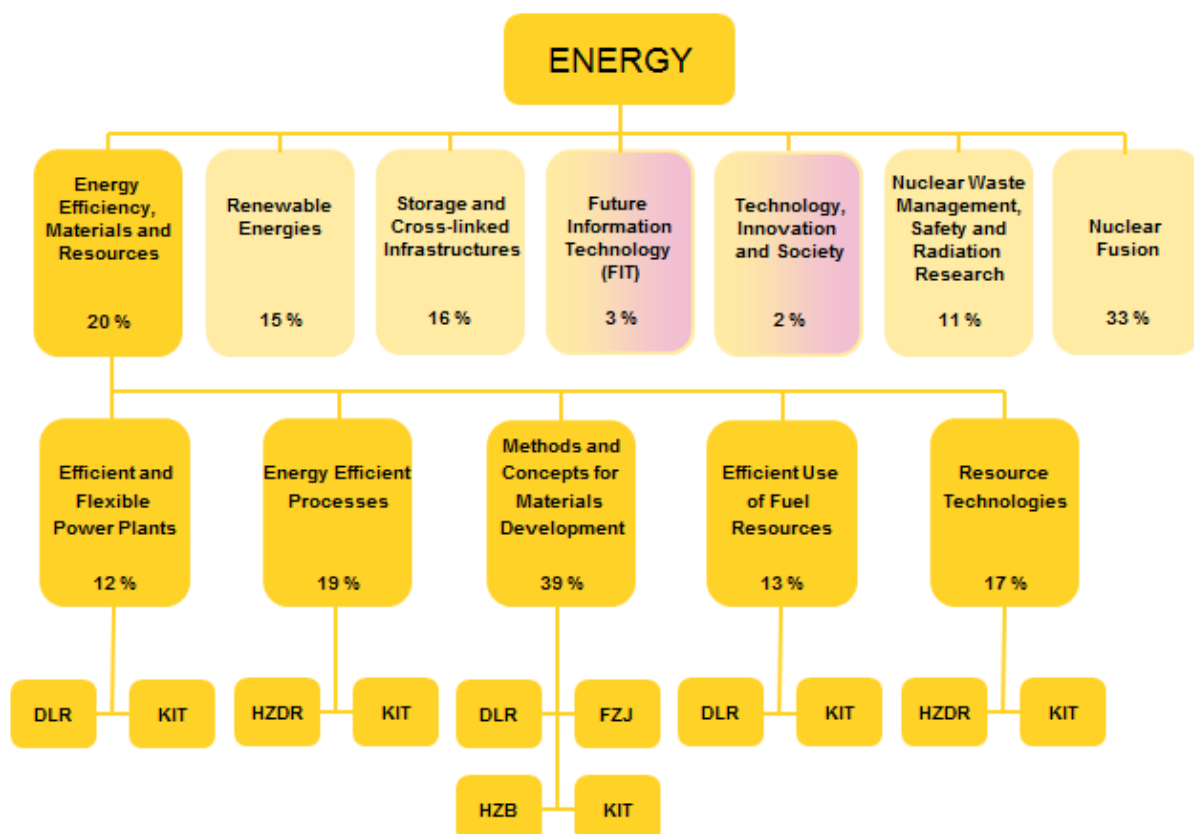


Abbildung 3: Programmstruktur EMR

Das Programm „Energy Efficiency, Materials and Resources“ gliedert sich in:

Programmthema 1: Efficient and Flexible Power Plants

Im Programmthema 1 werden Technologien für zentrale und dezentrale Kraftwerke basierend auf Gasturbinen und Feuerung von Biomasse entwickelt. Zu den Zielsetzungen gehört

neben hoher Effizienz und geringen Schadstoffemissionen in erster Linie sehr große Flexibilität im Hinblick auf Brennstoffe und Lastwechsel.

Programmthema 2: „Energy-Efficient Processes“

Das Programmthema 2 widmet sich Technologien der industriellen Produktion mit hoher Relevanz für den Energie- und Ressourcenverbrauch, speziell in der chemischen und metallzeugenden Industrie. Beispiele sind die Optimierung von Mehrphasen- und Flüssigmetallströmungen, die Intensivierung chemischer Prozesse durch Mikroverfahrenstechnik oder der Mikrowelleneinsatz in der Materialprozessstechnik.

Programmthema 3: „Methods and Concepts for Material Development“

In Programmthema 3 werden beschichtete und unbeschichtete Strukturwerkstoffe entwickelt und untersucht, die für aktuelle und zukünftige thermische Energiekonversionssysteme von strategischer Bedeutung sind bezüglich Wirkungsgrad und Lastflexibilität im Zusammenspiel mit erneuerbaren Energien. Den zweiten Forschungsschwerpunkt bilden funktionelle Werkstoffsysteme für die Integration in solare Energiesysteme z.B. in Dünnschichtsolarzellen und in Systeme zur Wasserstoffproduktion, Gastrennmembranen und elektronische/photonische Eigenschaften von Thermoelektrika.

Programmthema 4: „Efficient Use of Fuel Resources“

Die Forschung im Programmthema 4 fokussiert sich auf die Entwicklung neuartiger Prozessketten und die Optimierung der komplexen thermochemischen Prozesse Pyrolyse und Vergasung einschließlich der Gasaufbereitungsprozesse zur Umwandlung der herausfordernden Energierohstoffe der Zukunft (insbesondere Restbiomassen und kohlenstoffbasierte Kreislaufströme) in hochwertige chemische Energieträger wie Synthesegas für chemische Synthesen oder biogene Kraft- und Treibstoffe.

Programmthema 5: „Resource Technologies“

Das Ziel im Programmthema 5 ist die Entwicklung von innovativen Technologien für die energie- und ressourceneffizientere Nutzung mineralischer und metallhaltiger Rohstoffe aus primären und sekundären Quellen; dabei wird die gesamte Wertschöpfungskette von der Exploration bis zum Recycling betrachtet. Zwei Rohstoffgruppen werden vertieft untersucht: zum einen Hochtechnologierohstoffe, zum anderen mineralische Baustoffe.

A.2.1.3.2 Programmsergebnisse

Wissenschaftliche Ergebnisse

Das Programm EMR wurde für die dritte Phase der programmorientierten Förderung (PoF III) neu zusammengestellt. Das Themenfeld von der Kraftwerkstechnik über die energieeffizienten Prozesse, die Materialentwicklung, die effiziente Nutzung von Brennstoffressourcen bis zur Ressourcentechnologie, der im Programm abgedeckt wird, ist komplex. Dies gilt insbesondere hinsichtlich der Intensivierung der Zusammenarbeit innerhalb des Programmes.

Die vertiefte Diskussion fachlicher Inhalte und der Austausch zwischen den beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern im Programm wird durch wissenschaftliche Programmausschüsse befördert. Zum Thema „Kraftwerkstechnik“ wurde Anfang November 2015 ein solches Treffen in Stuttgart mit großem Erfolg durchgeführt. Das nächste Treffen wurde im September 2016 zu den Programmthemen „Energieeffiziente Prozesse“ und „Ressourcentechnologien“ in Dresden und Freiberg unter regem Interesse der beteiligten Wissenschaftler/innen sowie Doktorand/innen veranstaltet. Folgeveranstaltungen zu den Programmthemen „Methoden und Konzepte der Materialforschung“ in Berlin im Oktober 2017 und „Effiziente Nutzung von Brennstoffressourcen“ in Karlsruhe im Oktober 2018 kompletier-

ten den wissenschaftlichen Austausch aller am Programm beteiligten Themen. Die Zusammenarbeit mit den anderen Programmen RE, SCI und TIS im Helmholtz-Forschungsbereich Energie wurde intensiviert und Absprachen zwischen den Programmsprecher/innen zur vertieften Zusammenarbeit getroffen. Im November 2016 wurde ein zweitägiger „Programmübergreifender Workshop“ unter Beteiligung führender Wissenschaftler/innen aus diesen Programmen erfolgreich veranstaltet.

Neben dem Abschluss der in PoF III geplanten Arbeiten wurde das Jahr 2020 insbesondere genutzt, um die seit der strategischen Evaluierung im Oktober 2019 feststehenden Forschungsaufgaben der PoF IV-Periode 2021–2027 vorzubereiten.

Programmthema 1: Efficient and Flexible Power Plants

Thema KIT: Mitverbrennung fester Biomasse

Durch den mittlerweile 42 %-igen Anteil erneuerbarer Energien im Stromsystem 2020 müssen die fossil gefeuerten Kraftwerke, insbesondere Stein- und Braunkohlekraftwerke, die Residuallasten mit einer hohen Lastflexibilität tragen. Im Programm EMR wurde die Idee der Kombination von Brennstoffflexibilität mit Lastflexibilität entworfen, bei der durch den Einsatz von Biomasse mit geringeren Heizwerten als z.B. Steinkohle „automatisch“ eine Lastabsenkung durch Zufuhr von Biomasse in die Feuerung bei gleichzeitiger Einsparung fossiler CO₂-Emissionen erfolgt. Diese instationären Lastwechselprozesse erfordern eine gute, lokal aufgelöste Informationsdichte über den Feuerungsprozess, die in Echtzeit entsprechende Daten für die Überwachung und Steuerung, z.B. mit Hilfe von Kamerasystemen, liefert. Der dazugehörige Meilenstein zur Entwicklung von charakteristischen optischen Kenngrößen konnte bereits 2019 erfolgreich in Kooperation mit dem IAI abgeschlossen werden. Darüber hinaus wurden diese optischen Kenngrößen auch für oszillierende Prozesse erweitert. Schwerpunkt der Forschungsarbeiten im Berichtsjahr war die Demonstration der Stickoxidminderung durch die oszillierende Staubfeuerung als neuartige primäre Emissionsminderungsmaßnahme. Dieser nur hier seit Beginn der PoF-Periode aus dem Labor bis in den Bereich hoher TRL untersuchte Ansatz wird schrittweise im Hinblick auf Brennstoffflexibilität weiterentwickelt. An der BRENDA-Anlage erfolgten dazu 2018 und 2019 systematische Nachweise mit Steinkohle sowie 2020 auch mit Braunkohle. Darin wurde erstmals bestätigt, dass durch Oszillation von sowohl des Brennstoffstromes selbst als auch durch Teile der zugeführten Verbrennungsluft sich die Stickoxidkonzentrationen um bis zu 45 % im Vergleich zur nicht oszillierten Fahrweise senken lassen. Die Modellierung der experimentellen Ergebnisse erfolgt datenbasiert zum Zwecke einer KI-basierten Regelung solcher Verbrennungssysteme und wird in der kommenden PoF-Periode auf die Flugstromvergasungstechnologie übertragen.

N. Jolibois, K. Aleksandrov, M. Hauser, D. Stapf, H. Seifert, J. Matthes, P. Waibel, M. Vogelbacher, H.B. Keller, H. J. Gehrmann, Analysis of Oscillating Combustion for NO_x-Reduction in Pulverized Fuel Boilers. MDPI Inventions 6 (2021), 1, 9; DOI: 10.3390/inventions6010009.

Programmthema 2: Energy-Efficient Processes

Highlight: Photochemische CO₂-Aktivierung durch Solarstrahlung

Ein innovativer Ansatz zur Nutzung erneuerbarer Energie ist die Elektrifizierung von chemischen und petro-chemischen Prozessen, die Nutzung von CO₂ als Ausgangsstoff und die Einbindung von Licht in katalytischen Reaktionen. Im Rahmen der Arbeiten am KIT zur photochemischen Aktivierung von CO₂ wurde eine MATLAB®-basierte Ray Tracing Umgebung zur Simulation des Strahlungstransports in Fotoreaktoren aufgebaut. Die Umgebung besitzt neben Benutzerschnittstellen zur Definition von z.B. Transportmodellen für Strahlung oder parametrisierten Geometrien Schnittstellen zur MATLAB® pde toolbox und ermöglicht damit

auch gekoppelte Strahlungs- und Wärmetransportsimulationen. Eine geschickte 2D-Vereinfachung erlaubt eine erhebliche Beschleunigung der Simulation des Strahlungstransports von extrudierten Geometrien (Kanälen). Der reduzierte Rechenaufwand von Reaktionskanälen ermöglicht Geometrieoptimierungen mit globalen Suchalgorithmen. Diese Möglichkeit wurde in der Entwicklung eines 3D-druckbaren Fotoreaktors mit optimierter Strahlungstransporteffizienz genutzt. Fotoreaktoren dieser Bauart stellen sicher, dass das zur Verfügung stehende Licht möglichst verlustarm zum eigentlichen Fotokatalysator gelangt und dort zur photochemischen Aktivierung von CO₂ eingesetzt werden kann. Zur experimentellen Validierung der Reaktorentwicklung wurde die Methode der Aktinometrie etabliert, die im kommenden Jahr zur Bestimmung der Strahlungstransporteffizienz verschiedener Fotoreaktoren genutzt werden kann.

Y. Dong, P. Duchesne, A. Mohan, K.K. Ghuman, P. Kant, L. Hurtado, U. Ulmer, J.Y.Y. Loh, A.A. Tountas, L. Wang, A. Jelle, M. Xia, R. Dittmeyer, G.A. Ozin, Shining light on CO₂: from materials discovery to photocatalyst, photoreactor and process engineering. *Chemical Society Reviews* 49 (2020), 5648.

Mehrphasen- und thermische Prozesse

Am KIT wurden die Forschungsarbeiten zur additiven Fertigung von innovativen Tools zur Erhöhung der Energieeffizienz ausgebaut. Ein Einsatzgebiet in Erweiterung der bisher betrachteten Wärmeübertragung für 3D-gedruckte Strukturen zur Erhöhung der Energieeffizienz ist die thermische Trennung von flüssigen Gemischen, die über konventionelle Verfahren sehr energieintensiv ist. Am KIT ist es gelungen, die ersten komplett additiv gefertigten modularen Rektifikationsapparate aus 316L zu entwickeln. Dazu wurden für den 3D-Metalldruck mittels SLM-Verfahren (Selective Laser Melting) Laserparameter für den Druck dichter dünner Wände gefunden, ein parametrisiertes CAD-Modell der Apparate erstellt und diese erfolgreich gedruckt. Erste Charakterisierungen der Apparate zeigen gute Trennleistungen. In der Modellierung wurden die Grundsteine für eine modellgestützte weitere Entwicklung und Optimierung dieser Apparate gelegt. Ebenso wurde eine Membrantestzelle der nächsten Generation mit einem integrierten, metallischen 3D-gedruckten Wärmetauscher entwickelt, welcher eine Doppelfunktion als Membranstütze hat und gleichzeitig eine genaue Regelung der Membrantemperatur ermöglicht.

B. P. Ladewig, N. Zimmer, 3D printable heat exchanger for incorporation into a photoresponsive membrane gas permeation test cell. *KITopen*, 2020, DOI: 10.5445/IR/1000127982.

Eine wichtige Entwicklung für die Analyse von photoempfindlichen Membranen, insbesondere im Zusammenhang mit der Forschung zu sauberen Energien, ist der erfolgreiche Entwurf und die Konstruktion eines neuen Apparates für die Analyse von Gaspermeationen. Dieser ermöglicht die Messung der Durchlässigkeit von Gasmembranen (einschließlich CO₂, O₂, N₂ und CH₄) für einzelne Gase mit hoher Präzision unter Verwendung eines Druckdifferenzverfahrens, und zwar völlig einzigartig in der Welt, mit gleichzeitiger Beleuchtung der Membran mit UV-Licht unter Verwendung einer hochintensiven LED-Lichtquelle.

Für den Einsatz effizienter Technologien zur Speicherung erneuerbarer Energie in chemischen Grundstoffen wird die plasmabasierte CO₂-Konvertierung weltweit erforscht. Die besten Ergebnisse wurden bisher für Nichtgleichgewichts-Mikrowellenplasmen bei niedrigen Drücken berichtet. Leider sind Niederdruckplasmen für die großtechnische Umsetzung dieser Technologie nicht geeignet. In Zusammenarbeit mehrerer Institute am KIT wurde die erste Plasmaaktivierung auf der Basis von ultrakurzen Mikrowellenpulsen geschaffen und mit zeitaufgelöster optischer Emissionsspektroskopie analysiert, um die Schwingungs- und Rotationstemperaturen der Plasmaspezies mit Nanosekunden-Zeitauflösung zu verfolgen. Auf diese Weise war es erstmals möglich, Nichtgleichgewichtszustände in gepulsten atmosphä-

rischen Mikrowellenplasmen experimentell nachzuweisen und die Wirkungsgrade gegenüber kontinuierlichen Mikrowellenplasmen deutlich zu erhöhen.

S. Soldatov, G. Link, L. Silberer, C. M. Schmedt, E. Carbone, F. D'Isa, J. Jelonnek, R. Dittmeyer, A. Navarrete. Time-Resolved Optical Emission Spectroscopy Reveals Nonequilibrium Conditions for CO₂ Splitting in Atmospheric Plasma Sustained with Ultrafast Microwave Pulsation. ACS Energy Lett. 6 (2021), 1, 124.

Im Rahmen des vom BMWI geförderten Projekts Mi2Pro wurde am KIT ein neuer Ansatz zur Modellierung des Foulings in Mikrostrukturen durch Kombination eines Lagrange-basierten Modells der Strömung und eines Euler-basierten Modells für das einzelne Partikel entwickelt, der bahnbrechende Ergebnisse liefert. Der Hauptpunkt ist, dass es möglich ist, mit einem vergleichsweise groben Netz für die Strömung zu arbeiten und so die Rechenzeit zu reduzieren, was wiederum weitaus größere Simulationsvolumina ermöglicht.

S. Sadir, C. Spiegel, W. Augustin, S. Scholl, M. Kraut, Journal of Fluid Flow Heat and Mass Transfer (2020) (in press).

Programmthema 3: Methods and Concepts for Material Development

Programmthema 3: Materialsysteme für extreme thermische, mechanische und korrosive Beanspruchung

Für den Einsatz im Energiebereich wurden hochwarmfeste und korrosionsbeständige Fe-Basislegierungen am KIT entwickelt. Dabei wurde erstmalig nicht nur die komplette Prozesskette austenitischer Fe-15Cr-15Ni- und ferritischer Fe-20Cr-5Al-Legierungen mit Y-Ti-Nanocluster-Oxidpartikelverstärkung abgebildet, sondern auch deren mechanische Eigenschaften modelliert.

S. Seils, A. Kauffmann, F. Hinrichs, D. Schliephake, T. Boll, M. Heilmaier, Temperature dependent strengthening contributions in austenitic and ferritic ODS steels. Mater. Sci. Eng. A786 (2020), 139452.

Zur Simulation der Perlitstruktur wurden für Fe-C-(Mn)-Legierungen mittels Phasenfeldmethode zwei chemo-mechanische Modellansätze angewandt, um den kontrovers diskutierten mechanischen Einfluss quantifizieren zu können.

L.T. Mushongera, P.G.K. Kubendran Amos, E. Schoof, P. Kumar, B. Nestler, The non-steady-state growth of divergent pearlite in Fe-C-Mn steels: a phase-field investigation. J. Mater. Sci. 55 (2020), 12, 5280.

Die Untersuchungen zum zyklischen Verformungs- und Schädigungsverhalten der kfz Hochentropielegierung (HEA) CoCrFeMnNi wurden am KIT fortgesetzt und auf eine Mittelentropielegierung CoCrNi erweitert. Die besseren Ermüdungseigenschaften von CoCrNi wurden auf seine relativ niedrigere Stapelfehlerenergie zurückgeführt. Die Entwicklung krz refraktärer HEAs für Anwendungen bei hohen Temperaturen wurde weiter vorangetrieben und der Mechanismus der Oxidation und des Oxidationsschutzes aufgeklärt.

K. Lu, A. Kumar, D. Litvinov, M. Walter, A. S. Tirunilai, J. Freudenberger, A. Kauffmann, M. Heilmaier, J. Aktaa, High-temperature low cycle fatigue behavior of an equiatomic CoCrFeMnNi high-entropy alloy. Mater. Sci. Eng. A791 (2020), 139781.

Programmthema 4: Efficient Use of Fuel Resources

Highlight: Hohe Technologiereife mit Industriepartnern erreicht – Demonstration der Herstellung grüner Kraftstoffe aus Restbiomasse

Schlüsselergebnis der Programmperiode im Programmthema 4 ist der erfolgreiche Nachweis des bioliq®-Konzepts zur Herstellung von Kraftstoffen aus Biomasse für komplexe, nachhaltige Rohstoffe. Während des regulären On-demand-Betriebs der bioliq-Demonstrationsanlage wird das Waste-biomass-to-fuel-Konzept mit hohem Technologiereifegrad demonstriert. Im Verbundprojekt „ReFuels“ mehrerer Industrie-, Anwendungs- und Forschungspartner werden Kraftstoffe für Flottenversuche und Systembewertung zur Verfü-

gung gestellt. Für den zentralen Vergasungsprozess wurden Scale-up-Prinzipien als Prozessdesignpaket entwickelt. In Zusammenarbeit der am Topic beteiligten Forschungszentren mit dem Netzwerk des Helmholtz Virtual Institute for Gasification Technology, HViGasTech, wurden Prozessmodelle zur Simulation der Flugstromvergasung entwickelt und für atmosphärische Bedingungen validiert. Das Zerstäubungsverhalten von nicht-Newtonschen Fluiden unter Druck wurde anhand einer Frequenzanalyse des Strahlzerfalls charakterisiert. Darüber hinaus wurde der Betrieb einer vollständig integrierten trockenen Hochtemperatur-Hochdruckgasreinigung im bioliq®-Pilotmaßstab demonstriert.

M. Eberhard, U. Santo, B. Michelfelder, A. Günther, P. Weigand, J. Matthes, P. Waibel, V. Hagenmeyer, T. Kolb, The bioliq® Entrained-Flow Gasifier - A Model for the German Energiewende. ChemBioEng Rev. 7 (2020), 4, 106.

Q. Fradet, Novel modeling approaches for the entrained-flow gasification of bio-slurries. Universität Stuttgart, Dissertation, 20. Juni 2020.

Thema KIT: Pyrolysis

Bei den Forschungsaktivitäten zur dezentralen Pyrolyse biogener Reststoffe mit niedrigen Aufheizraten lag der Schwerpunkt auf der Validierung von kinetischen Daten zur Prozessmodellierung. Die Hauptaktivitäten liegen seit 2019 in der Pyrolyse kunststoffhaltiger Abfälle (Chemisches Recycling von Kunststoffabfällen) in Vorbereitung der künftigen Programmaktivitäten zur Schließung des anthropogenen Kohlenstoffkreislaufs. Hierbei wird der Technologietransfer der Schneckenpyrolyse mit integrierter Heißgasreinigung in Anwendung auf die Kunststoffpyrolyse im Rahmen zweier Industriekooperationsprojekte mit LyondellBasell sowie Arcus Greencycling Technologies vorangetrieben.

A. Soria-Verdugo, M.T. Morgano, H. Mätzing, E. Goos, H. Leibold, D. Merz, U. Riedel, D. Stapf, Comparison of wood pyrolysis kinetic data derived from thermogravimetric experiments by model-fitting and model-free methods. Energy conversion and management 212 (2020), 112818, DOI: 10.1016/j.enconman.2020.112818.

Thema KIT: Gasification

Einen Schwerpunkt der Forschungsarbeiten zur Flugstromvergasung stellt das Arbeitsgebiet Zerstäubung dar. Der bereits in den Vorjahren entwickelte Ansatz der geometrischen Druckskalierung gasgestützter Düsen wurde weiterverfolgt. Die hierbei festgestellte druckabhängige Verschiebung der Zerfallsregime konnte erstmals physikalisch, auf Basis der Freistrahtheorie, beschrieben werden. Der Fokus weiterer experimenteller Arbeiten lag auf der Identifizierung des Partikeleinflusses – losgelöst von der Viskosität des Fluids – auf die resultierende Tropfengröße von Suspensionssprays. Parallel zu den experimentellen Arbeiten wurde bei der CFD-Modellierung der Düsen die Beschreibung des Druckeinflusses auf den Zerfall des Brennstoffstrahls weiterentwickelt. Darüber hinaus wurden zwei Drittmittelprojekte („SprayCalc“ mit TU Dresden/Projekt zur Düsenentwicklung mit BASF SE) zur Auslegung von technischen Zerstäubersystemen erfolgreich bearbeitet. Im Arbeitsgebiet der atmosphärischen Vergasung lag ein Schwerpunkt der Forschungsarbeiten auf der Charakterisierung der Flammenzone mittels laser-optischer Messmethoden. Hierzu erfolgte die Inbetriebnahme eines neuen Messsystems auf Basis der laser-induzierten Fluoreszenz (LIF), welche durch Charakterisierung der Flammenstruktur und -position sowie verschiedener Reaktionszonen mittels OH-LIF und Untersuchung der Verdampfung und Zersetzung der flüssigen Brennstoffphase mit Tracer-LIF einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung von Submodellen für die numerische Simulation leistet. Am Versuchsflugstromreaktor REGA wurde das Prozessleitsystem modernisiert sowie die Brennstoff- und Gasversorgung zum Einsatz dreiflutiger Düsen im Rahmen der Brennerentwicklung für anthropogene Suspensionsbrennstoffe erweitert, womit der erweiterte Betrieb der Anlage für die in PoF IV anstehenden Aufgaben

vorbereitet wurde. Auch am Hochdruckflugstromvergaser wurden optische Messmethoden zur Charakterisierung der Hochdruck-Vergaserflamme eingesetzt. Aufnahmen mit einer Hochgeschwindigkeitskamera lieferten erste Informationen zu Flammenstruktur und Flammenfluktuationen in Abhängigkeit der Brennstoffspezifikation. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Optimierung des akustischen Temperatur-Messsystems zur Bestimmung der Gas-temperaturverteilung im Reaktor. Der Vergaser der bioliq-Prozesskette lieferte in mehreren Kampagnen Synthesegas zur Erzeugung von Benzin in den nachgeschalteten Prozessstufen, das für Flottentests im Rahmen des reFuels-Projektes eingesetzt wird. Ein Drittmittelprojekt zur Entwicklung eines KI-Tools für eine prädiktive Prozessoptimierung wurde erfolgreich im Jahr 2020 eingeworben. Auf Basis von Messdaten des Hochdruckflugstromvergasers wurden Modellrechnungen zur Auslegung einer technischen Anlage durchgeführt. Für die numerische Simulation des Flugstromvergasers wurden Submodelle zur Strahlung, Umsetzung der Kokspartikel sowie zur Umsetzung von Pyrolyseölen implementiert.

S. Wachter, T. Jakobs, T. Kolb, Experimental investigation on the influence of system pressure on resulting spray quality and jet breakup applying pressure adapted twin-fluid nozzles. *International Journal of Multiphase Flow* 125 (2020), 103189, DOI:10.1016/j.ijmultiphaseflow.2019.103189.

S. Wachter, T. Jakobs, T. Kolb, Effect of Solid Particles on Droplet Size Applying the Time-Shift Method for Spray Investigation. *Applied Sciences* 10 (2020), 21, 7615, DOI: 10.3390/app10217615.

F. Zhang, T. Zirwes, T.; T. Müller, S. Wachter, T. Jakobs, P. Habisreuther, N. Zarzalis, D. Trimis, T. Kolb, Effect of elevated pressure on air-assisted primary atomization of coaxial liquid jets: Basic research for entrained flow gasification. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 134 (2020), 110411, DOI: 10.1016/j.rser.2020.110411.

Thema KIT: Gas Cleaning and Aerosol Technology

Die Aktivitäten zur elektrostatischen Abscheidung von Feinstpartikeln wurden erfolgreich abgeschlossen: Die CAROLA®-Abscheider zur kostengünstigen Emissionskontrolle kleiner und mittlerer Biomassekessel wurden von der Ausgründung des KIT „CCA-Carola Clean Air GmbH“ erfolgreich getestet, zugelassen und lizenziert.

Thema KIT: Fuel Characterization and Design

Im Arbeitsgebiet der Brennstoffcharakterisierung lag der Forschungsschwerpunkt auf der Bestimmung der Vergasungskinetik biogener Festbrennstoffe mit CO₂ und H₂O bei erhöhtem Druck. Hierzu wurden Biomassepyrolysate in einem Fallrohrreaktor bei hohen Temperaturen, hohen Aufheizraten und kurzen Verweilzeiten erzeugt und anschließend in einem Einzelpartikelreaktor unter Variation von Temperatur und Druck vergast. Zwei wissenschaftliche Publikationen zur Bestimmung aktiver Zentren auf der Koks-Oberfläche während der Vergasung mit CO₂ wurden veröffentlicht. Mittels temperatur-programmierter Desorption (TPD) konnte der katalytische Einfluss der Aschekomponenten Ca und K auf die Vergasungsreaktion semi-quantitativ beschrieben werden. Zur Charakterisierung von Pyrolyseöl wurde eine Vakuumdestillation im Labormaßstab aufgebaut. Im Hochtemperatur-Fallrohrreaktor erfolgte die Umsetzung von Pyrolyseöltropfen unter inerten Umgebungsbedingungen, der Feststoffrückstand wurde qualitativ hinsichtlich Morphologie, Oberflächenbeschaffenheit und Größe charakterisiert. Des Weiteren konnten durch neuartige Optimierungsmethoden in der chemisch-kinetischen Modellentwicklung signifikante Steigerungen von Modell-Vorhersagefähigkeiten u.a. bei Verbrennungsprozessen von Synthesegasen erzielt werden.

C. Schneider, S. Rincón Prat, T. Kolb, Determination of active sites during gasification of biomass char with CO₂ using temperature-programmed desorption. Part 1: Methodology & desorption spectra. *Fuel* 267 (2020), 116726, DOI: 10.1016/j.fuel.2019.116726.

S. Rincón Prat, C. Schneider, T. Kolb, Determination of active sites during gasification of biomass char with CO₂ using temperature-programmed desorption. Part 2: Influence of ash components. *Fuel* 267 (2020), 117179. DOI: 10.1016/j.fuel.2020.117179.

T. Methling, M. Braun-Unkhoff, U. Riedel, An optimised chemical kinetic model for the combustion of fuel mixtures of syngas and natural gas. *Fuel* 262 (2020), 116611.

Programmthema 5: Resource Technologies

Thema KIT: Mineralische Baustoffe

Mit Hilfe der im Programm EMR entwickelten ReSynErgy-Technologie ist es möglich, auch qualitativ minderwertige mineralische Fraktionen mit organischen Verunreinigungen in den Baustoffkreislauf zurückzuführen. Die Technologie benötigt Prozesstemperaturen von unter 1000 °C. Der Einsatz spezifischer, 2020 entwickelter Additive minimiert die Freisetzung von Schadgasen (Cl_2 , SO_2/SO_3), so dass ein dezentraler Betrieb von Kleinanlagen möglich wird. Weiterhin wird die Nutzung von im Betrieb anfallendem konzentriertem CO_2 erheblich erleichtert. Die genehmigte Förderung R-Zement erlaubt den Aufbau einer Pilotanlage mit einer Produktion von ca. 10 kg/h. Die Anlage wird 2022 in Betrieb gehen. Im Projekt REPOST wird dies am Beispiel von Porenbetonresten gemeinsam mit Industrieunternehmen (Xella, Otto Dörner) untersucht. Um freigesetztes CO_2 vollständig zu nutzen, wurde mit Grundlagenuntersuchungen zur hydrothermalen Karbonatisierungshärtung von RC-Bauprodukten begonnen. Die erzielten Materialeigenschaften werden in mikrostrukturellen Modellen abgebildet, die durch Kombination von Mikroraman, Nanoindentation und röntgenographischen Methoden mit Elektronenmikroskopie überprüft werden. Dies gelang bereits für unterschiedliche mikrostrukturelle Typen von hydratisierten Zementphasen sowie für das Hauptmineral Tobermorit in Porenbeton.

P. Stemmermann, K. Garbev, B. Gasharova, G. Beuchle, M. Haist, T. Divoux, Chemo-mechanical characterization of hydrated calcium-hydrosilicates with coupled Raman- and nanoindentation measurements. Appl. Geochem. 118 (2020), 104582, DOI: 10.1016/j.apgeochem.2020.104582.

J. Li, W. Zhang, K. Garbev, G. Beuchle, P.J.M. Monteiro, Influences of cross-linking and Al incorporation on the intrinsic mechanical properties of tobermorite. Cement and Concrete Research 136 (2020), 106170, DOI: 10.1016/j.cemconres.2020.106170.

Strategische Themen

Nachwuchsförderung

Am KIT ist es dem Alexander-von-Humboldt Stipendiaten Dr. Nanya Li mit dem Thema des mikrowellenunterstützten 3D-Drucks von endlosfaserverstärkten Kunststoffen im letzten Jahr gelungen, sich erfolgreich für das Nachwuchsförderprogramm YIG Prep Pro des KIT zu bewerben. Ebenso wurde er mit diesen Arbeiten im letzten Jahr mit dem ersten Platz im Neuland – Innovationswettbewerb des KIT ausgezeichnet.

Chancengleichheit

Im Jahr 2020 fanden am KIT gemeinsam mit der Universität Freiburg, gefördert u.a. durch die DFG-Forschungsgruppe ProMiSe, mehrere Workshops zu vielfältigen Aspekten der Chancengleichheit statt. Der Austausch mit erfahrenen Wissenschaftlerinnen zur Bewältigung geschlechtsspezifischer Herausforderungen im Berufsumfeld wurde gefördert. Ein weiterer Fokus war die Förderung der interkulturellen Kompetenz und des konstruktiven Konfliktmanagements im Kontext der Chancengleichheit. Im Workshop „Equality vs. Equity“ (coronabedingt online) wurde unter anderem das Grundkonzept „Gender Equality“ diskutiert und Strategien zum Umgang mit gendertypischen Situationen erarbeitet.

Prof. Dr.-Ing. Bronislava Gorr wurde am KIT an das Institut für Angewandte Materialien – Angewandte Werkstoffphysik berufen und leistet dort wichtige Beiträge auf dem Gebiet des Materialverhaltens unter extremen Umweltbedingungen.

Prof. Dr.-Ing. Neda Djordjevic, die als Stellvertretende Abteilungsleiterin Vergasungstechnologie am Institut für Technische Chemie des KIT wesentlich zum erfolgreichen Start der Vergasungsforschung im Programmthema 4 beigetragen hat, wurde 2020 nach ihrer W1-Professur für Verbrennungskinetik an der TU Berlin auf die W3-Professur für Reaktionskinetik chemischer Energieträger an der TU Berlin berufen.

Das KIT hat 2020 bereits zum vierten Mal in Folge das Zertifikat „audit familiengerechte hochschule“ für weitere drei Jahre erhalten.

Vernetzung

Im Rahmen des Virtual Institute for Gasification Technology, HVIGasTech, fand am 10. September 2020 ein web-basierter Doktorand/innenworkshop mit ca. 30 Teilnehmer/innen aus Schweden (Lulea TU), Österreich (TU Wien) und Deutschland (TU Clausthal, KIT) statt. In zehn Vorträgen wurden die verschiedenen Promotionsarbeiten der beteiligten Doktorand/innen diskutiert und konkrete Ansätze zum wissenschaftlichen Austausch vereinbart.

Drittmittelinwerbungen

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hat 2020 entschieden, beginnend ab dem 01. Januar 2021 einen neuen Sonderforschungsbereich SFB 1441 „TrackAct – Verfolgung der aktiven Zentren in heterogenen Katalysatoren für die Emissionskontrolle“ am KIT (Sprecher Prof. Jan-Dierk Grunwaldt) zu fördern, der auf ein ganzheitliches Verständnis industriell bedeutsamer katalytischer Prozesse zielt.

Im Rahmen der Ausschreibung „KIT Future Fields“ konnte Dr. Bradley Ladewig mit Prof. Stefan Bräse (KIT) das Plattformentwicklungsprojekt „AMD4Energy“ gewinnen. Ziel ist, dass die Geschwindigkeit, mit der neue katalytische Materialien entwickelt werden können, gesteigert wird durch intelligente Ansätze, einschließlich der effektiven Erfassung von Forschungsergebnissen in geeigneten Repositories und der Fähigkeit, den Entwicklungsprozess mit KI/ML-Ansätzen zu koppeln. Zwei konkrete Beispiele für Materialien und Workflows werden herangezogen: die automatisierte Synthese und Charakterisierung homogener Photokatalysatoren und die Synthese, Abscheidung auf Elektroden und Prüfung von Elektrokatalysatoren – in beiden Fällen für die Reduktion von CO₂.

Wissens- und Technologietransfer

In einem Technologietransferprojekt des KIT konnte ein Verfahren auf Basis von mikrostrukturierten Geräten in der Lebensmittelindustrie kommerzialisiert werden. Die Inbetriebnahme der Produktionsanlage wird für 2022 erwartet. Der Prozess wird erst durch die sehr schnellen Aufheiz- und Abkühlraten ermöglicht, die mit mikrostrukturierten Geräten erreicht werden. Die Umwandlung eines Batch-Prozesses bei deutlich niedrigeren Temperaturen und längerer Verweilzeit in einen Fließprozess führt zu einem geringeren spezifischen Energieverbrauch pro Tonne Produkt sowie zu einer höheren und zuverlässigen Qualität, die Fehlchargen reduziert. Neben diesem Erfolg hat die Forschung für einen Prozess der zweiten Generation mit noch höheren Einsparungen, insbesondere durch Wärmeintegration, das Pilotstadium erreicht.

Der THINK TANK „Industrielle Ressourcenstrategien“ am KIT startet mit Audi ein Pilotprojekt für chemisches Recycling von industriellen Kunststoffmischfraktionen, um diese zurück in einen ressourcenschonenden Kreislauf zu führen. Dies wird durch die Pyrolysetechnologieforschung des KIT zum chemischen Recycling gemischter Kunststoffabfälle getragen.

Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Im Gesamtkonzept der durch die Helmholtz-Gemeinschaft koordinierten Energieforschung nahm das Programm EMR in der dritten Programmperiode der Förderung (PoF III) einen wichtigen Platz ein, um die anspruchsvollen Vorgaben der angestrebten Energiewende zu erfüllen und bei Verknappung der Ressourcen zu nachhaltiger Verfügbarkeit von Energie beizutragen.

In der vierten Periode der programmorientierten Förderung wurden die Programme allerdings neu strukturiert, sodass die Themen des bestehenden Programms EMR nach Abschluss der PoF III neu zugeordnet werden. Im Ergebnis eines intensiven Diskussionsprozesses mit zahlreichen Meetings und Klausuren, sowohl auf der Ebene des Forschungsbereichs als auch in den neuen Programmen und Programmenthemen, sind die Arbeiten des EMR-Programms vor allem in dem neuen PoF IV-Programm „Materials and Technologies for the Energy Transition (MTET)“ enthalten, während mehr systemisch ausgerichtete Analysen Teil des neuen Programms „Energy System Design (ESD)“ geworden sind.

Die am KIT im EMR-Programmenthema 2 „Energy Efficient Processes“ bearbeiteten Themen wurden mit dem SCI-Programmenthema 3 „Synthetic Hydrocarbons“ im neuen Subthema „Power Based Fuels and Chemicals“ im Programmenthema 2 „Chemical Energy Carriers“ des Programms MTET zusammengeführt. Daher wurde 2020 mit den neuen Themen der Aktivierung von CO₂ in gepulsten Mikrowellenplasmen sowie der elektrochemischen Aktivierung von CO₂ begonnen. Die Aktivitäten in der Elektrokatalyse konnten durch die Gewinnung von Frau Prof. Ulrike Krewer als Leiterin des Teilinstituts „Elektrochemische Technologien“ am Institut für Angewandte Materialien nachhaltig gestärkt werden. Die Kompetenz in der Elektrokatalyse jenseits von Wasserstoff wird weiter verstärkt durch die YIG-Gruppe von Dr. Philipp Röse. Dies ist, neben vielen weiteren programmübergreifenden Aktivitäten, ein weiterer Grundstein für die geplanten Arbeiten auf dem Gebiet chemischer Energieträger in den Programmen ESD und MTET.

Die im Programmenthema 4 „Efficient Use of Fuel Resources“ bearbeiteten Themen des KIT zu den Technologien „Pyrolyse“ und „Vergasung“ werden Teil des neuen MTET-Themas „Resource and Energy Efficiency“ mit Fokus auf das Zusammenwirken von Circular Economy und erneuerbarer Energie. Aufgrund der Bedeutung dieser Technologien zur Schließung des anthropogenen Kohlenstoffkreislaufs erfolgte bereits eine Neuausrichtung der Forschungsaktivitäten auf das chemische Recycling von Kunststoffen. So konnten die Kompetenzen zur multiskaligen Forschung auf diesem Gebiet in den am KIT eingerichteten THINKTANK „Industrielle Ressourcenstrategien“ eingebracht werden, der insbesondere die Systemanalyse und -bewertung auf dem Gebiet des Rohstoffwandels für industrielle Produktion und Recycling vorantreibt und die politisch-gesellschaftliche Diskussion unterstützt. Aufgrund der besonderen Bedeutung einer nachhaltigen Kohlenstoffbasis für Chemieindustrie und Recyclingwirtschaft und der Kompetenzen des KIT zur thermochemischen Stoffumwandlung komplexer Einsatzstoffe werden die Technologie-Forschungsaktivitäten im Rahmen industriefinanzierter Transfervorhaben kontinuierlich ausgebaut.

Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Da die Empfehlungen mit Ende der dritten Programmperiode bereits umgesetzt wurden bzw. dauerhaft in der Umsetzung sind, sind diese im letzten Übergangsjahr zur PoF IV nicht mehr aufgeführt

A.2.1.3.3 Künftige Programmentwicklung

S. Kapitel A.2.1.3.2, Abschnitt „Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen“

A.2.1.3.4 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2020 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2020. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2020.

A.2.1.4 Programmanteil Nuclear Fusion (FUSION)

A.2.1.4.1 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 ab 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“. Neben dem regelmäßigen Austausch von Informationen koordiniert die Entwicklungsgemeinschaft die Aufgabenverteilung entsprechend der in den Zentren vorhandenen Expertise und Infrastruktur.

Des Weiteren hat das Programm Fusion eine natürliche Schnittstelle zur Helmholtz Initiative „Energie System Design“. Hierbei liefert das Programm Fusion Modelle und Szenarien für potentielle Fusionskraftwerke, welche in entsprechenden Energiezukunftsszenarien berücksichtigt werden können. Die techno-ökonomische Analyse von Szenarien mit Fusionskraft

liefert dabei wertvolles Systemwissen über die Implementierung von Fusion in ein nachhaltiges Energiesystem.

Programmstruktur

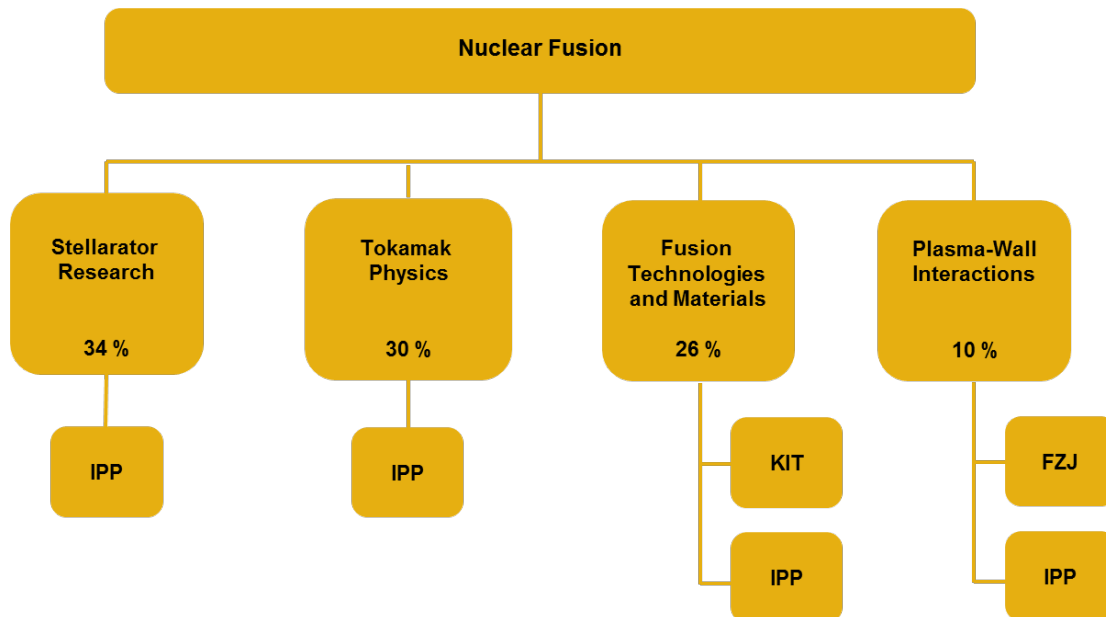


Abbildung 4: Programmstruktur FUSION

Das Programm „Nuclear Fusion“ gliedert sich in:

Programmthema 1: Stellarator Research (Sprecher: Prof. Dr. Thomas Klinger)

Programmthema 2: Tokamak Physics (Sprecher: Prof. Dr. Arne Kallenbach)

Programmthema 3: Fusion Technologies and Materials (Sprecher: Dr. Klaus Hesch)

Programmthema 4: Plasma-Wall Interactions (Sprecher: Prof. Dr. Christian Linsmeier)

Das KIT ist aktiv im:

Programmthema 3: Fusion Technologies and Materials

Das Programmthema umfasst sämtliche technologische Entwicklungen, die für die Realisierung großer Plasmaphysik-Experimente wie Wendelstein 7-X und Fusionsanlagen wie ITER bis hin zu einem Fusionskraftwerk notwendig sind. Dies schließt die Entwicklung der Materialien ein, die die schädigende Wirkung der Neutronenflüsse eines Fusionsplasmas hinreichend lange aushalten, ohne dabei langlebige Aktivierungsprodukte zu erzeugen.

A.2.1.4.2 Programmergebnisse

Wissenschaftliche Ergebnisse

Durch Mikrostrukturanalysen von neutronenexponierten "ITER Grade" Wolframproben konnte weltweit erstmals eine hochdetaillierte Analyse der Transmutationsausscheidungen mit einer bisher unbekannten chemischen Zusammensetzung und Morphologie erstellt werden.

Herauszuheben ist weiterhin der Erfolg der Experimente mit dem weltweit ersten 1,5 MW, 140 GHz Kurzpuls-Präprototyp-Gyrotron für W7-X als Vorstufe für den Bau einer industriellen 1,5 MW Röhre. Der EUROfusion DEMO Gate Review hat sowohl die gegenüber ITER neue Architektur des Brennstoffkreislaufs drei Einzelkreisläufen als auch die beiden Konzepte für das Brutblanket vollumfänglich bestätigt.

Highlight:

Das KIT war nach 2014, 2016 und 2018 auch bei der diesjährigen Verleihung des „SOFT European Prize for Innovation in Fusion Research“ wieder erfolgreich, der anlässlich des alle zwei Jahre stattfindenden „Symposium on Fusion Technologies“ von der Europäischen Kommission verliehen wird. Der mit 25.000 TEuro dotierte zweite von drei Preisen ging an Dr. Pavel Vladimirov (IAM-AWP) für seine Arbeiten zu "Development of advanced solid neutron multiplier for innovative T-breeding blanket design" in Zusammenarbeit mit der Firma ULBA in Kasachstan [1, 2]. Es geht dabei um eine neue Fertigungsmethode für den Werkstoff Be₁₂Ti, der u.a. als Neutronenmultiplikator zur Tritiumerzeugung in Fusionsreaktoren eingesetzt werden soll und aufgrund seiner mechanischen Eigenschaften nicht nur ein verbessertes Design der entsprechenden Reaktorkomponente, des Brutblankets, erlaubt, sondern darüber hinaus auch als Leichtmetall Anwendung finden kann.

[1] Ramil Gaisin, Vladimir P. Chakin, Pavel V. Vladimirov, Francisco A. Hernández, Sergey V. Udartsev, Anatoly Vechkutov, Maxim Kolmakov: Industrial-scale manufacturing experience of titanium beryllide block for DEMO blanket application, Fusion Engineering and Design, 2020, Vol.161, 111862, DOI: 10.1016/j.fusengdes.2020.111862.

[2] Pavel V. Vladimirov, Vladimir P. Chakin, Michael Dürrschnabel, Ramil Gaisin, Aniceto Goraieb, Francisco A. Hernández, Michael Klimenkov, Michael Rieth, Rolf Rolli, Nikolai Zimmer, Sergey Udartsev, Maxim Kolmakov, Anatoly Vechkutov, Evgeniy Frants: Development and characterization of advanced neutron multiplier materials, Journal of nuclear materials, January 2021, Vol.543, DOI: 10.1016/j.jnucmat.2020.152593.

Programmthema 3: Fusion Technologies and Materials

Die Entwicklung bei den verschiedenen Plasma-Heizsystemen ist insgesamt auf einem sehr guten Weg; nur vereinzelt konnten corona-bedingt Ziele noch nicht vollständig erreicht werden.

Bei der Aufrüstung des 2 MW, 170 GHz Gyrotrons des KIT zum Langpulsbetrieb in der Elektron-Zyklotron-Resonanzheizung wurden, ausgehend von sub-msec Ansätzen, bereits Pulse von 50 msec Dauer realisiert; die Experimente mussten dann corona-bedingt abgebrochen werden, bevor die Zielmarke von 100 msec erreicht werden konnte. Ein voller Erfolg waren die Experimente mit dem weltweit ersten 1,5 MW, 140 GHz Kurzpuls-Präprototyp-Gyrotron für W7-X als Vorstufe für den Bau einer industriellen 1,5 MW Röhre [1].

Auf dem Gebiet Plant Engineering für DEMO wurde ein umfassendes Simulationswerkzeug für Wartungsprozesse und Anlagenlogistik erstellt [2], und für die Fernwartung der Fusionsneutronenquelle DONES (DEMO-Oriented Neutron Source) wurde ein modulares Konzept für den ferngesteuerten Transport aktivierter Komponenten im Rahmen von Wartungsmaßnahmen entwickelt [3].

Die (gegenüber ITER) neue Architektur des Brennstoffkreislaufs für DEMO mit drei Einzelkreisläufen wurde im Gate Review im November 2020 vollumfänglich bestätigt [4]. Dies beinhaltet insbesondere auch die gegenüber ITER neuen Ansätze für Lösungen zur Detritiierung der verschiedenen Blanket-Kühlmedien. Wesentlich für die Übernahme des neuen Konzepts als Referenzlösung waren Simulationen der Entwicklung des Tritiuminventars im Brennstoffkreislauf über die Lebensdauer von DEMO, die zeigen, dass mit einer plausiblen Rezyklierungsrate von 80% im Direct Internal Recycling Loop nur etwa 2,5 kg Tritium nötig sind, um DEMO zu fahren. Die Hauptherausforderung im neuen Programm wird es nun sein,

die benötigten, teilweise neuartigen Technologien zügig zum benötigten Reifegrad zu entwickeln.

Im Hinblick auf die Entwicklung der Brutblankets für DEMO wurde der vorkonzeptionelle Entwurf des helium-gekühlten Feststoffblankets (HCPB) sowie grundlegende Machbarkeitsstudien dazu fertig gestellt, im DEMO Gate Review bestätigt und zur Weiterentwicklung empfohlen. Auch hier wird es nun in der neuen Förderperiode darum gehen, den Detaillierungs- und Reifegrad für den als nächstes vorgesehenen Konzept-Design-Review entsprechend zu erhöhen. Außerdem wurden repräsentative Unfallereignisse für das HCPB-Konzept untersucht: Kühlmittel-Verlust (in-vessel LOCA), Verlust der Wärmesenke (loss of heat sink) und Durchfluss-Verlust (LOFA). Dabei wurde das Verhalten bei Druckbeaufschlagung im Vakuumbehälter über den Grenzwert hinaus, bei Temperaturerhöhung der Ersten Wand bis zum Ausfall und der Freisetzung von Tritium und aktiviertem Staub an die Umgebung dargestellt und bewertet. Daneben wurden die Codes RELAP5-3D und MELCOR mittels Experimenten mit einem Probekörper der helium-gekühlten Ersten Wand für die Verwendung in der Fusion validiert [5]. Die verschiedenen Möglichkeiten der Energietransformation vom Brutblanket bis zum Generator wurden für das HCPB-Konzept untersucht und bewertet. Dabei kristallisierte sich die indirekte Kopplung über einen Zwischenkreis mit thermischem Speicher als optimale Lösung heraus, die den gepulsten Plasmabetrieb vollständig von den Netzanforderungen entkoppelt [6]. Dazu wurde in Zusammenarbeit mit ESI-2050 ein Anlagenmodell erstellt, um Fusionskraftwerke FPP in die Netzanalyse integrieren zu können. Der Transfer der für die Herstellung gradierter Wolfram-Schutzschichten auf der Ersten Wand des Brutblankets erfolgreich entwickelten Vakuum-Plasma-Spritztechnologie [7] an die Industrie hat im Rahmen eines Großindustrieauftrags begonnen. Die Beschichtung von Erste-Wand-Musterbauteilen wird sich aufgrund der COVID-19-Pandemie voraussichtlich bis Frühjahr 2021 verzögern.

Auf dem Gebiet der Fusionsmaterialentwicklung wurden mit der Mikrostruktur-Charakterisierung die Nachuntersuchungen zur Neutronenexposition von EUROFER-Legierungen der Generation IV, die im Rahmen von EUROfusion und in Zusammenarbeit mit dem ORNL erfolgten, nunmehr erfolgreich abgeschlossen. Die erzielten Ergebnisse ermöglichen eine Verbesserung der Herstellungsparameter von 9% Cr-Stählen [8]. Auch die Mikrostrukturanalysen an den „ITER grade“ Wolframproben, die beim EUROfusion-Partner SCK-CEN in Belgien Neutronen-exponiert wurden, sind abgeschlossen. Dabei konnte weltweit erstmals eine hochdetaillierte Analyse der Transmutationsausscheidungen mit einer bisher unbekannten chemischen Zusammensetzung und Morphologie erstellt werden [9]. Die Nachuntersuchungen an den bestrahlten KIT-Werkstoffen (W-CuCrZr-Schichtverbund, ODS-Cu-Y2O3, CuCrZr-V, PIM-W-TiC und PIM-W-Y2O3) wurde in den heißen Zellen von SCK-CEN durchgeführt und abgeschlossen [10]. Außerdem wurde ein neues Verfahren zur zeitsparenden, simulationsparallelen Varianzreduktion in Monte-Carlo-Simulationsrechnungen zur Neutronik von Fusionsmaterialien etabliert [11].

- [1] K. A. Avramidis, Z. C. Ioannidis, G. Aiello, P. Bénin, I. Chelis, A. Dinklage, G. Gantenbein, S. Illy, J. Jelonck, J. Jin, H. P. Laqua, A. Leggieri, F. Legrand, A. Marek, S. Marsen, I. Gr. Pagonakis, T. Ruess, T. Rzesnicki, T. Scherer, D. Strauss, M. Thumm, I. Tigelis, D. Wagner, J. Weggen, R. C. Wolf, and the Wendelstein 7-X Team: Towards a 1.5 MW, 140 GHz Gyrotron for the Upgraded ECRH System at W7-X", 31st Symposium on Fusion Technology (SOFT 2020), 20.09.2020 – 25.09.2020, KITopen-ID: 1000124480.
- [2] F. Rauscher, G. Fischer, T. Lehmann, J. J. Zapata, P. Pagani, A. Loving: A Digital Twin Concept for the Development of a DEMO Maintenance Logistics Modelling Tool, Fusion Engineering and Design 2021, im Druck.
- [3] T. Lehmann, F. Rauscher, J. Oellerich, G. Fischer, J. Zapata: Modular Transportation Concept for Application in DEMO Oriented Neutron Source (DONES), Fusion Engineering and Design 164 (2021), im Druck; doi: 10.1016/j.fusengdes.2020.112199.
- [4] C. Neugebauer, Y. Hörstensmeyer, Ch. Day: Technology Development for Isotope Rebalancing and Protium Removal in the EU-DEMO Fuel Cycle, Fus. Sci. Technol. 76 (2020) 215-220.
- [5] B. Gonfiotti, B. Ghidersa, M. Ionescu-Bujor, X.Z. Jin, R. Stieglitz: Application of the best-estimate model calibration and prediction through experimental data assimilation methodology to the tests performed on a helium cooled First Wall Mock-up, Fusion Engineering and Design 155 (2020) 111556.

- [6] L. Malinowski, M. Lewandowska, E. Bubelis, W. Hering: Design and analysis of the secondary circuit of the DEMO fusion power plant for the HCPB BB option without the energy storage system and with the auxiliary boiler, *Fusion Engineering and Design* 160 (2020), 112003.
- [7] T. Emmerich, D. D. Qu, B.-E. Ghidersa, M. Lux, J. Rey, R. Vaßen, J. Aktaa: Development progress of coating first wall components with functionally graded W/EUROFER layers on laboratory scale, *Nuclear Fusion* 60 (2020) 126004.
- [8] M. Klimenkov, U. Jäntschi, M. Rieth, A. Möslang, Correlation of microstructural and mechanical properties of neutron irradiated EUROFER97 steel: *Journal of Nuclear Materials* (2020), 538, 152231.
- [9] M. Dürrschnabel, M. Klimenkov, U. Jäntschi, M. Rieth, H.C. Schneider, D. Terentyev: New microstructural insights into neutron-irradiated tungsten, *Scientific Reports* (2021), im Druck.
- [10] Andrii Dubinko, Chao Yin, Dmitry Terentyev, Aleksandr Zinovev, Michael Rieth, Steffen Antusch, Monika Vilémová, Jiří Matějček, Tao Zhang, Plastic deformation in advanced tungsten-based alloys for fusion applications studied by mechanical testing and TEM, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* (2021), 95, 105409.
- [11] Yu Zheng, Yuefeng Qiu, Ulrich Fischer, Songlin Liu: Development of on-the-fly global variance reduction technique for Monte Carlo shielding calculations, *Fusion Engineering and Design* 2021, im Druck.

Programmthemenübergreifende Aktivitäten: Querschnittsthema “The route to a Fusion Power Plant”

Unter dieser Aktivität wird untersucht, welche Anforderungen in Physik und Technologie aus den konzeptuellen Studien zu zukünftigen Fusionskraftwerken erwachsen. Wegen der Corona-beschränkungen konnten im Berichtszeitraum keine gemeinsamen Workshops der ‚Deutschen DEMO Working Group‘ abgehalten werden. Die Koordination wurde daher auf der Arbeitsebene durch Videokonferenzen durchgeführt. Eine wichtige Aktivität betrifft dabei die Untersuchungen zu zukünftigen Heizsystemen für ein Demonstrationskraftwerk. Im Berichtszeitraum wurde untersucht ob ein Tokamak-DEMO mit reiner Elektronen-Zyklotron-Resonanzheizung (ECRH) betrieben werden kann. Die Fokussierung auf ein einziges Heizsystem würde dabei eine deutliche Vereinfachung gegenüber dem bisherigen Ansatz (3 Heizsysteme) bedeuten. Während die Technologie der ECRH am KIT untersucht wird können Physikstudien zum Plasmatransport bei ECRH gemeinsam an ASDEX Upgrade und W7-X durchgeführt werden. Auswertungen von Experimentdaten aus dem Jahr 2019 zeigen nun, dass der Zugang zum thermonuklearen Brennen mit ECRH ein sehr gutes Verständnis der Transportvorgänge benötigen wird, da bei zu starker Elektronenheizung Zustände mit entkoppelten Elektronen und Ionentemperaturen erreicht werden können. In diesen nimmt die Elektronentemperatur sehr hohe Werte an während die Ionentemperatur relativ niedrig bleibt. Somit ist die erreichbare Heizleistung begrenzt. Weitere Untersuchungen sollen zeigen ob ein robuster Zugang zum thermonuklearen Brennen durch geschickte Entladungsführung (hohe Dichte in einer früheren Phase) erreicht werden kann.

Strategische Themen

Nachwuchsförderung

Im Fusionsprogramm des KIT arbeiteten 2020 48 Doktorand/innen; fünf Promotionen wurden erfolgreich abgeschlossen. Die drei Zentren fördern aktiv die Teilnahme von Doktorand/innen und Nachwuchswissenschaftler/innen an internationalen Konferenzen.

Das KIT engagiert sich im Programm FUSION stark in der Lehre: 24 Dozent/innen hielten an zwei Universitäten Lehrveranstaltungen zu fusionsbezogenen Themen (im Umfang von insgesamt 62 SWS).

Gefördert durch EUROfusion nahm im Berichtsjahr ein Nachwuchsstipendiat seine Tätigkeit auf. Damit sollen exzellente promovierte junge Wissenschaftler/innen einen Anschub für eine Karriere in der Fusionsforschung erhalten.

Chancengleichheit

Das Thema „Chancengleichheit“ ist programmübergreifend im Kapitel A.1.2.6 dargestellt.

Vernetzung

Die Zusammenarbeit im Programm Kernfusion, die schon vor Einführung der Helmholtz-Programmatik mit der „Entwicklungsgemeinschaft Kernfusion“ begonnen hatte, ist sowohl untereinander als auch nach außen gut abgestimmt. Neben den Sitzungen der Entwicklungsgemeinschaft, die als Lenkungsausschuss des Programms fungiert und ungefähr zweimal im Jahr reihum stattfinden, wurde mit der Deutschen DEMO-Arbeitsgruppe ein Instrument geschaffen, das nicht nur dem wissenschaftlichen Austausch und der Abstimmung dient, sondern es auch erlaubt, wichtige Themen zu identifizieren und neue Initiativen zu ergreifen. Die Arbeitsgruppe, in der ca. 50 führende Wissenschaftler aus den drei Zentren aktiv mitarbeiten, trifft sich etwa alle neun Monate.

Die Arbeiten des KIT sind stark eingebunden in die europäische Fusionsprogrammatik, die im EUROfusion-Konsortium erarbeitet und koordiniert wird. Das Konsortium wird vom IPP geführt; alle drei Zentren sind als Mitglieder im Lenkungsausschuss (General Assembly) vertreten; damit stellt Deutschland als einziges Land mehr als ein Mitglied in EUROfusion.

Das Jahr 2020 war gekennzeichnet von den Vorbereitungen zum Übergang in das neunte europäische Forschungsrahmenprogramm (EURATOM), das 2021 beginnt.

Auf internationaler Ebene koordiniert die IAEA die Kernenergieprogramme der Mitgliedsstaaten. Pandemiebedingt hat es hier 2020 nur wenig Aktivität gegeben, insb. wurde die turnusmäßig für Oktober vorgesehene IAEA Fusion Energy Conference, die wichtigste Veranstaltung der internationalen Fusionsforschung, auf das Jahr 2021 verschoben. Zusätzlich zu den laufenden Kooperationen mit den USA gibt es nun einen übergreifenden, strategischen Kooperationsansatz zwischen den USA und der EU, der auf europäischer Seite von EUROfusion koordiniert wird und an dem sich das KIT intensiv beteiligt. Im März fand dazu ein erster – virtueller – Workshop statt, bei dem der Entwicklungsstand auf verschiedenen Gebieten von gemeinsamem Interesse bei den Fusionsmaterialien und -technologien identifiziert werden konnten. Hervorzuheben ist der von EUROfusion vermittelte Transfer einer Anlage zur Untersuchung von magnetohydrodynamischen Effekten, wie sie in mit Flüssigmetallen operierenden Brutblankets im Magnetfeld des Fusionsreaktors auftreten werden (MaPLE Upgrade) von der UCLA an das KIT; der physische Transfer wurde trotz Pandemie noch im November 2020 eingeleitet.

Die Kontakte mit China (Institute of Plasma Physics of the Chinese Academy of Sciences – CASIPP, Institute for Nuclear Engineering, Safety and Technology - INEST, beide in Hefei, und South-Western Institute of Physics - SWIP, Chengdu) und Japan (National Institute for Fusion Science – NIFS, insb. im Rahmen des sog. Broader Approach, d.h. der Realisierung des Tokamaks JT-60SA und Beiträgen zum IFMIF-EVEDA-Projekt durch KIT) wurden unter den Bedingungen der Corona-Pandemie fortgeführt.

Neu aufgenommen wurde eine Kooperation mit unter Rosatom organisierten Instituten in Russland, die von EUROfusion koordiniert, von KIT gemeinsam mit FZJ aber im Rahmen des EUROfusion Work Package WP MAT inhaltlich ausgefüllt wird. Dabei geht es um umfangreiche Neutronenexpositionen von Fusionsmaterialien insb. für das Brutblanket. Vorarbeiten wurden bereits 2020 durchgeführt; die eigentlichen Bestrahlungskampagnen in Kernreaktoren sollen auf der Basis des neunten. europäischen Forschungsrahmenprogramms (EURATOM) 2021 aufgenommen werden.

Das KIT, hervorgegangen aus dem Zusammenschluss eines Helmholtz-Zentrums und einer technischen Universität, hat selber einen universitären Teil, der sich sowohl über die Nach-

wachsförderung als auch über die Beteiligung an F&E-Arbeiten in das Fusionsprogramm einbringt.

Drittmittelinwerbungen

Mit 9,6 Mio. Euro steuerte EUROfusion 2020 einen großen Anteil der Drittmittelinwerbungen bei. Die Summe verteilt sich auf Projekte zur Fusionstechnologie und Materialentwicklung, Grundlagenforschung und Nachwuchsförderung.

Bei der Vergabe von Grants und Aufträgen durch F4E und die ITER-Organisation wirkt sich weiterhin der geänderte ITER-Zeitplan aus, der viele der seitens der Zentren für ITER geplanten Arbeiten in die Zeit ab 2021 verschiebt. So wurden im vergangenen Jahr direkt von ITER nur 120 TEuro für einen Vertrag bzw. Task Order innerhalb von Rahmenverträgen an KIT vergeben.

Wissens- und Technologietransfer

Die Europäische Kommission hatte gemeinsam mit dem europäischen Fusion Industry Innovation Forum empfohlen, die Industrie-Beteiligung am EUROfusion-Programm zu stärken, insbesondere zu Design, Sicherheit und Lizenzierungsverfahren für DEMO. So werden weiterhin spezifische zusätzliche Industrieaufträge identifiziert, in den EUROfusion-Arbeitsplan aufgenommen und unter den Konsortialpartner zur Weitervergabe an Industriefirmen ausgeschrieben. Das KIT unterhält hieraus z.B. eine Kooperation mit der Firma Kraftanlagen Heidelberg, in deren Rahmen industrielle Gesichtspunkte in den Entwurf des DEMO-Brennstoffkreislaufs einfließen, ein Konzept für die Umwandlung der Energie aus dem helium-gekühlten Feststoffblanket bei gepulstem Reaktorbetrieb entwickelt und die dazu benötigten Pumpen ausgelegt werden. Mit der Firma Mügge GmbH besteht eine Zusammenarbeit zur Modellierung eines „kalten“ Plasmas zur Grenzflächenaktivierung in Metallfolienpumpen für den Brennstoffkreislauf. Durch die Zusammenarbeit mit der Firma Thales fließen Fertigungsgesichtspunkte in die Neuentwicklung von Gyrotrons für DEMO ein, und die 2020 erfolgreich abgeschlossene Kooperation mit dem deutschen Zweig von Framatome hatte eine Machbarkeitsstudie für das vom KIT entwickelte Konzept zur Fernwartung der Testzelle der geplanten Fusionsneutronenquelle zum Inhalt. Mit der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) führte das KIT im Rahmen der Sicherheitsanalysen von DEMO-Konzepten deterministische Unfallanalysen wesentlicher Teilsysteme, die nach der FFMEA-Methode ausgewählt wurden, durch.

Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

In der neuen Programmperiode wird am KIT das Tritiumlabor Karlsruhe in den ersten Jahren nicht für Arbeiten im Programm Fusion zur Verfügung stehen; dem entsprechend wurde die dort vorhandene Kompetenz auf dem Gebiet der Tritium-Prozessführung im Brennstoffkreislauf von Fusionsreaktoren im Arbeitsplan einstweilen nicht berücksichtigt. Der Grund ist, dass das TLK vollumfänglich für den erfolgreichen Abschluss des KATRIN-Experiments zur Bestimmung der Neutrino-Ruhemasse (Programm Matter) anhand des radioaktiven Zerfalls von Tritium benötigt wird, und eine Erhöhung der Personalressourcen wegen der gleichzeitigen Ausweitung der Aktivitäten in den Programmen MTET und ESD nicht möglich war. Die Arbeiten zum Brennstoffkreislauf im übergeordneten Kontext werden aber von der hier weltweit führenden Gruppe außerhalb des TLK weitergeführt mit dem Ziel, das jetzt entwickelte Konzept mit Unterstützung durch EUROfusion in einer neuen Forschungsinfrastruktur zu verifizieren.

Die Reduktion der Startwerte für den Programmanteil des KIT wirkt sich auch auf dem Gebiet der Fusionsmagnete und der Hochtemperatursupraleitung durch eine Verringerung der FuE-Arbeiten aus. Diese Arbeiten werden nur in reduziertem Umfang fortgeführt, weil EUROfusion im Hinblick auf DEMO Magnetlösungen auf der Basis von verfügbaren Standard-Supraleitern vorsieht und Hochtemperatur-Supraleiterlösungen einstweilen nur für Nischenanwendungen angedacht sind.

Die Arbeiten zu „Balance of Plant“ (d.h. Energiewandlung) sollten als Folge der Startwerte-Reduktion am KIT ursprünglich nicht fortgeführt werden. Im Laufe der Erstellung der EUROfusion-Planung für das neunte EURATOM-Forschungsrahmenprogramm im vergangenen Jahr wurde aber deutlich, dass dort im Hinblick auf die Bedeutung für die Gesamtauslegung eines Fusionskraftwerks künftig ein besonderer Schwerpunkt gesetzt werden wird. Durch den Einsatz programmungebundener Mittel wird das KIT hier weiterhin seine Expertise einbringen und die von EUROfusion benötigte Testanlage realisieren können.

Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Da die Empfehlungen mit Ende der dritten Programmperiode bereits umgesetzt wurden bzw. dauerhaft in der Umsetzung sind, sind diese im letzten Übergangsjahr zur PoF IV nicht mehr aufgeführt

A.2.1.4.3 Künftige Programmentwicklung

s. Kapitel A.2.1.3.2, Abschnitt „Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen“

A.2.1.4.4 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2020 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2020. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2020.

A.2.1.5 Programmanteil Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research (NUSAFE)

A.2.1.5.1 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 die Bestandteil des deutschen Gemeinschaftsprojektes „Energiewende“ ist. Sie ist damit integraler Bestandteil der internationalen nuklearen Sicherheitsforschung und trägt zur hohen Sicherheitskultur in deutschen und europäischen kerntechnischen Anlagen bei.

Nach dem Reaktorunfall im japanischen Fukushima 2011 hat der Deutsche Bundestag, getragen von einer breiten gesellschaftlichen Mehrheit, beschlossen, die Stromerzeugung aus Kernenergie bis 2022 zu beenden. Der Rückbau der kerntechnischen Anlagen wird gleich-

wohl mehrere Jahrzehnte dauern. Das Forschungsprogramm NUSAFE (Nukleare Entsorgung, Sicherheit und Strahlenforschung) ist auf Sicherheitsaspekte der nuklearen Entsorgung und des Betriebs nuklearer Anlagen fokussiert. Das Thema Strahlenforschung wird in einem Querschnittsthema adressiert.

Die Suche nach einem Standort für ein tiefeingeologisches Endlager für hochradioaktive Abfälle wurde 2013 durch das Standortauswahlgesetz neu gestartet. Eine der größten Herausforderungen stellt dabei der Nachweis der Langzeitsicherheit dar, die für Zeiträume von bis zu einer Million Jahre nicht alleine durch technische Maßnahmen nachgewiesen werden kann. Einem skalenübergreifenden Verständnis der relevanten Prozesse, die die Entwicklung des Endlagersystems bestimmen, kommt dabei eine entscheidende Bedeutung zu. Offiziell wurde das Standortauswahlverfahren am 05. September 2017 von der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) begonnen. 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. Dazu haben sowohl die BGE als Vorhabenträger als auch das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) als Genehmigungsbehörde ihre jeweiligen Forschungsagenden veröffentlicht, die einen Überblick über die inhaltliche Breite des Forschungsbedarfs ermöglichen. Die am NUSAFE beteiligten Helmholtz-Zentren haben ihren Dialog mit beiden Organisationen fortgesetzt.

Das Endlager Konrad für die schwachradioaktiven und einen Teil der mittlradioaktiven Abfälle soll gegen Ende der 2020er Jahre in Betrieb gehen. Auch in diesem Feld besteht weiterhin F&E-Bedarf, insbesondere für die Minimierung der Abfallvolumina sowie die Konditionierung der radioaktiven Abfälle.

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 NUSAFE und die daran beteiligten Helmholtz-Zentren einen substanziellen Beitrag zu Aufbau, Weiterentwicklung und Erhalt der wissenschaftlich-technischen Kompetenz und zur Nachwuchsförderung auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheitsforschung in Deutschland.

Programmstruktur

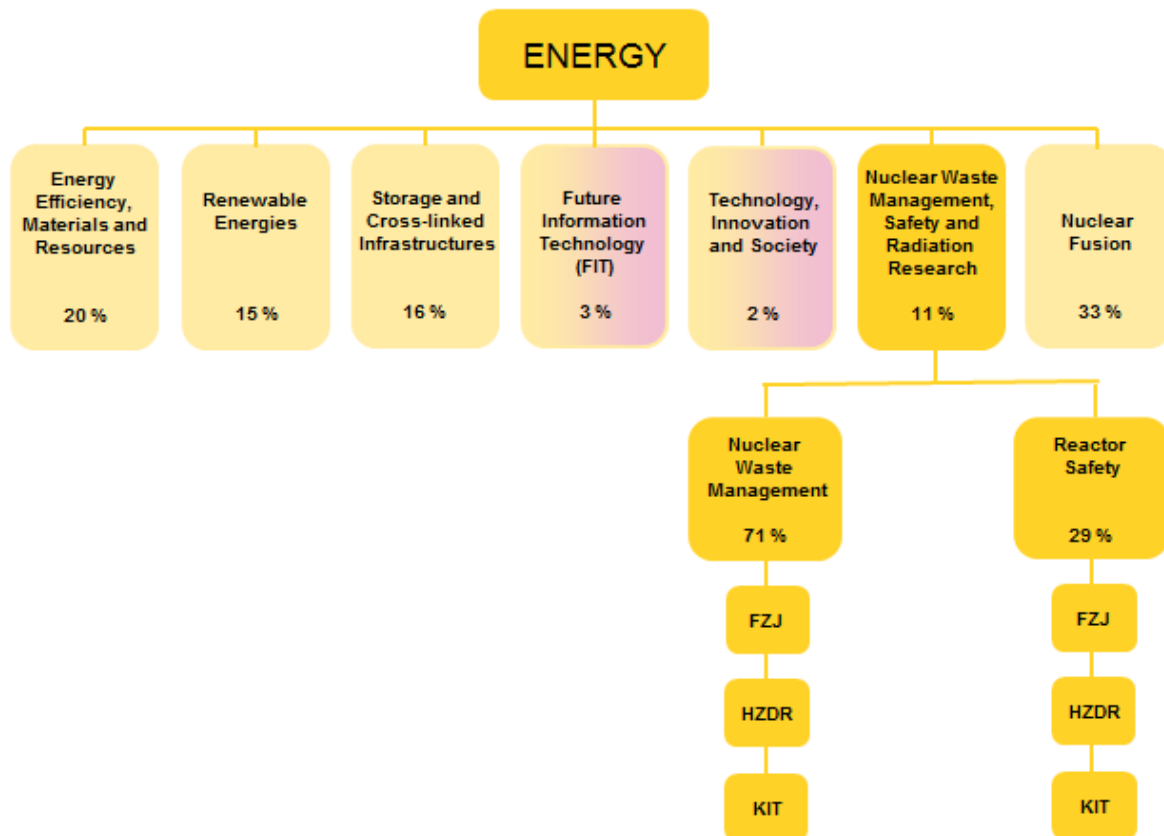


Abbildung 5: Programmstruktur NUSAFE

Das Programm „Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research“ gliedert sich in:

Programmthema 1: Nuclear Waste Management (Sprecher: Prof. Dr. Horst Geckeis)

Dieses Programthema umfasst grundlegende und angewandte Forschung zu allen geo-/biochemischen und insbesondere radiochemischen Fragestellungen, die mit der sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle in geologischen Formationen sowie mit der Standortauswahl verbunden sind. Ziel ist die Erarbeitung eines grundlegenden Verständnisses der in einem Endlagersystem ablaufenden Prozesse und der Ableitung entsprechender quantitativer Daten unter Anwendung einzigartiger Infrastrukturen in den beteiligten Helmholtz-Zentren. Hierzu gehören auch grundlegende Untersuchungen z.B. zur Natur der chemischen Bindungen von endlagerrelevanten Radioelementen wie den Actiniden. Weitere Arbeiten dienen der Entwicklung innovativer Technologien und Strategien, sowohl für den Rückbau kerntechnischer Anlagen als auch für die Behandlung und Konditionierung radioaktiver Abfälle, die aus verschiedenen Abfallstoffströmen stammen. Gezielte Studien befassen sich mit der möglichen Degradation von bestrahltem Kernbrennstoff bei einer möglichen verlängerten Zwischenlagerung weit über den geplanten Zeitraum von derzeit 40 Jahren hinaus.

Programmthema 2: Reactor Safety (Sprecher: Dr. Sören Kliem)

Die Arbeiten konzentrieren sich auf sicherheitsrelevante Untersuchungen von Phänomenen und Prozessen bei Auslegungs- und auslegungsüberschreitenden Störfällen auf den Gebieten Neutronenkinetik, Thermofluidodynamik und Materialforschung. Dabei erfolgt die Forschung in enger Verzahnung von Experiment und Modellentwicklung sowie in nationaler und internationaler Kooperation. Durch seine großskaligen thermohydraulischen Versuchsanla-

gen besitzt das Programthema eine einzigartige Infrastruktur und Expertise, die international nachgefragt wird. Weiterhin werden die radiologischen Folgen von kerntechnischen Unfällen und Möglichkeiten zur Verbesserung des externen Notfallschutzes untersucht.

A.2.1.5.2 Programmsergebnisse

Das Programm NUSAFE verläuft weiterhin planmäßig. Im Berichtsjahr 2020 wurden bemerkenswerte wissenschaftliche Ergebnisse entsprechend der Meilensteine erzielt. Das ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Helmholtz-Zentren in NUSAFE intensiv kooperieren und die Kooperationen durch verschiedene Koordinationstreffen und der gemeinsamen Beantragung von nationalen und internationalen Projekten verstärken.

Wissenschaftliche Ergebnisse

Programthema 1: Nuclear Waste Management

Highlight topic 1: Publikation des OECD NEA TDB Projekts „Update volume on the thermodynamics of U, Np, Pu, Am and Tc“

Innerhalb des Thermochemical Database Projekts (TDB) der OECD Nuclear Energy Agency (NEA) wurde ein umfassender kritischer Review von thermodynamischen Daten für anorganische Verbindungen und wässrige Komplexe von U, Np, Pu, Am und Tc fertiggestellt. Dieser Review wurde nach insgesamt sieben Jahren von einem Team von neun ausgewiesenen internationalen Expert/innen erstellt, wobei das INE als Co-Koordinator des Projekts wesentliche Verantwortung übernahm und erhebliche inhaltliche Beiträge leistete. In diesem Update-Buch werden 150 bisher nicht berücksichtigte Festphasen und wässrige Spezies behandelt. Die zu diesen Systemen insgesamt berücksichtigen ca. 800 Spezies sind eine international führende Zusammenstellung von qualitativ hochwertigen, kritisch evaluierten und konsistenten thermodynamischen Daten. Die NEA-TDB-Aktivitäten stellen wesentliche Grundlagen für nationale thermodynamische Datenbasen im Kontext der Endlagerung radioaktiver Stoffe zu Verfügung und liegen beispielsweise THEREDA (derzeit in Deutschland entwickelte TDB unter Beteiligung von HZDR und KIT), ThermoChimie (F, UK, BE), PSI-NAGRA (CH) oder der JAEA (J) zugrunde.

I. Grenthe, X. Gaona, A. Plyasunov, L. Rao, W. Runde, B. Grambow, R. J. M. Konings, A. L. Smith, E. Moore. Second Update on the Chemical Thermodynamics of Uranium, Neptunium, Plutonium, Americium and Technetium (vol. 14). OECD Nuclear Energy Agency Data Bank, Eds., OECD Publications, Paris, France, (2020).

Subtopic 1: „Safety research for nuclear waste disposal“

Im Kontext der Sicherheitsforschung für nukleare Endlager besteht die Notwendigkeit, das Verständnis des Verhaltens endlagerrelevanter Radionuklide in wässrigen Systemen fortlaufend zu verbessern. In diesen Forschungsarbeiten werden eine Vielzahl komplementärer moderner spektroskopischer und analytischer Methoden eingesetzt, um detailgenaue und realitätsnahe chemische Modelle und quantitative thermodynamische Beschreibungen zu gewinnen. Während die entwickelten chemischen Modelle die zugrundeliegenden Gleichgewichtsprozesse und einzelne Gleichgewichtsreaktionen abbilden, liefert die thermodynamische Beschreibung die Grundlage für systematische Quantifizierungen. Die abgeleiteten thermodynamischen Daten werden fortlaufend in nationale (THEREDA) und internationale (NEA-TDB) Datenbankprojekte implementiert und haben hierdurch eine sehr große internationale Sichtbarkeit und Relevanz. Die Arbeiten fokussieren auf verschiedene endlagerrele-

vante Radionuklide, wobei die Actiniden, hier vor allem Uran, Neptunium, Plutonium, (Americium), Curium, aber auch Spalt-, Aktivierungs- und Zerfallsprodukte, wie z.B. Radium, Selen, Niob oder Technetium, Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten sind. Die betrachteten wässrigen Systeme reichen von sehr verdünnten Lösungen bis hin zu konzentrierten Salzlösungen und decken alle potentiell in Deutschland relevanten Wirtsgesteine ab. Aktuell werden Schwerpunkte auf die Untersuchung des Verhaltens organischer Komplexbildner auf Radionuklidlöslichkeit und -speziation gesetzt und gezielt Systeme auch bei sehr hohen pH-Werten, die sich aufgrund der Korrosion zement-basierter Stoffe im Endlager bilden können, gelegt.

Die Retention von Radionukliden an verschiedenen relevanten Mineralphasen im Nah- und Fernfeld eines Endlagers erfordert langfristig umfassende wissenschaftliche Forschungsarbeiten. Die aktuellen Arbeiten sind so abgestimmt, dass sie potentiell alle Bedingungen und Endlagerkonzepte abdecken, welche in Deutschland möglicherweise mit Hilfe geochemischer Methoden bewertet werden sollen. Wesentliche in diesem Rahmen untersuchte Festphasensysteme umfassen aktuell Tongesteine, Eisenkorrosionsphasen oder zement-basierte Materialien. Neben der quantitativen Beschreibung der Radionuklidretention steht eine detailgenaue wissenschaftliche Analyse der zugrundeliegenden Prozesse und Reaktionsmechanismen im Fokus der Arbeiten. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der genauen Analyse von Prozessen, die zur Ausbildung von festen Lösungen („Solid Solutions“) führen können, wodurch bestimmte Radionuklide, wie z.B. das Radium, unter Nah- und Fernfeldbedingungen potentiell stark retardiert werden können. Während Untersuchungen zur Retention von Actiniden unter Verwendung moderner spektroskopischer Verfahren exzellente neue wissenschaftliche Erkenntnisse lieferten, werden verschiedene langlebige Spaltprodukte ebenfalls im Rahmen aufwendiger Forschungsarbeiten erfolgreich analysiert. Auf Basis von Batch-Experimenten, XAFS-Analysen und Methoden der Oberflächensorptionsmodellierung konnte beispielsweise ein belastbares Modell zur Rückhaltung dreiwertiger Actiniden an Magnetit auch für salinare Bedingungen abgeleitet werden. Zudem wurde in aktuellen Arbeiten eine starke Rückhaltung von Niob an zement-basierten Materialien nachgewiesen und der Einfluss von organischen Komplexbildnern auf die Radionuklidretention im Zement-System analysiert.

In der von NUSAFE betriebenen „Abgeschirmten Boxenlinie“, die mit Abschirmungs- und Fernhantierungstechnik zur Untersuchung hochradioaktiver Proben ausgestattet ist, werden seit Mai 2018 Auslagexperimente mit abgebranntem UO₂- und MOX-Brennstoffproben durchgeführt. In drei dieser Experimente werden Kernbrennstoffproben mit hochalkalischen Lösungen in Kontakt gebracht, um Bedingungen zu simulieren, die sich durch die Alteration zementhaltiger geotechnischer Barrieren in einem Endlager einstellen werden. In zwei weiteren Experimenten sind MOX-Proben mit einem vereinfachtem Grundwassersimulat in Kontakt, um Bedingungen im Endlagernahfeld in kristallinem Wirtsgestein nachzuahmen. In diesen Autoklavenexperimenten werden die Gasdrücke und -atmosphären (Ar/H₂- und Ar-Atmosphären) systematisch variiert, um die stark reduzierenden Bedingungen durch H₂ infolge der Korrosion von Abfallbehältern in einem Endlager zu simulieren. Neben der periodischen Analyse von Radionukliden, die in Lösung freigesetzt werden, werden auch die Freisetzung der Spaltgase Krypton und Xenon überwacht. Um ein besseres Verständnis der chemisch/physikalischen Eigenschaften der bestrahlten Brennstoffmatrix und deren Verhalten unter Endlagerbedingungen zu gewinnen, werden hochempfindliche Speziationsmethoden zur direkten Untersuchung hochradioaktiver Abfallfragmente entwickelt und eingesetzt. Die Experimente in hochalkalischen Lösungen zeigten, dass die Freisetzungsraten nicht-redox-sensitiver Spaltprodukte unter den reduzierenden Bedingungen keine signifikante Abhängigkeit von den H₂- und Ar-Partialdrücken aufwiesen, jedoch die Spaltgasfreisetzung durch den steigenden Gesamtgasdruck erhöht wurde. Nach einer mehrmonatigen Anfangs-

phase stellten sich in den Experimenten sowohl mit UO_2 - als auch mit MOX-Proben ähnliche Lösungskonzentrationen der Actiniden ein, die durch Löslichkeitsgrenzen kontrolliert wurden. Auch in der Entwicklung neuer Speziationstechniken wurden im vergangenen Jahr Erfolge erzielt. XAFS-Untersuchungen zur Speziation von ^{99}Tc sind nun routinemäßig sowohl an der hochenergetischen K-Kante (ACT-Messplatz und INE-BL @ KARA), als auch an der niederenergetischen L_3 -Kante im sogenannten „tender X-ray“-Bereich (INE-BL) in direktem Vergleich möglich. In diesem Zusammenhang konnten mit Hilfe einer am KIT entwickelten He-Flusskammer erstmalig Tc L_3 XANES-Messungen an ^{99}Tc -Spezies in wässrigen Lösungen an einer XAFS-Beamline durchgeführt werden. Der Fokus der 2020 begonnenen Untersuchung liegt auf dem Nachweis und dem spektroskopischen Verständnis „ungewöhnlicher“ Tc-Oxidationszustände jenseits der in der Literatur häufig beschriebenen Tc(IV)- und Per-technetat-Spezies, die sich etwa nach Komplexierung durch bestimmte organische Liganden einstellen können. Die eindeutige Unterscheidung der Oxidationszustände oder die Aufklärung von Mischungen auf Basis der bisher vorliegenden Messungen an der K-Kante haben sich aufgrund der unzureichenden Energieauflösung als schwierig erwiesen

Subtopic 2: „Waste Management Strategies“

Nuklearer Rückbau und Altlasten – Bei Dekontaminationsarbeiten steht die Automatisierung im Fokus. Weiterentwicklungen des Living Labs und des in den vergangenen Jahren entwickelten Systems in der Echtzeitabstandsmessung, der Kraftmessung und des Antriebs konnten vorangebracht werden, ebenso wie die Realisierung der Regelungsalgorithmen.

Die Ziele Standardisierung, Leistungssteigerung und Automatisierungsgraderhöhung des Rückbaus wurden weiterhin verfolgt, indem verschiedene Verfahren und Technologien für die gesamte Dekontaminationskette erarbeitet und weiterentwickelt wurden (z.B. bzgl. automatisierter Rissüberfräsung und Inspektionssystem für Fassgebäude). Weitere Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit Anwendungen für erweiterte Stilllegungsprozesse und mit Building Information Modeling (BIM) im Rückbau.

Extraktionschemie/Koordinationschemie – Die grundlegenden Untersuchungen zur Actinidenkoordinationschemie mit N-Donor-Liganden in Lösung wurden fortgesetzt. Der Einfluss von Ionenladung und -radius auf die Bindungsverhältnisse, insbesondere den kovalenten Bindungsanteil, wurden qualitativ und quantitativ untersucht. Dazu wurden zunächst Th(IV)-N-Donor-Komplexe mit NMR untersucht und vollständig charakterisiert. Weiterhin wurden erste TRLFS-Untersuchungen zur Komplexierung von Cm(III) und Eu(III) mit N,O-Donor-Liganden durchgeführt. Weiterhin wurde die Abtrennung von Am(III) und Cm(III) aus einer simulierten Spaltproduktlösung erfolgreich in einem verbesserten i-SANEX-Prozess demonstriert. Dazu wurde ein neues hochselektives Komplexierungsmittel verwendet, das ausschließlich aus C, H, O und N-Atomen besteht und daher nicht zur Erzeugung weiterer Sekundärabfälle beiträgt.

Transmutation – Der SIMMER Code für Sicherheitsuntersuchungen von Transmutations-Systemen wurde erweitert und kommt in verschiedenen Projekten zum Einsatz. Vorherige Vorschläge von KIT und anderen Partnern zur Vermeidung von Rekritikalitäten werden im aktuellen EU-Projekt ESFR-SMART untersucht. Erste Ergebnisse aus 2020 bestätigen ihre Wirksamkeit. SIMMER wurde um ein Modell erweitert, das die Rückwirkung der thermischen Ausdehnung der Steuerstabaufhängung auf die Reaktivität einbezieht, welches ebenfalls in ESFR-SMART zur Anwendung kommt.

Die Wirksamkeit neuer passiver Sicherheitsvorkehrungen, sogenannter GEMs (Gas Expansion Module), welche die Neutronen-Leckage beeinflussen, wurden mit SIMMER untersucht.

Auch hier konnte im Rahmen eines von IAEA koordinierten Projekts die Tauglichkeit bestätigt werden.

Im Rahmen einer Zusammenarbeit mit SCK-CEN ermittelte das KIT die maximale Energiefreisetzung, die sich in MYRRHA aus einer hypothetischen Reaktivitätszufuhr ergibt. Nach den Ergebnissen hält sich die Energiefreisetzung in akzeptablen Grenzen.

Die DITEFA Flüssigmetall-Anlage wurde in Betrieb genommen und die im KIT selbst entwickelte hochsensible Messtechnik zur lokalen Messung der Geschwindigkeit und Temperatur der Flüssigmetallströmung qualifiziert. Das Ziel des Versuches ist es, der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft experimentelle Daten zur Verfügung zu stellen, um strömungsmechanische Berechnungsmodelle zu validieren und verbessern.

Ebenfalls im EU-Projekt ESFR-SMART wurde am KIT, basierend auf jahrzehntelangen Erfahrungen, der Bericht „Procedures and standards for testing selected elements of sodium technology“ erstellt. Simulationen und Benchmarks wurden zu verschiedenen Unfallszenarien durchgeführt und koordiniert. Die Simulationen umfassen transiente fluiddynamische Prozesse, wie sie z.B. beim Pumpen- oder Stromausfall auftreten können. Ferner wurde die Performance der verschiedenen Notkühlkreisläufe und der vorgeschlagenen passiven Kernabschaltsysteme für den ESFR-SMART-Reaktor bewertet. Zudem wurde der Siedebeginn und dessen Ausbreitung unter verschiedenen Bedingungen und Kernbeladungen untersucht.

Die Versuchsaufbauten im KALLA Labor, zur Entstehung und zur Auswirkung von lokalen Sedimentblockaden in flüssigmetallgekühlten Stabbündeln mit Drahtwendel-Abstandshaltern aus im Fluid mitgeführten Partikeln (z.B. Korrosionsprodukte), wurden demontiert und nachuntersucht, vor allem aber für die nächsten Versuchsreihen vorbereitet, in denen vorgefertigte Blockaden mit innerer Porosität untersucht werden sollen. Weiterhin wurden vorbereitende Arbeiten zu zwei thematisch komplementären, im Jahr 2020 erfolgreich eingeworbenen EU-Projekten gestartet.

Programmthema 2: Reactor Safety

Subtopic 1: „Reactor Operation and Design Basis Accidents“

Das high-fidelity Multiphysik-Tool Serpent/SubChanFlow für die Simulation von Transienten wurde in Rahmen des EU-H2020 Projekts McSAFE entwickelt, validiert und zur Simulation eines REA-Störfalls in einem PWR-Kern angewandt. Hierzu wurde der Höchstleistungsrechner des KIT SCC ForLHR2 intensiv benutzt, um die parallele Leistungsfähigkeit zu testen. Es ermöglicht erstmalig, sicherheitsrelevante Parameter auf der Brennstabebene direkt zu bestimmen. Darüber hinaus ist auch eine weitere Version eines Monte Carlo-basierten Codesystems Serpent/SubChanFlow/Transuranus in Zusammenarbeit mit HZDR und VTT entwickelt worden, um das Brennstabverhalten (Neutronik, Thermohydraulik, Brennstabmechanik) im Kern eines Reaktors unter realistischeren Bedingungen zu beschreiben. Dieses Computersystem wurde anhand von Messdaten von zwei Kernkraftwerken (PWR Pre-Konvoi und VVER-1000) validiert.

Zur verbesserten Beschreibung der mehrdimensionalen Thermohydraulik-Phänomene im LWR wird am KIT die Entwicklung von multiskaligen Methoden zur Sicherheitsbewertung vorangetrieben. Die ersten Versionen der Kopplung von Codes basierend auf ICoCo sind implementiert für TRACE und SubChanFlow auf der Basis eines Domain-Überlappungs-Ansatzes. Es hat sich gezeigt, dass dieser Ansatz nicht optimal ist. Daher wird die ICoCo-Kopplung zwischen Thermohydraulik-Codes auf der Basis eines Domain-Decomposition-Ansatzes fortgeführt. Die Kopplung des Systemcodes TRACE mit dem Open Source Code TrioCFD wurde erfolgreich implementiert und getestet. Da der Open Source CFD-Code OpenFOAM ständig verbessert wird und die Nutzergemeinschaft stetig steigt, wird KIT Trio-

CFD durch OpenFOAM bei weiteren Forschungsarbeiten ersetzen, es weiterentwickeln und zur Sicherheitsbewertung anwenden.

Mit dem Ziel experimentelle Daten für die Entwicklung und Validierung von neuen Modellen zu gewinnen, wurde am Niederdruckkreislauf COSMOS-L eine neue Teststrecke mit flächigem Heizer aufgebaut und in Betrieb genommen. Die Strecke bietet guten Zugang zur Verwendung fortgeschrittener laseroptischer Messverfahren. Außerdem wurde die Anlage um einen Bypass mit schnell schaltenden Regelventilen erweitert und mit zusätzlicher Messtechnik versehen. Damit können nun Messungen bei periodisch schwankenden Massenströmen, z.B. in IVR-Szenarien, untersucht werden. Messreihen von Siedevorgängen bis hin zur kritischen Wärmestromdichte, sowohl bei konstanten sowie mit Schwerpunkt bei periodisch schwankenden Massenströmen, wurden gestartet.

Um Phänomene wie Strömungssieden künftig auch unter reaktortypischen Bedingungen untersuchen zu können, wurden die Arbeiten am Hochdruck-Versuchsstand COSMOS-H fortgesetzt. Nachdem 2019 bereits mehrere Teilsysteme wie Steuerung und Sicherheitssysteme fertiggestellt waren, konzentrierten sich die Arbeiten 2020 auf die Fertigstellung und Zulassung der beiden Kühlkreisläufe. Nachdem auch die verbliebenen Nachweise erbracht werden konnten, konzentrieren sich die weiteren Arbeiten auf die Fertigstellung des gesamten Teststreckensystems. Im Rahmen des EU-Projekts McSAFER wurde eine erste Versuchsanordnung zur Untersuchung der Siedephänomene bis hin zur Siedekrise unter SMR typischen Bedingungen für COSMOS-H entwickelt. Vorversuche mit der Teststrecke wurden bereits durchgeführt und somit der noch aus 2019 zurückgestellte Meilenstein (*Critical heat flux experimental data from the COSMOS-H test facility...*) abgeschlossen.

Die Beobachtungen zum Langzeitverhalten von Stählen in strömendem flüssigen Blei-Wismut (LBE) aus dem CORRIDA-Loop sind mit Experimenten im CRAFT-Loop (SCK•CEN) quantitativ verglichen worden, für den ferritisch/martensitischen Referenzstahl T91. Bei vergleichbaren nominellen Bedingungen (Temperatur, Strömungsgeschwindigkeit, im LBE gelöster Sauerstoff, Probengeometrie) stimmen ermittelte Oxidationsgeschwindigkeiten praktisch überein, hinsichtlich lokaler Korrosion sind gleiche Trends zu beobachten. In beiden Versuchsanlagen treten mitunter extreme lokale Materialverluste auf, dominiert von der Beteiligung einer direkten Auflösung der Stahlbestandteile im flüssigen Metall. Der Vergleich demonstriert die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse entsprechender Korrosionsexperimente im halb-technischen Maßstab (ca. 1 t Flüssigmetall).

Experimente mit unterschiedlich beschichteten Stahlproben wurden im Rahmen des H2020 Projekts GEMMA in der CORELLA Anlage bei vier verschiedenen Rotationsgeschwindigkeiten durchgeführt. Die Versuchsbedingungen wurden vorab mittels COMSOL simuliert und darauf basierend angepasst. Die Nachuntersuchungen wurden gestartet und werden 2021 beendet. Die vom GEMMA-Projektpartner SANDVIK hergestellten AFA Materialien wurden sowohl für die beschriebenen Tests in der CORELLA verwendet als auch für längere Zeiten (> 2500h) und in Pb bei höheren Temperaturen (bis 750°C) ausgelagert. Detaillierte Untersuchungen inklusive TEM Analysen zeigen die Bildung von stabilen langsam wachsenden Oxidschichten auf Aluminiumoxidbasis. Zur Optimierung von aluminiumoxidbildenden Hochentropiematerialien wurden thermodynamische Gleichgewichtsberechnungen der Phasenstabilität durchgeführt. Die auf dieser Grundlage hergestellten Proben bestätigten die simulierte Phasenzusammensetzung. Die Oxidschichtdicke und Zusammensetzung kann mit dem Al-Gehalt korreliert werden. Außerdem wurden in Rahmen von GEMMA zur auslegungsrelevanten Beurteilung der Flüssigmetallempfindlichkeit von Schweißverbindungen des austenitischen Stahls 316L weitere im Projekt generierte Daten zum mechanischen und bruchmechanischen Verhalten von WIG- und UP-Schweißungen im Referenzzustand, also unter Luftumgebung, ge-

sammelt und für den Vergleich mit den Ergebnissen identischer, noch laufender Untersuchungen unter Flüssigmetallumgebung aufbereitet.

Eine zur Optimierung des GESA-Prozesses hilfreiche neuartige LIF-Dip Diagnostik, die zur präzisen Messung des elektrischen Feldes und der simultanen Ermittlung der qualitativen Feldverteilung in Plasmen eingesetzt werden kann, wurde entwickelt und geeicht.

Subtopic 2: „Beyond Design Basis Accidents and Emergency Management“

Die Verbesserung, Verifizierung und Validierung der ASTEC- und MELCOR-Codes für schwere Störfälle ist eine grundlegende Aufgabe in der Sicherheitsforschung. Die Codes werden für die Sicherheitsbewertung bestehender und innovativer Konzepte (z.B. WWER und ATF) von Leichtwasserreaktoren im Rahmen der aktiven Beteiligung des KIT an mehreren weltweiten Projekten, z.B. EU, IAEA, OECD/NEA, CSARP, NUGENIA, eingesetzt. Die finalen Ziele sind die Bewertung des radiologischen Quellterms zur Unterstützung der Notfallmaßnahmen nach schweren Unfallszenarien in BWR-, PWR- und WWER-Reaktoren und die Optimierung der Severe Accident Management Guidelines (SAMGs) solcher Systeme zur Vermeidung und Minderung von Unfallfolgen. Diese Ziele werden am KIT durch die Durchführung verschiedener mehrstufiger ASTEC- und MELCOR-Aktivitäten erfüllt: Validierung der Codes; Verifizierung der physikalischen Modelle; Entwicklung der Eingangsdecks und Erweiterung der bestehenden; Unsicherheitsanalysen der Ergebnisse des ASTEC-Codes. Die Validierung der Codes wird gegen integrale Experimente durchgeführt, z.B. QUENCH, PHÈBUS. Basierend auf solchen Aktivitäten wurde der Bedarf an Verbesserungen des ASTEC-Codes identifiziert. Insbesondere die Modelle zur Beschreibung des Strahlungswärmeübergangs, der Kernschmelze, der Verlagerung von Absorber-Kreuzen und Brennstoffkanistern sowie der Strahlpumpen in SWR-Anlagen müssen erweitert werden. Weiterhin muss die Erweiterung der Modelle zur Kinetik der Oxidation von ATFs durchgeführt werden. Solche Aktivitäten werden als Mitentwickler des ASTEC-Codes im Rahmen des KIT/IRSN-Lizenzvertrages durchgeführt. Parallel dazu wird ein großer Aufwand für die Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Unsicherheitsanalyse betrieben, um die Unsicherheit der radiologischen Quellterm-Vorhersagen des ASTEC-Codes zu quantifizieren. Diese Arbeiten werden im Rahmen der Beteiligung an verschiedenen Projekten durchgeführt, z.B. EU H2020 MUSA, IAEA und WAME (unterstützt vom BMWi in Zusammenarbeit mit Framatome GmbH). Dabei wird das URANIE-Werkzeug zur Unsicherheitsanalyse auf ASTEC angewendet. Darüber hinaus wurde am KIT ein hauseigenes, auf Python basierendes Unsicherheitswerkzeug entwickelt, das im WAME-Projekt breite Anwendung findet. Diese Aktivitäten waren der Auslöser für den massiven Einsatz von High Performance Computing (HPC) zur Durchführung großer Mengen von ASTEC-Simulationen. Dieser wichtige Schritt wird durch die Nutzung der am KIT/SCC verfügbaren Cluster vollzogen. Ein zusätzliches Ergebnis dieser Aktivitäten ist die Bewertung einer radiologischen Quelldatenbank, die von Notfall- und Bereitschaftswerkzeugen, z.B. JRODOS (KIT), MOCABA (Framatome GmbH), genutzt werden kann.

Im QUENCH-Vorhaben wurde im Berichtszeitraum kein Bündelexperiment durchgeführt. Dafür wurden die Nachuntersuchungen der Bündelexperimente QUENCH-18 (EU-Projekt ALISA, Lufteinbruch und Ag-In-Cd Absorberstäbe), QUENCH-19 (Kooperation mit ORNL, weltweit erster Bündelversuch mit ATF FeCrAl Hüllrohren) und QUENCH-20 (EU-Projekt SAFEST, SWR Bündelgeometrie mit B₄C Absorber) vorangetrieben und neue Experimente im Rahmen des OECD-NEA Joint Undertaking QUENCH-ATF und des BMWi Projektes SPIZWURZ vertraglich vereinbart sowie vorbereitet. In Einzeleffektuntersuchungen wurden alle weltweit verfolgten Konzepte für unfalltolerante (ATF) Hüllrohre bis zu sehr hohen Temperaturen untersucht. Unfalltolerantes Verhalten wurde für Cr-beschichtete Zirkoniumlegie-

rungen, FeCrAl Legierungen und SiC Kompositwerkstoffe bis ca. 1300°C, 1400°C bzw. 1700°C nachgewiesen.

Zum besseren Verständnis des Fukushima Daiichi-Unfalls wurden im Berichtsjahr 2020 in der LIVE3D-Anlage zwei Versuchsserien zur Untersuchung der Schmelzerückhaltung innerhalb eines SWR-Reaktorbehälters durchgeführt. Zum einen wurde die Kühleffizienz im Fall einer Rohrkühlung durch die Steuerstabführungsrohre untersucht. Dafür wurden 16 wassergekühlte Rohre in das Schüttbett und den Schmelzensee in LIVE3D eingebracht. Sowohl lokale Überhitzung im Schüttbett als auch umfangreiches Aufschmelzen konnten durch die Rohrkühlung effektiv reduziert werden. Die andere Versuchsserie wurde im Auftrag von JAEA durchgeführt, um den Wärmetransfer in einem heterogenen Schüttbett mit gemischter oxidischer und metallischer Schütt des Unfallszenarios im Reaktor 2 des Fukushima-Daichi-Kernkraftwerks nachzubilden. Während des Aufheizens wurde die metallische Schüttung allmählich aufgeschmolzen, wobei die Oxidpartikel im Feststoff blieben. Die Ergebnisse wurden mit früheren LIVE-3D Versuchen sowohl mit reiner flüssiger Schmelze als auch mit reiner Oxidschüttung systematisch verglichen. Weiterhin wurde im Rahmen des H2020 EU-Projekts ESFR-SMART eine neue Versuchsanlage zur Untersuchung des Sicherheitskonzepts eines europäischen SFR-Reaktors mit einem Kernfänger innerhalb des Reaktors entworfen. Die Anlage ist in der Fertigstellung und soll 2021 zum Einsatz kommen. Darüber hinaus wurden theoretische Analysen der LIVE2D 2-Schichten-Schmelze durchgeführt, wobei neue Erkenntnisse zum allgemeinen Zusammenhang zwischen den Schichten, zum Einfluss der oberen Kühlung sowie zur Stärke der oberen Schicht gewonnen werden konnten.

2020 wurde die Entscheidungsunterstützungssoftware für den kerntechnischen Notfallschutz JRODOS weiterentwickelt. Weitere Tests des Moduls zur Abschätzung des Quellterms über Messungen und Ausbreitungsrechnungen haben Defizite bei länger anhaltenden Freisetzen auf gezeigt. Die Anpassung des Moduls wurde begonnen. Der 2019 entwickelte Ensemble-Ansatz, um die Unsicherheiten im Quellterm und der Metrologie bei Beginn eines Ereignisses zu beschreiben, wurde weiterentwickelt und getestet. Wetterprognosen verschiedener Provider, wie des deutschen und des amerikanischen Wetterdiensts, wurden genutzt, um die Qualität der einzelnen Dienste untereinander zu vergleichen. Ziel weiterer Forschungen ist auch die notwendige Anzahl der Ensemble Members pro Prognose zu untersuchen, da insbesondere die über 40 Ensembles des Deutschen Wetterdienstes den operationellen Nutzen deutlich einschränken.

Programmthemenübergreifende Aktivitäten

Das komplementär von der Helmholtz-Gemeinschaft im Rahmen des IVF sowie vom BMBF geförderte, multidisziplinäre Forschungsvorhaben iCross schafft wissenschaftliche Grundlagen im Zusammenhang mit der sicheren Entsorgung radioaktiver Abfälle, insbesondere im Hinblick auf die Herausforderungen eines vergleichenden Standortauswahlverfahrens in Deutschland. Dies erfolgt in enger Kooperation und Abstimmung zwischen den NUSAFE Partnerinstituten aus dem FB Energie und Forschungsgruppen von GFZ und UFZ aus dem Forschungsbereich Erde & Umwelt. Die im Rahmen des Projekts geführten Untersuchungen zielen hauptsächlich auf ein verbessertes Verständnis des Einflusses von Alterationsprozessen an der Kanister-Bentonitgrenzfläche und der Heterogenität von Tongestein auf Sorptions- und Transportvorgänge von Radionukliden ab. Hierfür wurden Sorptions- und Diffusionsversuche im Labor durchgeführt und Proben aus dem Untertagelabor Mont-Terri analysiert sowie neue Untertagelaborexperimente geplant.

Die themenübergreifende Zusammenarbeit zwischen den Programmen NUSAFE und Erneuerbare Energien (EE) in der Flüssigmetalltechnologie wurde erfolgreich fortgesetzt, mit dem Schwerpunkt der Nutzung neuer Materialien und Herstellungsverfahren für hochbelast-

bare Receiver in der Konzentrierenden Solarenergie (CSP). Nachdem der Receiver der SOMMER-Anlage 4 MW/m² erzielte, wurden mittels CFD-Analysen Konzepte für monolithische Receiver getestet.

Themenübergreifende Zusammenarbeit ist auch die Entwicklung neuer Zustandsgleichungen (EOS) für den SIMMER-Code zum Einsatz von flüssigem Pb-Li als Kühlmittel. Damit sollen thermische und chemische Wechselwirkungen zwischen Pb-Li und Wasser simuliert werden, die nach Versagen eines Wärmetauscher-Elements in einem Fusions-Blanket auftreten können.

Das agentenbasierte Simulationsmodell, welches das Verhalten von kritischen Infrastrukturen bei großflächigen Störungen untersucht (ehemaliges Portfolio-Thema Sicherheit der Helmholtz Gemeinschaft), wurde weiter ertüchtigt. Ein Schwerpunkt der Arbeiten im Jahr 2020 war die Untersuchung sogenannter „Evolutionärer Algorithmen“ zur Optimierung von robusten Maßnahmenstrategien bei Schadenslagen. Weiterhin wurden Methoden zur Erhöhung der urbanen Resilienz untersucht. Hierbei wurden Bewertungskriterien, wie Effizienz, Fairness und Gerechtigkeit, gegeneinander abgewogen. Dies ermöglicht schon bei der Planung einer Versorgungsinfrastruktur die Resilienz gegenüber Großschadenslagen zu erhöhen.

Strategische Themen

Nachwuchsförderung

Im Berichtsjahr beteiligten sich wieder zahlreiche Wissenschaftler/innen des Programms NUSAFE an der Lehre, wobei die Vorlesungen und Lehrveranstaltungen das gesamte Spektrum an Arbeitsthemen des Helmholtz-Programms abdeckten. Die Anzahl der erbrachten Semesterwochenstunden war aufgrund der corona-bedingten Einschränkungen gegenüber dem Vorjahr leicht rückläufig (KIT: 137 erteilte SWS im Berichtsjahr, Rückgang um ca. 11,5%). Dank des großen Engagements der Lehrenden konnte jedoch der allergrößte Teil der geplanten Lehrveranstaltungen unter Einhaltung der Corona-Schutzmaßnahmen durchgeführt werden, meist als digitale Veranstaltungen. Die Lehrveranstaltungen wurden hauptsächlich am KIT oder assoziierten Universitäten erteilt, aber auch an verschiedenen anderen Hochschulen (teilweise auch im benachbarten Ausland, z.B. Université de Strasbourg, Frankreich), an der Dualen Hochschule Baden-Württemberg und im Rahmen der Framatome Professional School. Zudem engagierten sich NUSAFE-Wissenschaftler und -Wissenschaftlerinnen auch bei verschiedenen internationalen Workshops mit dem Ziel der Nachwuchsförderung.

Im Jahr 2020 gab es 46 Promovierende im Programm NUSAFE am KIT. Der weitaus größte Teil davon wurde aus verschiedenen Drittmittel-Quellen finanziert.

Workshops und Symposien

Im Berichtsjahr mussten einige Workshops mit dem Ziel der Nachwuchsförderung Corona-bedingt leider ausfallen:

- Die gemeinsam von KIT und CEA (Frankreich) ausgerichtete 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“ wurde auf 2021 verschoben.
- Anstelle des für 17.-19. November 2020 am KIT geplante 26. Internationale QUENCH Workshop fand in dieser Zeit das virtuelle Kickoff Meeting für das OECD-NEA Vorhaben QUENCH-ATF statt.

- Verschiedene Workshops und Symposien konnten aber auch wie geplant stattfinden, teilweise als online-Veranstaltung:
- Vom 12. bis 14. Februar 2020 fand am KIT ein Workshop on Surface Engineering Technologies im Rahmen des EU- Projekts IL TROVATORE statt.
- Am KIT fand vom 22. bis 24. Juni 2020 im Rahmen des vom KIT koordinierten EU-Projekts McSAFE ein Trainingskurs (1st McSAFE Training Course on High Fidelity Methods for Reactor Simulations based on Monte Carlo Methods) mit rund 30 Teilnehmenden statt.
- Prof. Dr.-Ing. Andreas Class, KIT, Leiter der Framatome Professional School und Direktor des InnoEnergy Doppel-Masterprogramms „Energy Technologies“, organisierte die Siemens New Energy Challenge 2020. In mehreren Online-Workshops entwickelten 15 internationale Studierende in drei Teams Produktideen für den globalen Energiemarkt 2030.
- Im September 2020 wurde am KIT ein zweitägiges internationales Sicherheitstraining für Natrium-Anlagenentwickler und -betreiber in Zusammenarbeit mit der Feuerwehr des KIT durchgeführt.

Preise

NUSAFE-Wissenschaftler/innen haben im Berichtsjahr wieder eine Reihe von Preisen errungen:

Dr. Tonya Vitova hat einen Consolidator Grant des ERC (Laufzeit fünf Jahre, ca. 2 Mio. EUR) für das Forschungsprojekt „The Actinide Bond – Actinide Bond Properties in Gas, Liquid and Solid State“ eingeworben. Der Projektstart ist in 2021 geplant.

Prof. Dr.-Ing. Sascha Gentes und Team wurden mit dem Projekt "Ressourcenschonung durch innovative Abbruch- und Rückbaumethoden sowie Prozessverfahren" durch die vom Bundespräsidenten berufene unabhängige Jury unter 440 Teilnehmenden ausgewählt. Es war vorgesehen, das Projekt mit einem eigenen Stand im Juni 2020 auf der Woche der Umwelt im Park von Schloss Bellevue zu präsentieren, jedoch wurde die Veranstaltung coronabedingt auf 2021 verschoben.

Philipp Marthaler und Prof. Dr.-Ing. Andreas Class belegten mit dem Projekt „Stokes2: Freiprogrammierbares Lab-on-a-Chip“ den zweiten Platz beim NEULAND Innovationswettbewerb 2020 des KIT. Die große Stärke der Innovation ist die unbegrenzte Flexibilität einer Plattform-Technologie, welche sich für komplexe Messaufgaben in der Verfahrenstechnik, dem Maschinenbau und der Nukleartechnik einsetzen lässt.

Chancengleichheit

An allen drei Helmholtz-Zentren hat das Thema Chancengleichheit einen hohen Stellenwert und ist in der Dachstrategie KIT 2025, dem Tandem-Programm und dem „Audit berufundfamilie“ festgeschrieben. Im Dezember 2020 erhielt das KIT erneut das Zertifikat „audit familiengerechte hochschule“ für weitere drei Jahre – die Auszeichnung erfolgte bereits zum vierten Mal in Folge. 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. Am KIT wurde im Jahr 2020 im Bereich III - Maschinenbau und Elektrotechnik, in dem das Programm NUSAFE angesiedelt ist, eine Arbeitsgruppe Chancengleichheit eingerichtet. Im Programm NUSAFE liegt der durchschnittliche Anteil der Mitarbeiterinnen bei ca. 30%.

Vernetzung

Die Beteiligung der drei Helmholtz-Zentren des NUSAFE-Programms an zahlreichen nationalen und internationalen Projekten fördert die starke Vernetzung und Kooperation mit Forschungszentren und Universitäten auf internationalem Niveau.

Alle drei Helmholtz-Zentren des Programms NUSAFE sind Mitglied des Kompetenzverbundes Kerntechnik (KVKT), des Kompetenzverbundes Strahlenforschung (KVSF) und der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung (DAEF). Die DAEF ist eine unabhängige Plattform der führenden Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Langzeitsicherheitsforschung der Endlagerung. Ihr Ziel ist es, einen Beitrag zur sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle zu leisten, Forschungsaktivitäten effektiver zu gestalten sowie entsprechende faktenbasierte Informationen bereitzustellen und an die Gesellschaft sowie politische Entscheidungsträger zu kommunizieren.

Im Kontext der Entsorgung hochradioaktiver Abfälle leiten bzw. beteiligen sich NUSAFE-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler an den nationalen Sachverständigengruppen des BMUB und des BMWi („Arbeitskreis HAW-Produkte“ und „Arbeitskreis Szenarienentwicklung“) sowie an der internationalen Expertenkommission „Expert Group on the Belgian Spent Fuel Program“ der belgischen Abfallentsorgungsorganisation ONDRAF-NIRAS.

Ebenso leiten bzw. beteiligen sich NUSAFE-Wissenschaftler/innen an nationalen Arbeitsgruppen des BMWi zur Reaktorsicherheit (Leitung der BMWi Arbeitsgruppe für die Inhalte der „Reaktorsicherheitsforschung“ zur Erarbeitung des 7. Energieforschungsprogramm und Mitarbeit im BMWi-Komitee „Transienten und Unfallabläufe“).

Im Rahmen des vom KIT koordinierten Kompetenz-Clusters für nuklearen Rückbau fanden weitere Aktivitäten zu Education&Training statt. Das beantragte EU-Projekt PLEIADES, an dem die Partner des Clusters beteiligt sind, wurde bewilligt und startete 2020.

Die gute internationale Vernetzung einzelner Wissenschaftler/innen, auch durch Beteiligung an zahlreichen EU- und internationalen Projekten, führt zu einem hohen Anteil ausländischer Promovierenden, die zu einem großen Teil durch DAAD-Stipendien oder Stipendien ihres Heimatlandes finanziert werden.

Im Rahmen des European Joint Programme on Radioactive Waste Management (EURAD) beteiligen sich NUSAFE-Wissenschaftler/innen an allen F&E Arbeitspaketen und den beiden strategischen Studien UMAN (Uncertainty Management multi-Actor Network) und ROUTES (Waste Management routes in Europe from cradle to grave) sowie den Aktivitäten zum Thema Knowledge Management. NUSAFE ist im Bureau der General Assembly vertreten. EURAD, an dem insgesamt 52 Institutionen aus der EU, Ukraine und Schweiz beteiligt sind, wird die Aktivitäten zur Endlagerforschung innerhalb Europas gezielt bündeln.

NUSAFE-Mitarbeitende sind auch in den Lenkungsorganen weiterer europäischer Forschungs- und Technologie-Plattformen vertreten, etwa im Management Board 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) und im Governing Board und Executive Committee of Sustainable Nuclear Energy Technology Platform (SNETP).

Zusammenarbeit mit IAEA

Im Berichtsjahr wirkten Forschende des Programms NUSAFE wieder in verschiedenen IAEA-Gremien mit, teilweise auch in leitender Funktion, z.B. Mitglied in der Technical Working Group Light Water Reactors (TWG-LR), Vorsitz der Technical Working Group on Fast Reactors (TWG-FR) Leitung der Arbeitsgruppe „Challenges for Coolants in Fast Neutron Spectrum Systems“. Darüber hinaus waren sie an diversen IAEA Coordinated Research Pro-

jects (CRPs) beteiligt, etwa am CRP on Start-up Measurements in Chinese Experimental Fast Reactor (CEFR), CRP on Loss-of-Flow Experiment in Fast Flux Test Facility, US (FFTF) und am CRP on Accelerator Driven Systems (ADS), ebenso am IAEA-Projekt Accident Tolerant Fuel - Test and Simulation (ATF-TS).

Zusammenarbeit mit OECD/NEA:

NUSAFE-Wissenschaftler/innen sind in die Aktivitäten der OECD/NEA zum Teil in Führungsfunktionen eingebunden. Sie repräsentieren Deutschland z.B. im "Nuclear Science Committee" (NSC) und im "Management Board for the Development, Application and Validation of Nuclear Data and Codes" (MBDAV) sowie in verschiedenen Arbeits- und Expertengruppen, wie "Expert Group on Innovative Fuels" (EGIF), "Expert Group on Liquid Metal Technology" (EGLMT), "Expert Group on Innovative Structural Materials" (EGISM) und "Expert Group on the Application of Robotics and Remote Systems in the Nuclear Back-End" (EGRRS). Weitere langfristige Aktivitäten erfolgen innerhalb des Thermochemical Database Projects (TDB), des NEA-Salt Clubs, NEA-Crystalline Clubs oder NEA-Clay Clubs.

Das Agreement für das NEA Joint Undertaking QUENCH-ATF (1,6 Mio. Euro, >20 teilnehmende Institutionen) wurde vorbereitet und war Ende 2020 unterschriftsreif. Im Rahmen dieses Projektes sind drei QUENCH-Bündelversuche mit unfalltoleranten (ATF) Hüllrohrmaterialien am KIT geplant.

Drittmittelinwerbungen

Im Berichtsjahr konnten wieder verschiedene neue nationale und internationale Drittmittelverträge abgeschlossen werden. Anfang 2020 wurde ein großer Teil der im Jahr zuvor bei der EU im Rahmen des Euratom Calls NFRP-2019-2020 eingereichten Projektanträge bewilligt, darunter der von KIT koordinierte Projektantrag McSAFER. Im Rahmen des Projekts McSAFER, an dem auch der NUSAFE-Partner HZDR beteiligt ist, werden experimentelle Untersuchungen und innovative numerische Simulationen kombiniert, um Sicherheitsaspekte von generischen kleinen modularen Reaktoren (SMR) weiterzuentwickeln. Projektstart der insgesamt zehn neu bewilligten EU-Projekte war in der zweiten Jahreshälfte 2020. Aktuell sind NUSAFE-Wissenschaftler/innen in verschiedenen EURAD Projektanträgen für die „Second Wave“ von geförderten WPs involviert.

Drittmittelinwerbungen mit einer Fördersumme >100.000 Euro

Förderung aus Mitteln der Bundesministerien für Wirtschaft und Energie (BMWi) & Bildung und Forschung (BMBF) sowie der DFG:

- SPIZWURZ - Spannungsinduzierte Wasserstoffumlagerung in Brennstabhüllrohren während längerfristiger Zwischenlagerung (BMWi)
- GRaZ II - Geochemische Radionuklidrückhaltung und Zementalterationsphasen - Phase II (BMWi)
- KRIMI - Kinetik der Radionuklidimmobilisierung durch endlagerrelevante Mischkristalle (BMBF)
- EMOS - „Entwicklung eines mobilen, automatisierten, optischen Inspektionssystems für radioaktive Fassgebäude“ (BMBF)
- MAARISS – Mobiles Anbaugerät zur automatisierten Rissüberfräsung (BMBF)
- RADEKOR – Speziation und Transfer von Radionukliden im Menschen unter besonderer Berücksichtigung von Dekorporationsmitteln, Teilprojekt E (BMBF)
- Förderung aus EU-Mitteln:
 - CAMIVER - Codes And Methods Improvements for VVER comprehensive safety assessment) Project

- FRACTESUS - Fracture mechanics testing of irradiated RPV steels by means of sub-sized specimens
- McSAFER - Advanced Methods and Experimental Investigations for the Safety Evaluation of Generic Small Modular Reactors)
- ORIENT-NM - Organisation of the European Research Community on Nuclear Materials
- PATRICIA - Partitioning And Transmuter Research Initiative in a Collaborative Innovation Action
- PLEIADES - PLatform based on Emerging and Interoperable Applications for enhanced Decommissioning processES
- PUMMA - Plutonium Management for More Agility
- RadoNorm - Towards effective radiation protection based on improved scientific evidence and social considerations - focus on radon and NORM
- Förderung aus Mitteln der Industrie & TSO:
 - Study on Scenario for Fast Reactor Core Disruptive Accident (Nachtrag zu früherem Vertrag; Marubeni, Japan).

Drittmittleinwerbungen mit einer Fördersumme <100.000 EUR (ausgewählte neue Verträge)

- Förderung aus EU-Mitteln:
 - PASCAL - Proof of Augmented Safety Conditions in Advanced Liquid metal-cooled systems
 - PREDIS - PRE-DISposal management of radioactive waste
- Förderung aus Mitteln der Industrie & TSO:
 - Liquid metal cooling loop for Mo-99 production (DEMCON, NL)
 - EDF cooperation on ASTRID Safety Study (Nachtrag zu früherem Vertrag, EDF, Frankreich)
 - High-temperature oxidation and quench behavior of Cr-coated ZIRLO (Westinghouse, USA)

Wissens- und Technologietransfer

Industrie-/TSO-Aufträge

KASOLA hat die Qualifizierungsphase weitgehend abgeschlossen, die dynamische Inbetriebnahme mit Pumpenbetrieb musste wegen Personalverlust und COVID-19 verschoben werden. Im Berichtsjahr gab es vorbereitende Verhandlungen zum künftigen Transfer von Know-how betreffend Einsatz nuklearer Tracer in der Medizintechnik.

Zusammenarbeit mit IAEA

Die von einem Wissenschaftler des KIT geleitete IAEA-Arbeitsgruppe „Challenges for Coolants in Fast Neutron Spectrum Systems“ veröffentlichte im Berichtsjahr eine Publikation der Reihe ‚IAEA Safety Standards Series‘ (siehe: <https://www.iaea.org/publications/13657/challenges-for-coolants-in-fast-neutron-spectrum-systems>), an der noch weitere NUSAFE-Mitarbeitende beteiligt waren.

Zusammenarbeit mit OECD/NEA

2020 wurden verschiedene Aktivitäten im Rahmen des Thermochemischen Datenbankprojekts (NEA-TDB) durchgeführt. Die Arbeiten zum Update des Reviews zu relevanten Actiniden und Tc wurde unter Co-Koordination durch KIT abgeschlossen und publiziert. Der State-of-the-Art Report bezüglich der thermodynamischen Modellierung von wässrigen salinaren

Systemen wurde weiterentwickelt. Expert/innen aus NUSAFE waren an vorbereitenden Arbeiten zu den Thematiken der Wechselwirkung von Radionukliden mit ausgewählten organischen Liganden bzw. dem State-of-Art zur Beschreibung des Einflusses erhöhter Temperaturen und involviert. Erneut wurde innerhalb der NEA-TDB ein eintägiger Trainingskurs durchgeführt, um Ziele und Aktivitäten der NEA-TDB einem breiten internationalen Expertenkreis vorzustellen. Expert/innen der in NUSAFE beteiligten Institute sind zudem in Aktivitäten des NEA-Salt Club, NEA-Clay Club sowie des NEA-Crystalline Club involviert.

NUSAFE-Wissenschaftler/innen waren auch an verschiedenen Benchmarks der OECD/NEA beteiligt, z.B. OECD/NEA Multi-Physics Pellet Cladding Mechanical Interaction Validation Benchmark, OECD-NEA LWR-UAM Benchmark, OECD-NEA TVA-WB1 Benchmark

Patente

Schutzrechtsanmeldung: Freiform Beton-Druck mit integrierter Bewehrung.

Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Forschungsinfrastruktur HOVER (Helmholtz FOrschungs- und Versuchsplattform zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und zum Rückbau kerntechnischer Anlagen)

2014 begannen die Planungen zur Beantragung der Helmholtz Forschungsinfrastruktur HOVER. Die beteiligten Helmholtz-Zentren beantragten HOVER nach Zustimmung aller relevanten Gremien im Frühjahr 2016. Aufgrund von Kommentaren seitens BMBF wurde der Projektvorschlag überarbeitet und im Finanzumfang gekürzt. Die fachliche Begutachtung erfolgte im Jahr 2018. Die finale Zustimmung des BMBF erfolgte dann im Oktober 2020.

Bei der Forschungsinfrastruktur HOVER handelt es sich um eine dezentrale Forschungsplattform unter Beteiligung aller drei im Programm NUSAFE zusammenarbeitenden Forschungszentren FZJ, HZDR und KIT. Dabei sind innovative Infrastrukturen vorgesehen, die sich thematisch mit den Themenfeldern: Optimierung des Rückbaus kerntechnischer Anlagen, verlängerte Zwischenlagerung von bestrahlten Kernbrennstäben und Forschung zur Sicherheit eines Endlagers für radioaktive Abfallstoffe befassen.

HOVER soll als wissenschaftlich attraktive, moderne Forschungsplattform die internationale Zusammenarbeit in der nuklearen Entsorgungsforschung verstärken und insbesondere auch junge Wissenschaftler/innen für dieses Themenfeld interessieren und begeistern.

Innovationspoolprojekt 2021 des Programms NUSAFE

Aufbau einer interdisziplinären Forschungsplattform für die Bewertung internationaler innovativer Anlagen- und Entsorgungskonzepte – Phase 1: Sicherheitsbewertung generischer kleiner modularer Reaktoren (SMR)

Im Rahmen der aus dem Innovationspool geförderten Maßnahmen zur zukünftigen Weiterentwicklung des NUSAFE Programms soll mittel- bis langfristig eine interdisziplinäre Forschungsplattform entwickelt werden. Sie soll es ermöglichen, international diskutierte und in der Entwicklung befindliche neue Kernenergietechnologien und nukleare Entsorgungskonzepte holistisch zu betrachten und zu bewerten. Dazu ist ein profundes Verständnis der naturwissenschaftlich-technischen Grundlagen, der technischen Realisierung und der jeweiligen Sicherheitsphilosophien und -technologien erforderlich. Hierbei müssen neben der gesamten Wertschöpfungskette von der Rohstoffversorgung, der Energieerzeugung bis zur nuklearen Entsorgung auch sozialwissenschaftliche Aspekte mit betrachtet werden.

Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Da die Empfehlungen mit Ende der dritten Programmperiode bereits umgesetzt wurden bzw. dauerhaft in der Umsetzung sind, sind diese im letzten Übergangsjahr zur PoF IV nicht mehr aufgeführt

A.2.1.5.3 Künftige Programmentwicklung

S. Kapitel A.2.1.3.2, Abschnitt „Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen“.

A.2.1.5.4 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2020 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2020. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2020.

A.2.1.6 Programmanteil Renewable Energies (RE)

A.2.1.6.1 Das Programm im Überblick

Die zuverlässige, kostengünstige und umweltfreundliche Energieversorgung ist eine große gesellschaftliche Herausforderung für die Zukunft. Ihre Bewältigung erfordert die Lösung wissenschaftlicher Fragen mit interdisziplinären Ansätzen. Die Transformation der Energieversorgung hin zu einem nachhaltigen Energiesystem ist notwendig, um die Emission von Kohlenstoffdioxid (CO₂) im Hinblick auf die globale Erwärmung zu begrenzen, die Risiken der Nuklearenergie zu vermeiden und der begrenzten Verfügbarkeit von Ressourcen zu begegnen. Erneuerbare Energiequellen bilden das Rückgrat eines nachhaltigen Energiesystems. Lösungsansätze zur Bereitstellung von erneuerbaren Energien müssen auf einer Reihe komplementärer Technologien mit Passfähigkeit zum Energiesystem basieren, die auf lange Sicht sowohl zuverlässig und ökonomisch sinnvoll sind als auch gesellschaftlich akzeptiert werden.

Der Fokus des Programms „Renewable Energies“ (RE) liegt auf der Erforschung und Weiterentwicklung innovativer komplementärer Technologien für ein Energiesystem, das auf der Nutzung erneuerbarer Energien basiert. Bisher nicht genutzte Potentiale sollen sowohl wissenschaftlich als auch technologisch unter dem Aspekt eines ganzheitlichen Prozessverständnisses verfügbar gemacht werden. Folgende Ziele sind dabei maßgebend:

- Die Technologien zur Erzeugung erneuerbarer Energie müssen nachhaltig sein.
- Eine substantielle Erhöhung der Effizienz bei der Energiewandlung bildet die Voraussetzung zur Kostensenkung und verbessert damit die Wirtschaftlichkeit.
- Die Versorgungssicherheit (Kapazität, Flexibilität, Speicherbarkeit, Betriebssicherheit) erfordert die Integration verschiedener erneuerbarer Energietechnologien mit Speichersystemen und einer adaptierten Netzkapazität.
- Die Technologien müssen in den Terawatt- (Leistung, 10¹² W) oder Petajoule-Bereich (Energie, 10¹⁵ J) skalierbar sein, um energiewirtschaftlich relevant zu sein.
- Die Forschungsansätze verfolgen dabei für jede Technologie Aspekte der Nutzung im gesamten Energiesystem.

Das interdisziplinäre Programm „Renewable Energies“ ist aus den Programmenthemen „Solar Cells of the Next Generation“, „Concentrating Solar Thermal Technology“, „Bioenergy“, „Ge-

othermal Energy Systems“ sowie den in der POF III neuen Programmenthemen „Wind Energy“ und „Solar Fuels“ konzipiert und berücksichtigt Multiskalenansätze und Systemaspekte. Die Helmholtz-Gemeinschaft ermöglicht den Betrieb einzigartiger großer Forschungsinfrastrukturen zum Erzielen von Durchbrüchen bei der Entwicklung von Energietechnologien, die alleine durch Universitäten, Forschungseinrichtungen oder singuläre Industriebeteiligung nicht erzielt werden können. Im Forschungsbereich Energie der Helmholtz-Gemeinschaft kooperiert das Programm RE mit den Programmen „Energy Efficiency, Materials and Resources“ (EMR) und „Storage and Cross-linked Infrastructures“ (SCI) sowie „Technology, Innovation and Society“ (TIS). Die Helmholtz-Gemeinschaft ermöglicht einen programmübergreifenden Mehrwert durch Beiträge zu den Querschnittsaktivitäten „Materials Research – Energy Supply“ sowie „Sustainable Bioeconomy“.

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

Das Programm RE hat sich intensiv an der Strategiediskussion im Forschungsbereich Energie beteiligt und es gibt einen sehr gut koordinierten Austausch mit den Programmen EMR, SCI und TIS zu den übergeordneten Zielen eines zukünftigen Energiesystems. Außerdem beteiligen sich die Wissenschaftler/innen aus RE sehr aktiv an der Initiative „Energiesystem 2050“ (ES 2050). Die Umsetzung der Senatsempfehlungen wurde intensiv vorangetrieben. Ende des Jahres 2019 fand wie geplant die strategische Bewertung des Forschungsbereichs Energie statt. Die Arbeiten im Berichtszeitraum 2020 waren demzufolge geprägt von der Planung der Aufstellung für die PoF IV.

Programmstruktur

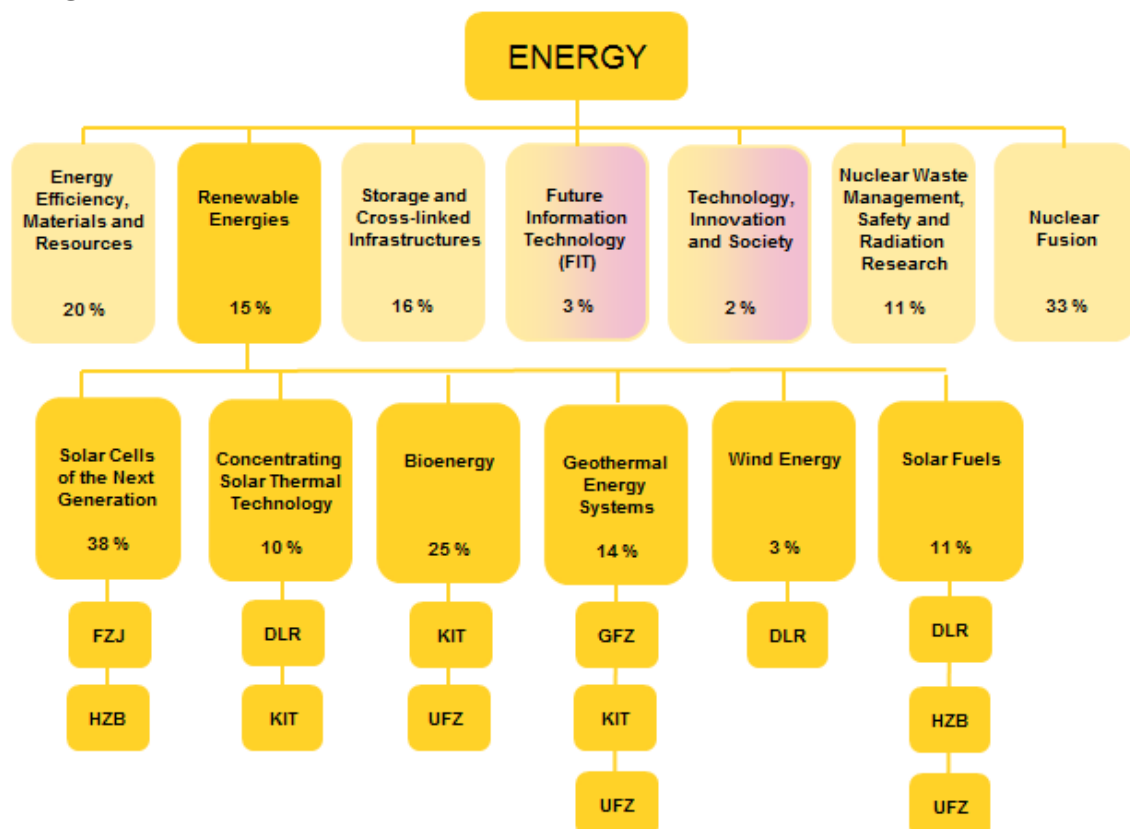


Abbildung 6: Programmstruktur RE

Das KIT ist an folgenden Programmenthemen beteiligt:

Programmenthema 2: „Concentrating Solar Thermal Technology“

In Subtopic 1 werden verschiedene Wärmeträgerfluide auf ihre Eignung in Solarturmsystemen untersucht. Ziel ist es, höhere Prozesstemperaturen bereitzustellen und Wirkungsgrade größer 20% zu erreichen. Subtopic 2 analysiert, wie die Bedingungen an Wüstenstandorten Effizienz und Lebensdauer beeinflussen. Ziel am Ende von PoF III ist die Demonstration eines optimierten Systems im Technikumsmaßstab.

Programmenthema 3: „Bioenergy“

Der Fokus liegt auf der effizienten und nachhaltigen Nutzung von Biomasse in Wertschöpfungsketten. Dies umfasst die Aufbereitung von Biomasse, Optimierung von Konversionsverfahren, Konditionierung und Veredelung von Zwischen- und Koppelprodukten. Dabei werden Skaleneffekte bei der Maßstabsübertragung, systemanalytische Fragestellungen und Verfahrensschritte mit hohem Wertschöpfungspotential betrachtet.

Programmenthema 4: „Geothermal Energy Systems“

Im Programmenthema 4 werden neue methodische Ansätze und optimierte Strategien zur Weiterentwicklung des Reifegrades von Technologien zur geothermischen Wärme- und/oder Strombereitstellung sowie für die effiziente Speicherung von Energie im Untergrund erarbeitet. Prozesse der Erkundung, Erschließung und Entwicklung potentieller Reservoirs werden mit dem Ziel einer nachhaltigen, umweltverträglichen Nutzung erforscht.

A.2.1.6.2 Programmsergebnisse

Wissenschaftliche Ergebnisse

Highlight Topic 2: Experimente bestätigen das große Potential von Flüssigmetall als Wärmeträgerfluid für CSP Systeme

Die Analyse der erfolgreich durchgeführten Messkampagne in der SOMMER (SOLar furnace with a Molten Metal-cooled REceiver) Anlage zeigte, dass die erreichten Leistungsdichten von bis zu 4 MW/m² im thermischen Receiver bei hoher Stabilität der Messbedingungen und der Ergebnisse erzielt werden konnten. Eine Abschätzung der Wärmeverluste am Receiver wurde anhand der experimentellen Ergebnisse validiert. Studien zur Entropieerzeugung bei Verwendung von verschiedenen Fluiden im thermischen Receiver zeigen, dass der Einsatz von flüssigem Natrium in thermischen Receivern zu 60% niedrigerer Entropieerzeugung führt im Vergleich zum Stand der Technik (Salzschmelzen). CFD Analysen zur Umsetzung der 4 MW/m² Leistungsklasse auf ein monolithisches Design (3D-Druck) zeigen eine deutliche Verbesserung der Leistung bei geringerer thermischer Belastung. Randbedingung der Optimierung, die sowohl für Einzel- als auch Doppelkanalkonzepte umgesetzt wird, ist die geplante automatische Fertigung der Receiver für den MW-Bereich. Korrosionstests in flüssigem Na bei 600°C mit Ni-basis Legierungen zeigen deren prinzipielle Verwendbarkeit für die oben beschriebenen monolithischen Receiver.

F. Müller-Trefzer, K. Niedermeier, F. Fellmoser, J. Flesch, J. Pacio, T. Wetzel: Experimental results from a high heat flux solar furnace with a molten-metal-cooled receiver SOMMER, accepted for publication in Solar Energy, Elsevier

Programmenthema 2: „Concentrating Solar Thermal Technology“

In Subtopic 1 „Advanced Heat Transfer Media“ fokussierten sich die Arbeiten auf die Weiterentwicklung von Partikelsystemen und Flüssigmetallen.

KIT: Die angestrebte Leistungsdichte von bis zu 4 MW/m² im thermischen Receiver der SOMMER (Solar furnace with a Molten Metal-cooled REceiver) Anlage konnte bei hoher Stabilität der Messbedingungen und der Ergebnisse verifiziert werden. Der Einsatz von Natrium in thermischen Receivern führt zu 60% niedrigerer Entropieerzeugung im Vergleich zum aktuellen Stand der Technik (Salzschmelzen). Basierend auf diesen Resultaten wurde anstelle des konventionellen rohrbasierten Designs für 100 kW (MS 2.1.5) mit der Umsetzung der 4 MW/m² Leistungsklasse auf ein monolithisches Design (3D-Druck) begonnen. Umfangreiche CFD Analysen weisen auf eine deutliche Verbesserung der Leistungsfähigkeit bei geringerer thermischer Belastung hin. Korrosionstests in flüssigem Na bei 600°C mit Ni-Basis Legierungen zeigen deren prinzipielle Verwendbarkeit für die oben beschriebenen monolithischen Receiver.

J. Fleisch, L. Marocco, **A. Fritsch**, K. Niedermeier, and **T. Wetzel**, Entropy generation minimization analysis of solar salt, sodium, and lead bismuth eutectic as high temperature heat transfer fluids, Journal of heat transfer, ASME (2020), 142, 4, 42103, doi: 10.1115/1.4046302.

W. Hering, M. Böttcher, **J. Fuchs**, A. Onea, **S. Ulrich** and **R. Stieglitz**, Materials and systems for liquid metal based CSP 2.0, Solarpaces 2019, AIP Conference Proceedings 2303, 050002 (2020); <https://doi.org/10.1063/5.0029690>.

H. Shi, Alumina forming alloys (steels, high entropy materials) for the mitigation of compatibility issues with liquid metals and steam in energy related, high-temperature applications, 2020, Dissertation, KIT, doi:10.5445/IR/1000105453.

Programmthema 3: „Bioenergy“

Subtopic 1

Zur Wertstoffabtrennung vor einer energetischen Reststoffverwertung wurde ein PEF-gestütztes Verfahren zur Extraktion von Phycocyanin-C aus Mikroalgen (*Arthrospira platensis*) entwickelt und demonstriert. Dieser Lebensmittelfarbstoff kann damit mit hoher Reinheit und sehr langzeitstabil gewonnen werden. Als wichtige Voraussetzung für die Kaskadenprozessierung von mikrobieller Biomasse mittels Elektroimpulsbehandlung (PEF) wurde der Erhalt der Zellwandstabilität nach PEF durch Anwendung der Hochdruckhomogenisation als diagnostische Methode erstmals gezeigt. Durch osmotische Schockbehandlung von mariner Mikroalgenbiomasse (*Nannochloropsis gaditana*) konnte der Energiebedarf für die Vorbehandlung zur Lipidextraktion auf 6% des Bedarfs der gesamten Prozesskette reduziert werden. Ein Nettoenergiegewinn, Energieinhalt gewonnener Lipide zu Prozessenergieaufwand, von Faktor 9,5 konnte mit diesem Ansatz erzielt werden.

Akaberli, S.; Krust, D.; Mueller, G.; Frey, W.; Gusbeth, C.; Impact of incubation conditions on protein and C-Phycocyanin recovery from *Arthrospira platensis* post- pulsed electric field treatment (2020) Bioresource Technology, doi 10.1016/j.biortech.2020.123099.

Papachristou, I.; Silve, A.; Jianu, A.; Wuestner, R.; Nazarova, N.; Mueller, G.; Frey, W.; Evaluation of pulsed electric fields effect on the microalgae cell mechanical stability through high pressure homogenization (2020) Algal Research, doi 10.1016/j.algal.2020.101847.

Halim, R.; Papachristou, I.; Kubisch, C.; Nazarova, N.; Wuestner, R.; Steinbach, D.; Chen, G. Q.; Deng, H.; **Frey, W.; Posten, C.; Silve, A.**; Hypotonic osmotic shock treatment to enhance lipid and protein recoveries from concentrated saltwater *Nannochloropsis* slurries (2020) Fuel, doi 10.1016/j.fuel.2020.119442.

Subtopic 2

Zum Thema Schnellpyrolyse wurden die Nutzungsmöglichkeiten für Schmelzwasser weiter untersucht. Für das BMBF Projekt ValProWa wurde Schmelzwasser an der Versuchsanlage Python produziert und an die Projektpartner für Fermentationsversuche mit verschiedenen Mikroorganismen abgegeben. Zur besseren Charakterisierung wurde eine spezielle Apparatur zur Bestimmung von Siedekurven aufgebaut, validiert und in Betrieb genommen. Mit den daran gewonnenen Daten kann das thermodynamische Verhalten von Schmelzwasser und organischem Kondensat (geplant für 2021) untersucht werden um die ebenfalls entwickelten

Kondensationsmodelle zu validieren. Eine Membrananlage zur Aufreinigung von Schwelwasser wurde in Betrieb genommen. Es stellte sich heraus, dass ein Aufreinigungsprozess aus mehreren Stufen bestehen muss, u.a. auch Behandlung mit Aktivkohle (oder dem ebenfalls in der Pyrolyse erzeugten Karbonisat) und pH-Wert-Anpassung. An der Versuchsanlage Python wurden verschiedene Umbauten geplant und begonnen. Neben Änderungen am Biomasse- und Wärmeträger-Eintrag wird ein neuer Elektroabscheider für die Feststoff- und Aerosol-Abscheidung und als Kondensator zur Produktgewinnung getestet.

Bulsink P., de Miguel Mercader, F., Sandström, L., van de Beld, B., Preto, F., Zacher, A., Oasmaa, A., Dahmen, N., Funke, A. Bronson, B. (2020) Results of the International Energy Agency Bioenergy Round Robin on the Analysis of Heteroatoms in Biomass Liquefaction Oils. *Energy Fuels* 34, 11123–11133. doi 10.1021/acs.energyfuels.0c02090

Die kontinuierliche Hydrieranlage zum Upgrading von Pyrolyseölen wurde fertiggestellt. Mit Partnern aus Brasilien wurde die Implementierung einer Schnelldpyrolyse in eine Zuckerrohr-Bioraffinerie experimentell untersucht und validiert. Die Entwicklung von Katalysatoren dazu konzentrierte sich auf den Einfluss von Niob als neue, katalytisch aktive Komponente. Im Hinblick auf die Konditionierung von Pyrolyseölen für verschiedene Einsatzzwecke wurde auch der Einfluss von CO₂ auf Pyrolyseöl und dessen Schlüsselkomponenten abgeschlossen (CO₂ Löslichkeit, Dichte, Oberflächenspannung bei Drucken bis zu 100 bar und Temperaturen bis 80°C).

Carriel-Schmitt, C.; Moreira, R.; Neves, R.C.; Richter, D.; Funke, A.; Raffelt, K.; Grunwaldt, J.-D.; Dahmen, N. „From agriculture residue to upgraded product: The thermochemical conversion of sugarcane bagasse for fuel and chemical products“ *Fuel Processing Technology*, 2020, 197, 106199, DOI: 10.1016/j.fuproc.2019.106199

Subtopic 3

Bei den Arbeiten zur Synthesegasfermentation wurden die Anlage zur Semibatch Fermentation und die Datenanalyse soweit optimiert, dass vergleichende Bewertungen von Fermentationen mit unterschiedlichsten Fermentationsbedingungen und unterschiedlichen Synthesegasen möglich waren. Weiterführend wurden zahlreiche Dreifach-Fermentationen mit verschiedenen realen, nur partiell aufgereinigten und synthetischen Gasen durchgeführt. Reale Synthesegase aus der Vergasung von Lignin und Buchenholz konnten durch Kooperation mit TNO Energy Transition, Niederlande, und ein Synthesegas aus Stroh konnte von der bioliq-Anlage am KIT erhalten. Weiterhin wurden jeweils reale und synthetische Synthesegase mit derselben Zusammensetzung der Hauptkomponenten CO, CO₂ und H₂ verwendet. Hierbei wurden synergistische Effekte der aus Biomasse gewonnenen Synthesegase im Vergleich zu den reinen Synthesegasen sowie der reinen Synthesegase verschiedener Zusammensetzungen gezeigt. Bei den kontinuierlichen Syngasfermentationen in der Versuchsanlage SANDRA wurde der Einfluss des Prozessdrucks auf die Prozesseffizienz charakterisiert. Hierfür wurden Stofftransportuntersuchungen mit Fermentationen im kontinuierlichen Betriebsmodus (CSTR) gekoppelt. Neben den rein physikalischen Zusammenhängen wurde der hohe Stellenwert der bakteriellen Anpassungsfähigkeit bei der Druckfermentation deutlich. So wurde in einer Langzeitkultivierung mit stufenartiger moderater Erhöhung des Drucks (4 – 5,5 bar) und längerer Adaptationszeit ein nahezu vollständiger Kohlenstoffumsatz, maximale H₂-Aufnahme sowie entsprechende Steigerung der Produktausbeute erreicht.

Liakakou, E.T.; Infantes, A.; Neumann, A.; Vreugdenhil, B.J. 2021. Connecting gasification with syngas fermentation: Comparison of the performance of lignin and beech wood. *Fuel*, 290, 120054. doi:10.1016/j.fuel.2020.120054

Side-by-Side Comparison of Clean and Biomass-Derived, Impurity-Containing Syngas as Substrate for Acetogenic Fermentation with *Clostridium ljungdahlii*. Infantes, A.; Kugel, M.; Raffelt, K.; Neumann, A. 2020. *Fermentation* 6, 84. doi:10.3390/fermentation6030084.

Programmthema 4: „Geothermal Energy Systems“

Ein innovatives Konzept zur Bestimmung von Reservoir-Bedingungen mittels Nanopartikel mit Signalfunktion wurde anhand einer Temperaturbestimmung unter kontrollierten Laborbedingungen nachgewiesen (Rudolph et al.). Ein neu entwickeltes Multikomponenten-Geothermometer liefert zuverlässige Temperaturdaten ohne aufwändige Gasanalyse (Ystroem et al.).

Geophysikalische Monitoring-Methoden sind ein wichtiges Werkzeug des Reservoir-Managements. Eine Kalibrierungsstudie im Rahmen des Reykjanes-Projektes liefert Grundlagen für Überwachungsstrategien mit aktiven elektromagnetischen Methoden (CSEM) für die Überwachung geothermischer Hochenthalpie-Reservoirs (Darnet et al.).

Rudolph, B.; Berson, J.; Held, S.; Nitschke, F.; Wenzel, F.; Kohl, T.; Schimmel, T. (2020): Development of thermo-reporting nanoparticles for accurate sensing of geothermal reservoir conditions. In: Scientific Reports 10 (1).
Ystroem, L. H.; Nitschke, F.; Held, S.; Kohl, T. (2020): A multicomponent geothermometer for high-temperature basalt settings. In: Geotherm Energy 8 (1), S. 1–21.

Ein Mehrphasenfeld-Rissmodell wurde entwickelt, um die Bildung von Mikrorissen in spröden Quarzsandsteinen und duktilen Phasen zu erfassen. Es kann nun u.a. bevorzugte Spaltungsebenen während der Ausbreitung intragranularer Risse identifizieren (Prajapati et al.). CO₂-Isotopologe hydrothermalen Ursprungs beinhalten Informationen über das hydrothermale System. So zeigte eine experimentelle Studie eine Änderung der CO₂- Δ_{47} -Werte entsprechend der Geschwindigkeit und der Temperatur aufgrund eines kontinuierlichen Isotopenaustauschs beim Aufstieg der geothermischen Wässer.

Prajapati, N.; Herrmann, C.; Späth, M.; Schneider, D.; Selzer, M.; Nestler, B. (2020): Brittle anisotropic fracture propagation in quartz sandstone: insights from phase-field simulations. In: Computational Geosciences 24, S. 1361–1376.

Kalb, M.; Kluge, T.; Eckhardt, H.; Weise, A.; Prokhorov, I.; Kraml, M. et al. (2020): CO₂,gas-H₂Oliquid isotope exchange rates up to 150 °C – Experimental study and application to hydrothermal CO₂. In: Geochimica et Cosmochimica Acta 269, S. 167–183.

Eine Analyse von Monitoring-Daten niederländischer Aquiferspeicher zeigt Optimierungspotential für eine noch effizientere Nutzung des verfügbaren Untergrunds (Fleuchaus et al.). Ehemalige Erdölreservoirs im Oberrheingraben weisen ein beträchtliches Potential zur Hochtemperaturspeicherung im Untergrund auf; dieses Konzept soll durch die Infrastruktur des KIT „DeepStor“ demonstriert werden (Stricker et al.).

Fleuchaus, P.; Schüppler, S.; Godschalk, B.; Bakema, G.; Blum, P. (2020): Performance analysis of Aquifer Thermal Energy Storage (ATES). In: Renewable Energy 146, S. 1536–1548.

Stricker, Kai; Grimmer, Jens C.; Egert, Robert; Bremer, Judith; Korzani, Maziar Gholami; Schill, Eva; Kohl, Thomas (2020): The Potential of Depleted Oil Reservoirs for High-Temperature Storage Systems. In: Energies 13 (24), S. 6510.

Programmthemenübergreifende Aktivitäten

Topic 4

Im Berichtsjahr begann die Anpassung des GeoLaB-Konzepts an die neuen Rahmenbedingungen. GeoLaB ist eine priorisierte strategische Ausbaumaßnahme der drei Zentren KIT, GFZ und UFZ. Über laufende Arbeiten und die spezifische Entwicklung gemeinsamer Drittmittelprojekte wird die zukünftig forschungsbereichsübergreifende Zusammenarbeit in der Infrastruktur DeepStor vorbereitet.

In der Helmholtz Klimainitiative HI-CAM arbeiten KIT, HZDR, HZG und GFZ seit Juli 2019 zusammen im Cluster I 'Netto-Null', Projekt 3 zum Thema geologische Speicherung (<https://www.helmholtz-klima.de/mitigation/potenzial-und-integration-von-unterirdischen-speicherloesungen>). Hierbei wird untersucht, welche Speicher- und Nutzungslösungen für CO₂ und evtl. Wasserstoff entsprechende Beiträge zur Begrenzung des mittleren Temperaturanstiegs auf unter 2°C oder sogar 1,5°C bis 2050 leisten können. Am GFZ werden hier

insbesondere CO₂-Speicher und Nutzungslösungen sowie für die Logistik von CO₂-Punktquellen zu Speichern vorgeschlagen, wohingegen am HZDR verschiedene Szenarien der CO₂-Nutzung für flexible Energiegewinnung in Kombination mit Wasserstoff untersucht werden. Vergleiche zur obertägigen Wasserstoffspeicherung und -bereitstellung werden am HZG betrieben.

Für die saisonale Wärmespeicherung in Aquiferen des Norddt. Beckens werden am GFZ Potenziale insbesondere in urbanen Räumen ermittelt, mit Fallbeispielen aus Berlin. Das Potenzial für den südwestdeutschen Raum und die Machbarkeit tiefer Speicherung bei hohen Temperaturen in Kombination mit der Wärmebereitstellung aus tiefer Geothermie werden am KIT untersucht. In diesem Zusammenhang startete 2020 das Infrastrukturprojekt DeepStor am KIT (strategische Ausbauinvestition > Euro 2.5 und < Euro 15 Mio.)

Strategische Themen

Nachwuchsförderung

KIT: Im Programm EE konnte die Anzahl von 16 abgeschlossenen Promotionen im Jahr 2020 im langjährigen Vergleich mehr als verdoppelt werden.

Topic 3: Das bioliq-Promovierenden-Netzwerk hat den regelmäßigen Austausch mittels Vorträgen, Seminaren und Workshops auch unter Pandemiebedingungen 2020 erfolgreich aufrechterhalten.

Topic 4:

Laura Spitzmüller (KIT) wurde für ihre Masterarbeit im Rahmen des Praxisforums Geothermie Bayern der Christian-Hecht-Preis 2020 verliehen.

Chancengleichheit

KIT: Im Rahmen der „Helmholtz European Partnership for Technological Advancement“ (HEPTA) zwischen dem KIT und seinem griechischen Partner, der Aristoteles Universität Thessaloniki (AUTH) wurde 2020 der Austausch von Promovierenden (mit strikt gleichem Frauen- und Männeranteil) zur Entwicklung nachhaltiger Technologien gestartet. Das KIT hat 2020 bereits zum vierten Mal in Folge das Zertifikat „audit familiengerechte hochschule“ für weitere drei Jahre erhalten.

Vernetzung

Topic 4: Zum Aufbau einer Kooperation mit Indonesien wurde ein mehrtägiger Workshop in Indonesien im Rahmen des dafür initiierten Projekts GeoFlugs durchgeführt. Mit deutschen, europäischen und US-amerikanischen Partnern wurde ein europäisches Projekt zur Hochtemperaturspeicherung entwickelt.

In der Initiative WING (Woman in Geothermal) beteiligen sich Simona Regenspurg als deutsche Botschafterin und Prof. Dr. Eva Schill.

Drittmittelinwerbungen

Topic 4:

Das Projekt UNLIMITED (4 BMWi) wurde gestartet.

Wissens- und Technologietransfer

Topic 3:

An der bioliq-Pilotanlage des KIT wurde in einer Verbundkampagne ca. 800 L Kraftstoff erzeugt. Das Hauptprodukt der Aufarbeitung wurde im Rahmen des reFuels-Projektes zu normgerechten 30% Benzinblends aufgearbeitet und von Projektpartner in Testmotoren und Fahrzeugen und Real Emission Driving Bedingungen untersucht. Die Emissionen liegen in der Norm, wobei die Partikelemissionen bereits der EURO6d genügen.

Topic 4:

Mit der gemeinsamen internationalen Fachzeitschrift „Geothermal Energy – Science - Technology - Society“ wurde eine wissenschaftliche Plattform für den Wissenstransfer etabliert.

Im Projekt Gecko des KIT findet ein Dialog zwischen Expert/innen und Bürger/innen und weiteren Stakeholdern zur Wärmespeicherung statt. Wissenschaftliche Entscheidungsgrundlagen werden transparent zur Verfügung gestellt und Bürger/innen werden in den Gestaltungsprozess miteinbezogen.

Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Topic 3:

Die Forschung im Topic Bioenergie im KIT wird mit dem Übergang zu POF IV in das Programm „Materials and Technologies for the Energy Transition“ Topic „Ressource and Energy Efficiency“ überführt. In dem neugebildeten Topic werden sie die Arbeiten zum „anthropogenen Kohlenstoff-Kreislauf“ stärken. Die Weiterführung der UFZ-Arbeiten erfolgt in POF IV im Topic 7 „Sustainable Bioeconomy“ des Programms „Changing Earth - Sustaining our Future“ im Forschungsbereich „Erde und Umwelt“. Zur Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen den beiden Forschungsbereichen wird die Cross-Cutting Activity „Bioeconomy meets Energy“ eingerichtet, die eine Brücke zwischen den Forschungsbereichen darstellen soll. In diesem Rahmen wird die fruchtbare Zusammenarbeit zwischen UFZ und dem KIT zur Syngas-Fermentation programmübergreifend fortgesetzt.

Für das KIT betrifft der Übergang zu POF IV im Rahmen des Forschungsbereiches Energie insbesondere die Verknüpfung mit den weiteren Subtopics zur thermischen Hochtemperaturspeicherung über Querschnittsthemen wie Materialforschung, Akzeptanzforschung, Numerik und Energiesystemmanagement. Im Vordergrund stehen des Weiteren die Vorbereitung der für POFIV zentralen Großinfrastrukturen und begleitende Drittmittelinwerbung mit nationalen und internationalen Partnern.

Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Da die Empfehlungen mit Ende der dritten Programmperiode bereits umgesetzt wurden bzw. dauerhaft in der Umsetzung sind, sind diese im letzten Übergangsjahr zur PoF IV nicht mehr aufgeführt

A.2.1.6.3 Künftige Programmentwicklung

s. Kapitel A.2.1.3.2, Abschnitt „Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen“

A.2.1.6.4 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2020 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2020. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2020.

A.2.1.7 Programmanteil Storage and Cross-linked Infrastructures (SCI)

A.2.1.7.1 Das Programm im Überblick

Das Programm „Storage and Cross-linked Infrastructures“ (SCI) wurde in der POF-III-Periode als direkte Konsequenz aus der Energiewende im Helmholtz Forschungsbereich Energie neu aufgebaut. Da erneuerbare Energien systembedingten Fluktuationen unterliegen, sind die Entwicklung von Speichersystemen sowie der Aufbau und die Vernetzung von Infrastrukturen zur Energieübertragung, -verteilung und -umwandlung entscheidend für das Gelingen der Energiewende. In SCI wurden Forschungsthemen gebündelt, die teilweise bereits in POF II in den Programmen EE, REUN, NUKLEAR und STN bearbeitet wurden und teils neu in das Forschungsportfolio aufgenommen wurden, wie z.B. „Systemintegration und Netze“.

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

Seit dem Start des Programms SCI im Jahr 2015 wurde insbesondere das Gebiet „Ganzheitliche Betrachtung und der Systemintegration zukünftiger Energiesysteme“ wissenschaftlich vertiefend erforscht. Die SCI Themen betreffen Technologien, die zeitnahe Anwendung, ökologische Herstellung, hohe Effizienz sowie zuverlässige Systemintegration erlauben. Um diese Ziele zu erreichen, werden verschiedene Technologien mit unterschiedlichen technischen Reifegraden, klein- und großskalige Lösungen, elektrochemische, chemische und thermische Energieträger erforscht. Das Jahr 2020 stand ganz im Zeichen des Überganges auf die PoF IV.

Die folgende Abbildung zeigt die Aufstellung von SCI mit sechs Hauptthemen, die die Energiekette vom Hersteller bis zum Verbraucher abbilden. Die wissenschaftlichen Aktivitäten erstrecken sich von der Grundlagenforschung von Speicher- und supraleitenden Materialien, bis hin zu Anwendungen von individuell angepassten Werkstoffen und zur Entwicklung von Prozesstechnologien, sowie zum Aufbau verschiedener Speichersysteme und deren Integration ins Netz. Entsprechend ist SCI aufgestellt:

Programmstruktur

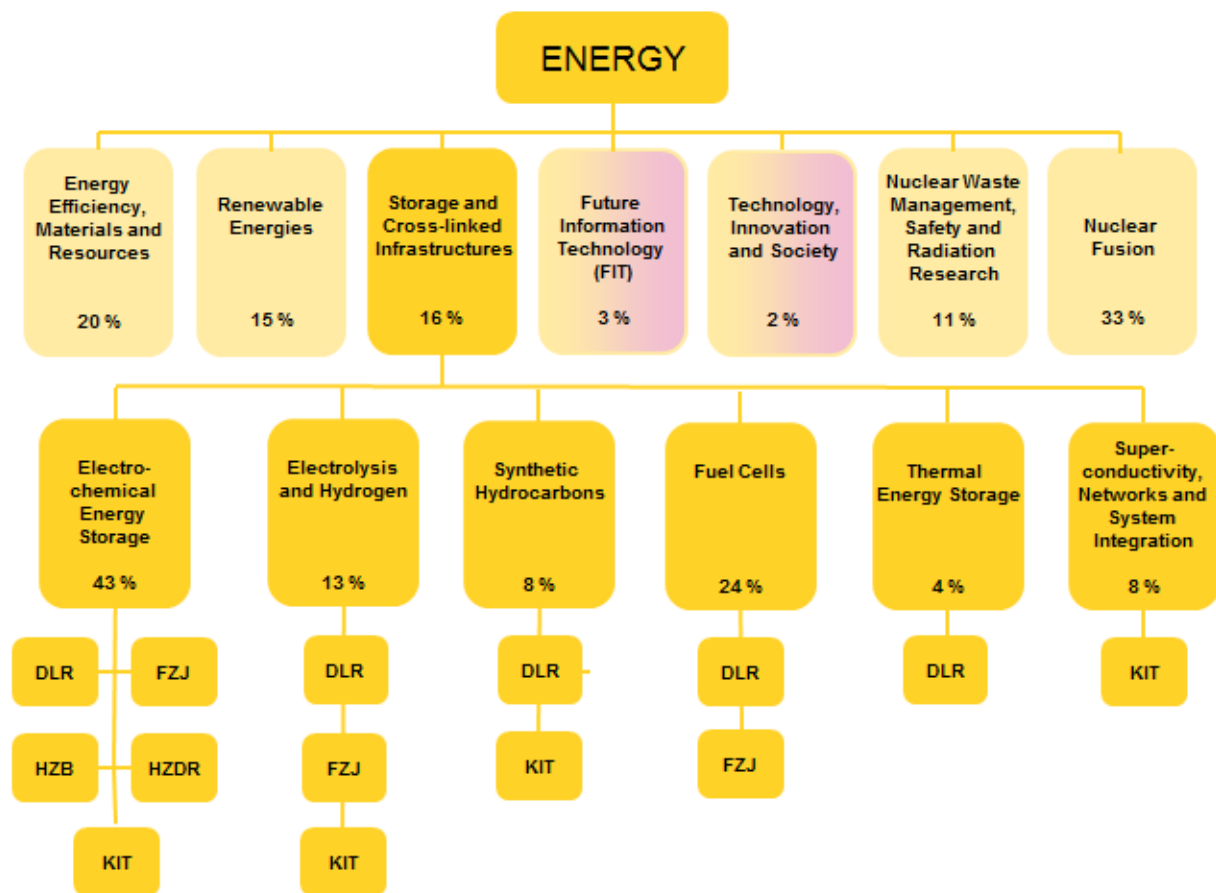


Abbildung 7: Programmstruktur SCI

Das KIT trägt zu folgenden Programmenthemen bei:

Programmenthema 1: „Electrochemical Energy Storage“

Zur Erforschung und Entwicklung von elektrochemischen Energiespeichern bildet dieses Topic die vollständige Wertschöpfungskette vom Basismaterial bis zum kompletten Batteriesystem ab. Dies umfasst Modellierung, Material- und Zellcharakterisierung sowie *in operando*-Methoden, Elektrodenbeschichtung und Zellfertigung, Batterie- und Thermomanagement sowie Systemintegration. Die vertiefende Materialforschung schafft die Grundlagen für kosteneffiziente großformatige Batteriezellen mit größerer spezifischer Energie- und Leistungsdichte sowie verbesserter Zuverlässigkeit und Sicherheit.

Programmenthema 2: „Electrolysis and Hydrogen“

Wasserelektrolyse und Systemlösungen mit H₂ sind Schlüsseltechnologien zur flexiblen, großtechnischen Erschließung erneuerbarer Energien (wie bspw. zur Verwendung im Verkehr). Wesentliche Herausforderungen bei der H₂-Erzeugung durch Elektrolyse sind die Reduzierung der Kosten und die Erhöhung des Reifegrads. Daneben liefern System- und Risikoanalysen neue, flexible Konzepte für innovative, zuverlässige H₂-Lösungen.

Programmenthema 3: „Synthetic Hydrocarbons“

Es werden neuartige katalytische Technologien zur Umwandlung von erneuerbarem Wasserstoff und Kohlendioxid in synthetische emissionsarme flüssige kohlenwasserstoffbasierte Brennstoffe erforscht. Verschiedene Prozesswege und Kraftstoffe werden betrachtet. Bei-

spiele sind Benzin aus Dimethylether, Kerosin über Fischer-Tropsch-Synthese mit integriertem Hydrocracking, die Direktsynthese von höheren Alkoholen und die Herstellung von Polyoxymethylen-dimethylethern (OMEs) aus Methanol und Formaldehyd. Im Fokus stehen neuartige Prozesslayouts, Reaktoren zur Prozessintensivierung und neue Katalysatormaterialien vor dem Hintergrund dezentraler Anwendungen und einer dynamischen Betriebsweise.

Programmthema 6: „Superconductivity, Network and Systems Integration“

Um wirtschaftliche, effiziente und leistungsfähigere neue Netze zu realisieren, wird unter anderem an Stromversorgungssystemen auf der Basis von Hochtemperatur-Supraleitern sowie an der prozesstechnischen Einzelauslegung von zukünftigen H₂-Leitungssystemen geforscht. Die bevorstehenden beträchtlichen Veränderungen, beispielsweise im Stromnetz, erfordern neue, verteilte und autonome Netzwerkstrukturen ebenso wie eine effiziente Integration von heterogenen Energiespeichersystemen.

A.2.1.7.2 Programmsergebnisse

Das Programm SCI hat sich seit dem Start dynamisch entwickelt und stets relevante Forschungsthemen wie z.B. die Systemintegration zukünftiger Energiesysteme und Sektorkopplung über Power-to-X-Technologien aufgenommen. Somit leistet SCI einen zentralen Beitrag zur Neuaufrichtung des Forschungsbereichs Energie für POFIV und der damit verbundenen Fortführung der Arbeiten in den Programmen Energiesystemdesign (ESD) und Materialien und Technologien für die Energiewende (MTET). Diese Entwicklung und die starke Interdisziplinarität wurde mit dem hervorragenden, „exzellenten“ Abschneiden der SCI-Wissenschaftler/innen bei der HELMHOLTZ Strategic Evaluation 2019 honoriert. Die ausgewählten Highlights spiegeln die Vielfältigkeit und Vernetzung der Themen wieder:

Wissenschaftliche Ergebnisse

Highlight 1: Topic 1 - Neuer Festelektrolyt mit einzigartigen Eigenschaften (FZJ, KIT)

Bei der Nutzung von Li₇La₃Zr₂O₁₂ (LLZO) konnten wesentliche Herausforderung auf dem Weg zur Markteinführung von Li-Festelektrolyt-Batterien überwunden werden. Das neuartige Konzept einer sicheren ionischen Flüssigkeit (IL) als Zwischenschicht zwischen dem Granat LLZO-Festelektrolyt und dem Li-Metall ermöglicht die reversible Abscheidung/Auflösung von Lithium, ohne dass die Bildung dendritischer Strukturen Kurzschlüsse verursacht [1]. Die Entwicklung eines wasserbasierten Foliengießprozesses bietet die Möglichkeit zur nachhaltigen, kostengünstigen und großtechnisch umsetzbaren Produktion von 150 µm dicken LLZ Festelektrolytschichten mit einer Ionenleitfähigkeit von 0,15 mS/cm bei Raumtemperatur [2].

[1] S. A. Pervez, G. Kim, B. P. Vinayan, M. A. Cambaz, M. Kuenzel, M. Hekmatfar, M. Fichtner and S. Passerini, *Small*, 2020, 16, 2000279.

[2] R. Ye, C.-L. Tsai, M. Ihrig, S. Sevinc, M. Rosen, E. Dashjav, Y.J. Sohn, F. Figgemeier, M. Finsterbusch, *Green chemistry*, 2020, 22(15), 4952.

Highlight 2: Topic 2 - Wasserstofferzeugung mit Solarenergie (FZJ)

Im Rahmen einer Jülicher Forschungsk Kooperation zwischen den HGF-Programmen EE und SCI wurde ein ohne DC/DC-Wandler direkt gekoppeltes 10 m² PV-PEM-Elektrolysesystem auf einem Flachdach aufgebaut und betrieben. Die Elektrolyseure werden ausschließlich über ein Rohr kathodisch mit Wasser versorgt. Die offene Anode vermeidet die Bildung explosiver Gasgemische. Demgegenüber erlaubt die Kathodenseite einen Überdruck von 10 bar. Bei einem kumulierten, auf die Solarstrahlung bezogenen Wirkungsgrad der H₂-

Erzeugung von etwas über 10 % wurden in etwa 12 Monaten mehr als 245.000 Liter Wasserstoff erzeugt.

Müller, M., Zwaygardt, W., Rauls, E., Hehemann, M., Haas, S., Stolt, L., Janssen, H., Carmo, M.: *Energies*, 12 (2019) 21, 4150, <https://doi.org/10.3390/en12214150>.

Privitera, S.M.S., Müller, M., Zwaygardt, W., Carmo, M., Milazzo, R.G., Zani, P., Leonardi, M., Maita, F., Canino, A., Foti, M., Bizzarri, F., Gerdali, C., Lombardo, S.A.: *Journal of Power Sources*, 473 (2020) 1-7, 228619, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2020.228619>.

Highlight 3: Topic 3: Operando Langzeitstudie zur Fischer-Tropsch Katalyse im Synchrotron (KIT)

Die Maßnahmen zum Aufbau der RAPCat Beamline zahlen sich aus. Die Lücke zwischen Synchrotronstudien und Betrieb von Katalysatoren unter industriellen Bedingungen konnte erstmals geschlossen werden. So wurde der Fokus in einer veröffentlichten Studie [1] auf die Entschlüsselung von Struktur-Aktivitätsbeziehungen während der Fischer-Tropsch-Synthese von synthetischen Kraftstoffen unter industrienahen Reaktionsbedingungen gelegt. Hierfür eignet sich besonders die Anwendung von hochenergetischen Röntgenmethoden in dafür spezifisch entwickelten Reaktoren. Die Anforderungen an diese Reaktoren bedingen meist Kompromisse hinsichtlich Druck, Katalysatormenge und/oder gemessener time-on-stream (TOS). Ein avancierter Aufbau zur Untersuchung von Struktur-Aktivitätsbeziehungen mittels hochenergetischer Röntgenmethoden unter industriell relevanten FTS Bedingungen von bis zu 30 bar und 450 °C wurde entwickelt. Mit Hilfe dieses Aufbaus konnten wir erstmals einen kommerziellen Co-Ni-Re/ γ -Al₂O₃-Katalysator mittels kombinierter Röntgenabsorptionsspektroskopie und Röntgenbeugung für >300 h TOS operando bei 30 bar und 250 °C während der Fischer-Tropsch-Reaktion untersuchen. Das Setup ermöglichte hierbei die Verwendung von ausreichenden Mengen an Katalysator, realistischen Raumgeschwindigkeiten und Druck, wodurch in unserer Studie ausreichende und analysierbare Mengen an flüssigen Produkten direkt an einer Synchrotronstrahlungseinrichtung produziert wurden – synthetische Kraftstoffe wirklich an einem Großforschungs-Instrument. Hierdurch konnten neue Einblicke in die verschiedenen kinetischen Regimes und strukturellen Veränderungen eines FTS-Katalysators unter industriell relevanten Reaktionsbedingungen gewonnen werden, z.B. die hohe Stabilität dank der Promotoren und die Relevanz der entstehenden flüssigen Phase.

[1] M. Loewert, M.-A. Serrer, T. Carambia, M. Stehle, A. Zimina, K. F. Kalz, H. Lichtenberg, E. Saraci, P. Pfeifer, J.-D. Grunwaldt, *React. Chem. Eng.* 2020, 5, 1071-1082.

Highlight 5: Topic 6 – Frequenzdatenanalyse mit Electrical Data Recorder, Weltweite Messkampagne und Auswertung – System (KIT), Archivierung und Auswertung (FZJ)

In einer weltumspannenden Messkampagne wurde der am KIT entwickelte Electrical Data Recorder (E.DR) eingesetzt. Dazu wurde das E.DR-System deutlich vereinfacht (KIT). Das adaptierte Gerät lässt sich nun problemlos im Reisegepäck mitnehmen. Im Rahmen einer Co-Operation mit FZJ wurde - mit Beteiligung zahlreicher Universitäten - eine weltweite Messkampagne zur Messung und Auswertung der Frequenzspektren von Stromnetzen im laufenden Netzbetrieb durchgeführt. Dazu wurden E.DR-Systeme im Rahmen von Dienst- und Urlaubsreisen der Teilnehmenden in zahlreichen Ländern an das lokale Stromnetz angeschlossen und jeweils mehrwöchige Zeitreihen der Netzspannung aufgenommen. Die Daten wurden bei KIT und FZJ archiviert und analysiert. Die Messreihen, die Analyse-Software, das Geräte-Design und die Ergebnisse wurden als Open-Database in *Nature Communications* publiziert [1].

[1] Rydin Gorjão, L.; Jumar, R.; Maass, H.; Hagenmeyer, V.; Yalcin, G. C.; Johannes Kruse, J.; Timme, M.; Beck, C.; Witthaut, D.; Schäfer, B. 2020. Nature Communications, 11, Artikel-Nr.: 6362. doi:10.1038/s41467-020-19732-7.

Programmthema 1: „Electrochemical Energy Storage“

Subtopic 1: Grundlagen und Materialien

Die Etablierung nachhaltiger Batteriematerialien wurde durch die Entwicklung von kobalt-freien Hochenergie-Kathodenmaterialien, wie eisendotiertem, lithium-reichem Schichtoxid (Fe-LRNM) oder durch ein morphologisch präzise kontrolliertes Lithium-Nickel-Mangan-Spinelloxid (LNMO) vorangetrieben. Mit neu entwickelten quervernetzten Bindersystemen in Kombination mit weiteren Biopolymeren ist es zudem gelungen vollständig wässrig prozessierte Lithium-Ionen-Batterien mit hoher Energiedichte und –effizienz herzustellen. [1]

Lithium-Schwefel Batterien wurden mittels Röntgenkontrastradiographie am BESSY II analysiert, um die Abscheidungs- und Auflösungskinetik von makroskopischen Schwefelkristallen genauer zu erfassen. [2] Der Einfluss der makroskopischen Elektrodenstruktur auf die Lade- und Entladeperformance wurde ebenfalls mit *in operando* Röntgenbildgebung untersucht. [3]

Im Rahmen der Erforschung neuer Batterietypen auf Basis mehrwertiger Kationen ist es erstmals gelungen, mehr als ein Elektron pro Transfer-Ion wie Mg^{2+} oder Ca^{2+} auf das Kathodenmaterial zu übertragen. Dies wurde anhand des neuen Systems VS_4 (Patronit) demonstriert, bei dem sowohl Beiträge des Metalls (V) als auch der Chalkogenide (S) zur Ladungsspeicherung von insgesamt ca. 1,4 Elektronen pro Formeleinheit beitragen. [4] Die spezifische Energiedichte kann potenziell > 350 Wh/kg in einer Mg Batteriezelle und > 500 Wh/kg in einer Ca Batteriezelle betragen.

Für die Nutzung von $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ (LLZ) in Li-Festelektrolyt-Batterien wurde das neuartige Konzept einer sicheren ionischen Flüssigkeit als Zwischenschicht zwischen dem Granat LLZ-Festelektrolyt und dem Lithium-Metall entwickelt, das die reversible Abscheidung/Auflösung von Lithium ermöglicht, ohne dass die Bildung dendritischer Strukturen Kurzschlüsse verursacht. [5] Im keramischen NASICON-System $Li_{1+x}Al_xGe_{2-x}(PO_4)_3$ ($x = 0.3, 0.5, 0.7$) konnten zum ersten Mal Temperaturleitfähigkeit, Wärmeleitfähigkeit und die spezifische Wärme als Funktion der Temperatur bestimmt werden. [6] Um mechanisches Versagen und assoziierte Rissbildung von Festkörperelektrolyten besser beurteilen zu können, wurden die Einflüsse verschiedener Grenz- und Oberflächen als Ursache für mechanische Relaxationen betrachtet, sowie mechanische Parameter erfasst und mittels statistischer Analyse ausgewertet. [7]

[1] M. Kuenzel, H. Choi, F. Wu, A. Kazzazi, P. Axmann, M. Wohlfahrt-Mehrens, D. Bresser and S. Passerini, ChemSusChem, 2020, 13, 2650–2660.

[2] S. Risse, A. Juhl, S. Mascotto, T. Arlt, H. Markötter, A. Hilger, I. Manke, and M. Fröba, J. Phys. Chem. Lett. 2020, 11, 5674–5679, DOI: 10.1021/acs.jpclett.0c01284

[3] C.J. Jafta, A. Hilger, X.-G. Sun, L. Geng, M. Li, S. Risse, I. Belharouak, and I. Manke, ACS Applied Energy Materials 2020 3 (7), 6965–6976, DOI: 10.1021/acsaem.0c01027

[4] Z. Li, B. P. Vinayan, P. Jankowski, C. Njel, A. Roy, T. Vegge, J. Maibach, J.M. García Lastra, M. Fichtner, Z. Zhao-Karger, Angew. Chemie Int. Ed. 59, 2020, 2–10

[5] S. A. Pervez, G. Kim, B. P. Vinayan, M. A. Cambaz, M. Kuenzel, M. Hekmatfar, M. Fichtner and S. Passerini, Small, 2020, 16, 2000279.

[6] M. Rohde, Y. Cui, C. Ziebert, H.J. Seifert: Thermophysical properties of Lithium Aluminium Germanium Phosphate with different compositions, Int. J. Thermophysics 41 (3) (2020) 31

[7] Nonemacher, J.F., Arinicheva, Y., Yan, G., Finsterbusch, M., Krüger, M., Malzbender, J. Fracture toughness of single grains and polycrystalline $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ electrolyte material based on a pillar splitting method (2020) Journal of the European Ceramic Society, 40 (8), pp. 3057–3064. DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2020.03.02

Subtopic 2: Komponenten und Zellen

Mit Hilfe eines hochempfindlichen 3D-Calvet-Kalorimeters wurde erstmalig die Wärmeerzeugung von Zellen mit NMC622-Kathodenmaterial detailliert untersucht und so der Nachweis erbracht, dass direkte Messungen der Wärmeflüsse deutlich genauere Ergebnisse für die reversiblen und irreversiblen Wärmeanteile liefern als potentiometrische und GITT oder EIS.

[1] Die laserinduzierte Plasmaspektroskopie konnte zur Bestimmung von 3D-Lithium-Konzentrationsprofilen in Elektroden und zur Untersuchung von Degradationsprozessen eingesetzt werden.

Die Gasinfiltration von mikroporösem Kohlenstoff und die Nutzung des filmbildenden Elektrolyten wurden als wirksame Strategien zur Verbesserung der Kapazität und der Zyklierbarkeit von Lithium-Schwefel-Zellen identifiziert, wobei ersteres die höhere Kapazität sicherstellt, während letzteres für die stabile Zyklierbarkeit entscheidend ist. [2] Außerdem wurden erweiterte Modelle auf der Kontinuum-Skala entwickelt, welche die Löslichkeit und den Transport der Polysulfide im Elektrolyten und parasitäre Nebenreaktionen an der Li-Metall Anode berücksichtigen. [3] Weiterhin wurde die Selbstentladung von Li-S Batterien untersucht und die Beschreibung auf Magnesium-Schwefel Batterien erweitert.

Die Entwicklung eines wasserbasierten Foliengießprozesses bietet die Möglichkeit zur nachhaltigen, kostengünstigen und großtechnisch umsetzbaren Produktion von 150 µm dicken LLZ Festelektrolytschichten mit einer Ionenleitfähigkeit von 0,15 mS/cm bei Raumtemperatur. [4] Festkörperbatterien mit Natriummetallanode und $\text{Na}_{3.4}\text{Zr}_2(\text{SiO}_4)_{2.4}(\text{PO}_4)_{0.6}$ (NASICON)-Festelektrolyt konnten stabil mit einer Flächenkapazität von 5 mAh/cm² bei 1.0 mA/cm² und 25°C für 300 h betrieben werden, ohne dass Dendritenbildung auftrat. [5]

Ein Multiskalenmodell, das DFT, Thermodynamik und FEM-Techniken kombiniert, wurde verwendet, um die Eigenschaften von Kathoden für Lithium-Ionen-Batterien zu simulieren und zu zeigen, dass Dotierungen die Oberflächenenergie und damit die Morphologie der Kathodenpartikel einstellen kann. [6]

Ausgeprägte stabile solutale Dichteschichtungen, wie sie beim Entladen von Flüssigmetallzellen auftreten können, lassen sich durch dralldominierte Strömungen im Kathodenraum weitgehend abbauen. Das führt zu einer beträchtlichen Verminderung der Diffusionsüberspannung. [7]

[1] W. Zhao, M. Rohde, I. U. Mohsin, C. Ziebert, H. J. Seifert, Heat Generation in NMC622 Coin Cells during Electrochemical Cycling: Separation of Reversible and Irreversible Heat Effects, *Batteries* 6 (2020), 55; DOI: 10.3390/batteries6040055.

[2] M. Nojabaei, B. Sievert, M. Schwan, J. Schettler, F. Warth, H. Schneider, N. Wagner, B. Milow, K.A. Friedrich, Ultra-microporous Carbon Aerogel Encapsulating Sulfur as Cathode for Lithium-Sulfur Batteries, *J. Mat. Chem. A*, 2021 (in press)

[3] R. Richter, J. Häcker, Z. Zhao-Karger, T. Danner, N. Wagner, M. Fichtner, K.A. Friedrich, A. Latz, *ACS Appl. Energy Mater.* 3, 8457–8474 (2020) DOI: 10.1021/acsaem.0c01114.

[4] R. Ye, C.-L. Tsai, M. Ihrig, S. Sevinc, M. Rosen, E. Dashjav, Y.J. Sohn, F. Figgemeier, M. Finsterbusch, *Green chemistry*, 2020, 22(15), 4952.

[5] Tsai, C.-L.; Lan, T.; Dellen, C.; Ling, Y.; Ma, Q.; Fattakhova-Rohlfing, D.; Guillon, O.; Tietz, F., Dendrite-tolerant all-solid-state sodium batteries and an important mechanism of metal self-diffusion. *Journal of power sources* 476, 228666 (2020).

[6] U-H Kim, G-T Park, B-K Son, G. W. Nam, J Liu, L-Y. Kuo, P. Kaghazchi, C. S. Yoon*, and Y-K Sun*, Heuristic solution for achieving long-term cycle stability for Ni-rich layered cathodes at full depth of discharge”, *Nature Energy* 5, 2020, 860.

[7] N. Weber, M. Nitz, P. Personnettaz, T. Weier, D. Sadoway, Numerical simulation of mass transfer enhancement in liquid metal batteries by means of electro-vortex flow, *Journal of Power Sources Advances* 1(2020), 100004, DOI: 10.1016/j.powera.2020.100004.

Subtopic 3: Batterien in Anwendungen

Auf dem Gebiet Batteriegroßspeicher wurden die Effizienzen der beiden im ELab 2.0 integrierten Systeme (Lithium-Ionen-Batterie und Redox-Flow-Batterie) untersucht und gegen-

übergestellt, um eine Betriebsstrategie für einen hybriden Betrieb zu erarbeiten. [1] Ein re-konfigurierbares, flexibles Batteriesystem mit Batteriemanagement und Leistungselektronik wurde für die Nutzung von „Second-Live“ Batteriemodulen mit unterschiedlicher Zellchemie entworfen und als stationärer Speicher für das Peak-Shaving von industriellen Verbrauchern eingesetzt. [2] Hierfür wurden ein innovativer Zustandsschätzer mit Batteriemodellanpassung im laufenden Betrieb entwickelt und fortschrittliche Temperierungskonzepte untersucht. Zur Beurteilung eines möglichen Nutzens von hybriden Batteriesystemen aus verschiedenen Zellformaten sowie Hochenergie- und Hochleistungszellen konnten Simulationsmodelle entwickelt werden, die zeigen, dass sich die volumetrische Energiedichte im Vergleich zu kommerziellen Systemen verbessern lässt, das Betriebsverhalten aber sehr stark von der Verschaltungs-Topologie als auch der Zeitdauer abhängig ist, in welcher die Leistungsanforderungen bedient werden soll.

Des Weiteren wurde auf dem Gebiet der Off-grid Hybrid Renewable Electricity Systemen (OHRES) ein Modell zur Auslegung und techno-ökonomischen Bewertung von OHRES-Systemen unter verschiedenen geographischen Rahmenbedingungen entwickelt, basierend auf einem im Jahr 2019 in Kanada installierten Prototypen sowie der Auslegung für einen weiteren Prototypen in Uganda. [3] Außerdem wurde ein Tool zur Auslegung eines Inselnetzes mit einer Kombination aus PV-Anlagen und Wasserkraftwerken entwickelt, um mit Hilfe von Demand Side Management und einer optimalen Auslegung eines ergänzenden Puffer-Batteriespeichers zur Stabilisierung die Nutzungskosten von Off-Grid Stromnetzen in Ländern des Globalen Südens zu minimieren.

Vorhandene Zelltestinfrastrukturen konnten für die Durchführung von sicherheitskritischen Zelltests erweitert werden. Parallel dazu werden Testverfahren entwickelt, um zellinterne Fehler beschleunigt, reproduzierbar und vergleichbar für verschiedene Zellchemien und Zellarten in ihrer Einbausituation auszulösen.

[1] T. Grün, M. Mast, B. Schwarz, Nachrichten aus der Chemie, online (2020), DOI: 10.1002/nadc.20204096387

[2] S. Bischof, Rekonfigurierbare Lithium-Ionen-Batterien für den Betrieb von industriellen Produktionsstätten, Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2020, DOI: 10.5445/IR/1000127273.

[3] M. Elkadragy, M.Alici, A. Alersy, A. Opal, J. Nathwani, J. Knebel, M. Hiller, Journal of Energy Storage, online (2020), DOI: 10.1016/j.est.2020.101965.

Programmthema 2: „Electrolysis and Hydrogen“

Subtopic 2: Hochtemperatur Elektrolyse

M 3.2-12 (KIT, DLR, 2018): Das Erreichen des bei der Umsetzung von „e-XPlore“ noch offenen Meilensteins wurde durch einen alternativen Umsetzungsplan weiter vorangetrieben. Dazu erfolgte 2020 die Anlagenauslegung. Anfang 2021 erfolgte beim DLR das „Kick-Off-Meeting“ für die experimentelle Umsetzung dieser Großinvestitionsmaßnahme, was nun den zügigen Aufbau ermöglicht.

Subtopic 3: Systemlösungen mit Wasserstoff

In Berichtszeitraum 2019 war für dieses Subtopic kein weiterer Meilenstein vorgesehen. Aus dem Vorjahr noch offen war M 3.2-24 (KIT, 2018), bei dem durch einen im Vergleich zur Planung erhöhten Ressourcenbedarf die Finalisierung des Aktivitätsschwerpunkts zum unfallbedingten Verhalten von LH2 noch einmal um ein Jahr auf 2020 verschoben werden musste. In Berichtszeitraum 2020 war für dieses Subtopic kein weiterer Meilenstein vorgesehen. Aus den Vorjahren noch offen war M 3.2-24 (KIT, 2018) „Risk assessment template for coupled hydrogen and super-conducting systems“. Hierzu muss festgestellt werden, dass das KIT noch auf Ergebnisse aus wegen COVID-19 verspäteter Experimente und deren Interpretation wartet. Darüber hinaus werden Teilaspekte aus Kostengründen für LH2 erst im Leitprojekt AppLHy! behandelt. So plant das KIT auf der Basis von Erkenntnissen aus weiteren Experi-

menten, z.B. Zünd-Experimenten in Gegenwart von magnetischen Hintergrundfeldern, eine prototypische FMEA Vorlage für solche Systeme erst Ende 2022 liefern zu können.

Programmthema 3: „Synthetic Hydrocarbons“

Subtopic 1: Katalyse und Mechanismenaufklärung

Die direkte elektrochemische Aktivierung von CO_2 und H_2O ist ein neuer, möglicherweise attraktiverer Weg, um erneuerbare Energie zu nutzen und in nützlichen chemischen Verbindungen wie Kraftstoffen zu speichern. Um diesen Weg experimentell zu untersuchen, wurde die elektrochemische Produktion von Synthesegas mit der Fischer-Tropsch-Synthese in einem neuen Reaktorsystem integriert, welches bei hohen Drücken (100 bar) und Temperaturen (200°C) betrieben werden kann.

Mit kinetischen Studien zur Katalyse an eisenbasierten Katalysatoren für die Fischer-Tropsch Synthese (FTS) mit einem Feed aus Kohlendioxid und Wasserstoff wurde begonnen. Eisen besitzt neben der Funktion der Synthese auch Shift-Vermögen, so dass CO_2 zu CO umgewandelt und mit H_2 zu Kohlenwasserstoffen umgesetzt werden kann. An dotierten und geträgerten Eisenkatalysatoren wurden gute Standzeiten unter reinen CO_2/H_2 -Bedingungen erreicht und die Produktzusammensetzung entspricht der einer klassischen Fischer-Tropsch-Synthese. Es stehen kinetische Daten für die Auslegung eines Kreislaufreaktorsystems bereit, welche im ST 2 zur Anwendung kommen werden.

Für die einstufige DME-Synthese aus CO_2/H_2 -Gasmischungen über Methanol als Zwischenprodukt wurden am IMVT mittels Flammensprühpyrolyse (FSP) Kupfer-Zink-basierte Methanol-Katalysatorsysteme (CZZ und CZC) in unterschiedlichen Zusammensetzungen ($\text{Cu}:\text{Zn}:\text{X} = 6:3:0/1/2/3$, $\text{X} = \text{Zr}$ oder Ce) hergestellt und charakterisiert. Die Analysen zeigten eine homogene und feindisperse Verteilung der Elemente und den dafür positiven Effekt von Ce . Die CZZ- und CZC-Katalysatoren wurden mit ZSM-5 als hybride Schicht in die Kanäle mikrostrukturierter Folien eingebracht, wobei der Vergleich unterschiedlicher Katalysatorkonfigurationen und Geometrien im Fokus stand. [1] $\text{Cu}/\text{ZnO}/\text{ZrO}_2$ -Katalysatoren für die einstufige DME-Synthese aus CO_2 -reichen Feeds wurden durch kontinuierliche Fällung in einem Mikromischer hergestellt. Dies ist bis in den 500 g Maßstab skalierbar. [2] Im Rahmen von zwei Gastwissenschaftler/innen-Aufenthalten wurde ein hochselektiver Cu/SiO_2 -Katalysator mittels FSP hergestellt, während im Rahmen des DFG-SPP 2080 mit *Operando* XAS- und MES-Messungen zur dynamischen Sauerstoffgenerierung (OER) an Ir/Ru -Katalysatoren begonnen wurde.

Die Synthese aromatenarmer Benzine aus DME über edelmetalldotierte Zeolith-Katalysatoren mündeten in ein Patent. Arbeiten zur Herstellung von Oxymethylenethern (OME) aus DME führten zu neuen Katalysatoren für die Reaktion von DME mit Formaldehydquellen. Die Aktivitäten sind eng mit dem vom BMBF geförderten NAMOSYN-Projekt (www.namosyn.de) verflochten.

Für die Methanolsynthese an Cu/ZnO -Katalysatoren wurde ein DFT-basiertes mikrokinetisches Modell mit hoher Genauigkeit erstellt. [3] Die DME-Synthese aus Methanol sowie deren Umsetzung zu Olefinen an sauren Zeolithen wurden mittels quantenchemischer Methoden untersucht. [4] Die Genauigkeit der DFT-basierten Rechnungen und deren Vorhersagekraft für ein Katalysatordesign wurde mittels hochgenauer Rechnungen quantifiziert. [5] Rechnungen zu Einzelatom-Katalysatoren fanden in Kollaboration mit Prof. Dr. Julia Pérez-Prieto, U. Valencia statt. [6] Für die makrokinetische Modellierung der CO_2 -Methanisierung wurde auf Basis von röntgen-tomographischen Messungen an hierarchischen $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ -Katalysatoren gezeigt, dass deren hierarchisches Porensystem einen besseren Stofftrans-

port hat [7] und dass Ni-Fe Katalysatoren FeO_x-Cluster ausbilden, welche direkt in die CO₂ Aktivierung involviert sind. [8]

An der Synchrotron-Messlinie CAT-ACT konnten Struktur-Aktivitätsbeziehungen eines Co-Katalysators während der FTS entschlüsselt werden. Ex-situ Studien wiesen Ablagerungen von Kohlenstoff-Spezies nach, die auf gehemmte Diffusion zu den aktiven Zentren zurückgeführt werden. Noch stabilere Katalysatoren wurden durch Einbindung von Co-Nanopartikeln in eine ZSM-5-Zeolith-Matrix erzeugt und erreichten über 1.200 h Betriebszeit. [9] Fe-basierte FTS-Katalysatoren wurden in einer Kooperation mit der DTU untersucht. Im Laserspektroskopielabor CATHLEN konnte erstmals mittels planarer laserinduzierter Fluoreszenz (PLIF) zweidimensional aufgelöst das dynamische Verhalten eines Speicherkatalysators beobachtet werden. [10] Ferner wurden komplexe mehrphasige reaktive Strömungen durch direkte numerische Simulation sichtbar gemacht. [11] Für den von den Projektpartnern BASF und Linde kommerzialisierten klimafreundlichen Prozess zur Trockenreformierung von Methan mittels CO₂ konnte ein Reaktionsmechanismus entwickelt werden, der zum Scale-Up beigetragen hat. [12]

- [1] G. Baracchini, et al. Catal. Today 342 (2020) 46; G. Baracchini, et al. Chem. Eng. J. 396 (2020) 125155.
- [2] S. Wild, et al., RSC Adv., 2021, 11, 2556.; S. Polierer, et al., Catalysts, 2020, 10, 816.
- [3] N. Delgado Otalvaro, et al., Chem. Ing. Tech., accepted.
- [4] M. Fecik, et al., ACS Catal. 2020, 10, 8916; A. A. Arvidsson, et al., J. Phys. Chem. C 2020, 124, 14658.
- [5] P. N. Plessow, F. Studt, J. Chem. Phys. Lett. 2020, 11, 4305.
- [6] a) B. B. Sarma, et al., J. Am. Chem. Soc. 2020, 142, 14890; b) J. Amsler, et al., J. Am. Chem. Soc. 2020, 142, 5087; c) B. B. Sarma, et al., Angew. Chem. Int. Ed. 2020, 59, 5806.
- [7] S. Weber, et al., Catalysts 2020, 10, 1471.
- [8] M.-A. Serrer, et al., Catal. Sci. Technol. 2020, 10, 7542.
- [9] A. Straß-Efert, et al., ChemCatChem 2020, 3, 718.
- [10] S. Wan, et al., ChemPhysChem 2020, 21, 2497-2501.
- [11] a) M. Woo, et al., Chem. Eng. Proc.: Process Intensification 2020, 149, 107835. b) M. Woo, et al., Chem. Eng. Sci. 2021, 230, 116132.
- [12] A. Giehr, et al., Ind. Eng. Chem. Res. 2020, 59, 42, 18790.

Subtopic 2: Komponenten und Prozessentwicklung

Um dezentrale PtL-Anlagen weiterzuentwickeln und kompakte Prozessketten zu ermöglichen, wurden verschiedene Konzepte zur Integration der Fischer-Tropsch-Synthese und der Aufarbeitung durch Hydrocracken untersucht. Auf Grundlage der Ergebnisse, dass mit einem hybriden Katalysatorbett ein höherer Isomergehalt und ein höherer CO-Umsatzgrad erreicht wurde und durch Gas- und Wachsrecycling die Kohlenstoffausbeute erhöht werden kann, [1] wird nun ein praktikables Reaktordesign für eine hybride Katalysatoranordnung erarbeitet und experimentell untersucht. Um die Einflüsse einer unter realen Bedingungen fluktuierenden H₂-Versorgung aus der Elektrolyse auf die nachgelagerte Fischer-Tropsch-Synthese zu untersuchen, wurden dynamische Experimente im Technikumsmaßstab durchgeführt, basierend auf den Leistungsdaten einer exemplarischen 10 kW Photovoltaik-Anlage. Es zeigte sich, dass der Reaktor unter Zuhilfenahme eines zuvor abgeleiteten Umsatz-Temperatur-Modells auch bei Durchsatzänderungen und Änderungen der Feedzusammensetzung im Minutenbereich mit weitestgehend konstantem Umsatz betrieben werden kann. Auch ein Betrieb mit konstanter Temperatur bei variablem Durchsatz oder variabler Feedzusammensetzung ist durch dynamische Anpassung des Verdampfungsdrucks möglich und wirkt sich positiv auf die Selektivität zum unerwünschten Nebenprodukt Methan aus. [2]. Speziell für kinetische Untersuchungen der stark exothermen Methanisierungsreaktion wurde ein mikrostrukturierter Festbettreaktor mit kurzen Kontaktzeiten konzipiert und gebaut. Basierend auf experimentellen Labor-Ergebnissen wurde ein kinetisches Modell für die Reaktion am Ni₃Fe-Katalysatorsystem aufgestellt und validiert. [3] Es wurden Parameterstudien an der zweiten Generation eines prototypischen mikrostrukturierten Reaktors mit interner

Verdampfungskühlung durchgeführt, um den Erfolg der Designänderung im Hinblick auf einen stabilen Reaktorbetrieb nachzuweisen. Weiterhin konnte der auf 100 kW Methan-Output skalierte Pilotreaktor zur CO₂-Methanisierung in die PtG-Methanisierungsanlage des Energy Lab 2.0 integriert und in Betrieb genommen werden.

Die Arbeiten zum Bau der transportablen modularen Forschungsplattform e-XPlore für die Synthese von Kraftstoffen und Chemikalien auf Basis erneuerbarer Energien wurden weitergeführt. Der Container (PEC) wurde spezifiziert, geliefert und im zweiten Schritt mit einer Nachverbrennungsstufe, Wasseraufbereitung und Druckluftkompression ausgerüstet. Die drei verschiedenen Prozesslinien (Fischer-Tropsch-Synthese mit Aufbereitung bis zu blendbarem Kerosinsubstitut, OME-Synthese über den Zwischenschritt DME-Synthese sowie Plasma-Aktivierung von CO₂ zu CO) befinden sich in der Engineeringphase. Darüber hinaus wurde mit dem Engineering eines hybriden Methanolprozesses begonnen, der eine simultane energieeffiziente Abscheidung von CO₂ aus höher konzentrierten Quellen wie Biogas, Klärgas und Verbrennungsabgasen erlaubt. Hiermit kann die Lücke zu der benötigten Formaldehydspezies auf dem Weg vom DME zum OME geschlossen werden. Für diesen Prozess wurde eine Patentanmeldung eingereicht. Das DME-Teilmodul enthält einen innovativen Profilreaktor, der einen direkten Einblick in das Reaktionsgeschehen ermöglicht. Das OME-Teilmodul ist in der Planungsphase, wobei die neuesten Erkenntnisse aus Subtopic 1 einfließen werden.

[1] H. Kirsch, et al., Chem. Eng. Sci. 227 (2020) 115930; H. Kirsch, et al., Chem. Eng. J. 393 (2020) 124553.

[2] M. Loewert, P. Pfeifer, ChemEngineering 4 (2020) 21; M. Loewert, M. Riedinger, P. Pfeifer, ChemEngineering, 4 (2020) 27.

[3] S. Farsi, W. Olbrich, P. Pfeifer, R. Dittmeyer, Chem. Eng. J. 388 (2020) 124233.

Programmthema 6: „Superconductivity, Network and Systems Integration“

Subtopic 1: Netze und Systemintegration

Im Themenfeld Modellierung und Simulation von Stromnetzen wurden hoch-detaillierte Modelle aus allen Spannungsebenen des Verteil- und Übertragungsnetzes entwickelt und analysiert. Ein Teil dieser Netzmodelle wird im Kopernikus-Projekt ENSURE-2 (BMBF) im Teilprojekt „Gemeinsames Netzmodell“ einem breiten Feld von Projektpartnern aus Forschung und Industrie verfügbar gemacht. Alle Netzmodelle stehen auch im *Energy Lab 2.0* (EGSAL facility, Simulation-Lab) in verschiedenen Formaten zur Verfügung: eASiMOV (Matlab/Matpower), DIgSILENT/PowerFactory (PF), PSS/E.

Das Netzmodell des KIT Campus-Nord wurde außerdem als Transienten-dynamische Echtzeit-Simulation auf einem RTDS-Hardware-Cluster (RTDS, „Real-Time-Dynamic-Simulation“) entwickelt und ermöglicht EMT (Electro-Magnetic-Transients) und RMS (Root-Mean-Square) Studien des als Reallabor definierten Stromnetzes am Campus-Nord, sowie Studien zur Transformation der Energienetze zur CO₂-Neutralität [1]. Das RTDS-Cluster ist über einen VILLAS-Nodes Knoten mit anderen Echtzeit-Clustern (RTDS, Opal-RT, Speed-Goose) innerhalb oder außerhalb des Campus koppelbar und ermöglicht daher eine synchrone, parallele, geographisch verteilte Echtzeit-Simulationen von sehr komplexen Netzmodellen sowie die Ankopplung von „Digital-Twin“ und Power-Hardware-in-the-Loop (PHIL) Systemen. Das RTDS-Cluster ist über eine IEC-61850 Schnittstelle an den „Control-Room“ des Energy Lab 2.0 angebunden [2].

Im Rahmen der Arbeiten zur Sektorkopplung und der Co-Simulation wurde eine multiphysikalische Simulation des CN-Stromnetzes, kombiniert mit verschiedenen Anlagenmodellen (Elektrolyse, H₂-Speicher, usw.) des Energy Lab 2.0, entwickelt. Dazu wurden die Simulatoren eASiMOV (Matlab), RTDS, mit der Software Dymola gekoppelt (KIT, FZJ) [3].

- [1] Kyesswa, M.; Çakmak, H.; Kühnapfel, U.; Hagenmeyer, V. 2020. IEEE PES ISGT-Europe, 569–573, doi:10.1109/ISGT-Europe47291.2020.9248883.
- [2] Çakmak, H.; Erdmann, A.; Kyesswa, M.; Kühnapfel, U.; Hagenmeyer, V. 2019/2020. AT - Automatisierungstechnik, 67 (11), 972–983. doi:10.1515/auto-2019-0081.
- [3] Erdmann, A.; Marcellan, A.; Hering, D.; Suriyah, M.; Ulbrich, C.; Henke, M.; Xhonneux, A.; Müller, D.; Schlattmann, R.; Hagenmeyer, V. 2020 24th IEEE/ACM DS-RT, 25–32, doi:10.1109/DS-RT50469.2020.9213689.

Subtopic 2: Neue Netztechnologien

Auf dem Gebiet der Entwicklung von Supraleiter- und Kryomaterialien ist die Untersuchung und Weiterentwicklung von YBa₂Cu₃O₇-Bandleitern ein wichtiger Schwerpunkt. 2020 wurde mit dem Definite Screening Design eine neue Methode bei der Herstellung von Hochtemperatur-Supraleitern angewendet und etabliert. Dabei handelt es sich um eine sehr effektive Methode zum Eingrenzen des Parameterraums für die Herstellung komplexer Materialien, deren Qualität von Vielzahl von Wachstumsparametern abhängt. Ein Enabling Research Projekt der FUSION zur Entwicklung hochfester Strukturmaterialien für Magnete wurde erfolgreich abgeschlossen. Es wurden dabei Materialien hergestellt und charakterisiert, die bei Temperaturen von 4,2 bzw. 77 K eine sehr hohe Festigkeit (>1000 MPa) und ausreichende Bruchzähigkeit besitzen. Mehrere Projekte wurden neu gestartet. Dazu gehört ein DFG Projekt zur simultanen Beschreibung der kalorischen und thermischen Eigenschaften von kryogenen Stoffgemischen und ein Verbundprojekt im Rahmen der Luftfahrtforschung zur Entwicklung von Hybridbauweisen für Hochleistungs-Elektromotoren mittels additiver Verfahren und Faserverbund-Metall-Hybridbauweisen für den Einsatz in tiefkalter Umgebung in Wasserstoffatmosphäre.

Bei den energietechnischen Anwendungen wurde in einem Verbundprojekt zur Entwicklung einer supraleitenden Industriestromschiene mit einer Stromstärke von 200.000 Ampere das Design der modularen Stromschiene finalisiert und vorbereitende Materialcharakterisierungen durchgeführt. Weiterhin wurde ein neues Verbundprojekt zur Entwicklung eines sehr kompakten 110 kV, 500 MVA supraleitenden Kabels für die Innenstadt von München begonnen. Unsere Aufgabe ist dabei die vollständige elektromagnetische und thermische Modellierung des Kabelsystems. Eine wichtige Aufgabe ist weiterhin die Entwicklung hochtemperatur-supraleitender Magnete. Im Rahmen eines Verbundprojektes zur Entwicklung und dem Vergleich von Konzepten für vollsupraleitende Windkraftgeneratoren wurde sehr genau modelliert, wie die Wechselstromverluste im Stator durch eine optimierte Anordnung der supraleitenden Wicklungen, um mehr als 80 % reduziert werden können. Bei der eigenen Entwicklung eines supraleitenden Windkraftgenerators mit Gleichstrom wurde der Wicklungsverbund aufgebaut, vorgetestet und soweit zusammengebaut, so dass 2021 die abschließenden Tests erfolgen können. Im Rahmen einer internationalen Kooperation zwischen EU und China wurde eine hochtemperatur-supraleitende Leiterprobe des am KIT patentierten Kreuzleiters für Quench-Untersuchungen unter fusionsrelevanten Bedingungen entwickelt, und es wurde eine Probelänge des Kreuzleiters von mehr als 50 m erfolgreich gefertigt und getestet. Weiterhin wurde das Wickellabor um eine robotische Wickeltechnik mit drei Mehrachsrobotern erweitert, in dem zukünftig supraleitende 3D Spulen gefertigt werden können.

Strategische Themen

Nachwuchsförderung

Im Topic 1 wurden im Zusammenhang mit dem Helmholtz-Network of Excellence „post-Lithium Batteries“ (pLB), ExNet-0035 und dem Exzellenzcluster POLiS am KIT zwei W1 Professuren mit Tenure Track (W3) neu eingerichtet. Die Professur „Angewandte Elektroche-

mie“ konnte 2020 mit Jun.-Prof. Helge Stein besetzt werden. Für die Professur „Grenzflächenprozesse“ wurde 2020 der Ruf an eine Kandidatin erteilt.

Dr. Giovanni de Carne ist es gelungen, eine Helmholtz Nachwuchsgruppe für die Entwicklung von hybriden Netzen einzuwerben. Ebenfalls konnte Dr. Thomas Sheppard eine KIT Nachwuchsgruppe (YIN) für die Entwicklung von Röntgenmikroskopie und Röntgentomographie in der Katalyse gewinnen. Durch die Förderung der Nachwuchsgruppen wird international herausragenden Postdoktorandinnen und Postdoktoranden die Möglichkeit gegeben, eine eigene Forschungsgruppe aufzubauen und die Sichtbarkeit der eigenen Forschung zu erhöhen.

Chancengleichheit

Im Jahr 2020 fanden am IMVT gemeinsam mit der Universität Freiburg, gefördert durch die DFG-Forschungsgruppe ProMiSe, mehrere Workshops zu vielfältigen Aspekten der Chancengleichheit statt. Der Austausch mit erfahrenen Wissenschaftlerinnen zur Bewältigung geschlechtsspezifischer Herausforderungen im Berufsumfeld wurde gefördert, ein weiterer Fokus war die Förderung der interkulturellen Kompetenz und des konstruktiven Konfliktmanagements im Kontext der Chancengleichheit. Im Workshop „Equality vs. Equity“ (coronabedingt online) wurde unter anderem das Grundkonzept „Gender Equality“ diskutiert und Strategien zum Umgang mit gendertypischen Situationen erarbeitet.

Im Dezember 2020 erhielt das KIT erneut das Zertifikat „audit familiengerechte hochschule“ für weitere drei Jahre - die Auszeichnung erfolgte bereits zum vierten Mal in Folge.

Mit „MINToring“ werden am IAI junge Masterstudentinnen aus den MINT-Studiengängen (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik) auf Ihrem Weg in und nach dem Studium auch hinsichtlich der Entscheidung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft begleitet. Persönlich und individuell werden sie dabei in einer 1:1-Betreuung durch Mentorinnen unterstützt, die selbst aus diesen Fachbereichen kommen und gerade in ihrer Promotions- und Postdoc-Phase sind.

Vernetzung

Auch im Jahr 2020 haben die SCI-Wissenschaftler/innen über ihre wissenschaftliche Expertise und ihr Engagement in zahlreichen nationalen, europäischen und internationalen Plattformen das Netzwerk der SCI Forschung erfolgreich erweitert und intensiviert.

Prof. Dr.-Ing. Mathias Noe ist Mitglied im IEA TCP Superconductivity, das in 2020 erfolgreich für fünf weitere Jahre verlängert wurde.

Auch im EERA Joint Programme Fuel Cells and Hydrogen koordiniert ein SCI-Wissenschaftler, Nikolaos Margaritis (FZJ), das Subprogramm „Stack Materials and Design“. Gemeinsame Workshops mit dem vom KIT koordinierten (Prof. Dr. Stefano Passerini) Joint Programme Energy Storage werden unter seiner Mitwirkung organisiert und durchgeführt.

Forschende aus dem Topic 3 haben sich im Rahmen der Helmholtz Initiative „Climate Adaptation and Mitigation“ (HI-CAM, <http://helmholtz-klima.de>) primär unter dem Dach des Clusters „Mitigation“ (<http://netto-null.org>) vernetzt, um sich gemeinsam mit anderen Forschenden aus 15 der insgesamt 19 Helmholtz Zentren forschungsbereichsübergreifend mit technologischen und naturbasierten Lösungen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen auseinanderzusetzen. Der Fokus der Gruppe aus Topic 3 liegt dabei auf einem Kohlenstoffkreislauf, der von der Gewinnung von Kohlendioxid aus der Atmosphäre über die so genannte Direct Air Capture ausgeht, dieses als Kohlenstoffquelle zur Herstellung von synthetischen chemischen Energieträgern mit Hilfe erneuerbarer elektrischer Energie über den Weg Power-to-X

nutzt, die dann in der Anwendung wieder Kohlendioxid in die Atmosphäre freisetzen. Weiterhin werden Beiträge zur Entwicklung einer Roadmap Netto-Null 2050 für Deutschland erarbeitet.

Drittmittelinwerbungen

Zur Umsetzung des BMBF Dachkonzepts "Forschungsfabrik Batterie" wurden vier neue Kompetenzcluster zu den Themen Analyse/Qualitätssicherung („AQua“), Batterienutzung („BattNutzung“), Intelligente Zellproduktion („InZePro“) und Recycling/Grüne Batterie („greenBatt“) 2020 neu eingerichtet und mit 100 Mio. Euro für zunächst drei Jahre ausgestattet. Diese Institutsverbünde ergänzen die Forschungsarbeiten mit erheblicher Beteiligung und maßgeblicher Mitgestaltung von SCI Topic 1.

Die DFG hat 2020 entschieden, beginnend ab dem 01. Januar 2021 einen neuen Sonderforschungsbereich SFB 1441 „TrackAct – Verfolgung der aktiven Zentren in heterogenen Katalysatoren für die Emissionskontrolle“ am Karlsruher Institut für Technologie (KIT, Koordinator Prof. Dr. Jan-Dierk Grunwaldt) zu fördern, der auf ein ganzheitliches Verständnis industriell bedeutsamer katalytischer Prozesse zielt.

Das 2020 neu bewilligte NFDI4Cat-Konsortium (National Research Data Infrastructure for Catalysis-Related Sciences) wird am KIT (Koordinator Prof. Dr. Olaf Deutschmann, ITCP/IKFT) an Arbeitsabläufen forschen, die eine Brücke zwischen Theorie und Simulation sowie experimentellen Studien zu Katalysatoren und den damit verbundenen technischen Aspekten schlagen. Wesentliche Elemente dieser Strategie sind die Vereinheitlichung der Datenformate und das Verständnis der Anforderungen für die Schaffung hochleistungsfähiger Informationsarchitekturen. Dafür stehen am KIT bis 2025 1,2 Mio. Euro an Fördermitteln zur Verfügung.

Die Topics 2,3 und 4 sind maßgeblich an den drei Wasserstoff-Leitprojekten des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie beteiligt. In der bisher größten Förderinitiative des BMBF zum Thema Energiewende sollen entscheidende Impulse für Deutschlands Einstieg in die Wasserstoffwirtschaft umgesetzt werden. Dabei sollen Beiträge zur technologischen Weiterentwicklung bei der Serienentwicklung von Wasser-Elektrolyseuren (H₂Giga), der Erforschung der Möglichkeiten Wasserstoff und seine Folgeprodukte direkt auf See mithilfe von Windrädern zu produzieren (H₂Mare) und der Entwicklung, Bewertung und Demonstration von Technologien zum Wasserstoff-Transport (TransHyDE) geleistet werden.

Im Jahr 2020 wurde im Rahmen des BMBF-Ideenwettbewerbs ‚Wasserstoffrepublik Deutschland‘ das Leitprojekt H₂Mare zur nachhaltigen Erzeugung von grünem Wasserstoff und PtX-Produkten durch autarken Betrieb und Direktankopplung an Offshore-Windenergieanlagen initiiert, das geplante Fördervolumen für KIT und DLR beträgt 18 Mio. Euro. Zu den thematischen Schwerpunkten, die im Leitprojekt H₂Mare gemeinsam mit führenden Industriepartnern bearbeitet werden, gehören neue Technologien zur effizienten Gewinnung von Kohlendioxid aus Meerwasser und Umgebungsluft und zur dezentralen Herstellung von verflüssigtem synthetischen Methan, flüssigen Kohlenwasserstoffen, Methanol und Ammoniak. Weitere Schwerpunkte liegen in der stofflichen und thermischen Integration von Power-to-X-Anlagen einschließlich offshore-Wassermanagement. Die Förderung wird ergänzt durch die Bereitstellung von einzigartigen Forschungsinfrastrukturen. Dies sind insbesondere das Energy Lab 2.0 am KIT und darüber hinaus im Speziellen die gemeinsame transportable, container-basierte Forschungsinfrastruktur e-XPlore des DLR und KIT, die in das Leitprojekt eingebracht werden soll, um schon gegen Ende der vierjährigen Laufzeit einen ersten realitätsnahen Versuchsbetrieb einer vollständigen Power-to-X-Prozesskette in maritimer Umgebung zu ermöglichen.

Im Hinblick auf die Anwendung der erzeugten Kraftstoffe besitzt das vom Land Baden-Württemberg geförderte Projekt „reFuels“ eine Leuchtturm-Stellung (www.refuels.de). Aufbauend auf der bestehenden Technologie der bioliq®-Pilotanlage wurden bis 2020 2500 Liter normgerechter Blend-Kraftstoff erzeugt und an die Partner im reFuels-Projekt für Fahrtests übergeben. Gemeinsam mit dem IFKM wurden Chargen von Prüf-Kraftstoffblends mit herkömmlichem Benzin hergestellt, die die Norm DIN EN 228 einhalten. Messungen dieser Blends an einem Einzylinder-Forschungsmotor zeigten eine gute Kompatibilität und ein im Vergleich zum Referenzbenzin verbessertes Klopfverhalten[1]. Mit der noch nicht vollständig in Betrieb befindlichen P2L-Anlage im Energy Lab 2.0 wurde im Sommer 2020 in einer ersten Kampagne ein diesel-ähnliches Produkt über die Fischer-Tropsch-Synthese produziert. Zur Bereitstellung von normgerechtem Diesel für die Partner wurden Nachbearbeitungsschritte der Isomerisierung und Destillation erprobt.

Die Arbeiten im Projekt Kopernikus-ENSURE-II (BMBF) wurden mit dem „Kick-Off“-Treffen im Februar 2020 aufgenommen. Seitens KIT sind aus dem SCI-Programm die Institute IAI, IIP und ETI beteiligt. Erste Arbeitsergebnisse wurden bereits zum Jahresende im AP 2.1 „Gemeinsames Netzmodell“ erzielt, dessen Ziel die Erstellung des elektrischen Netzmodells für das Übertragungsnetz sowie für repräsentative Verteilnetze ist. Im AP 2.3 wurde am Energy Lab 2.0 eine Echtzeitsimulations-Hardware (RTDS) für die verteilte Echtzeit-Stromnetzsimulation mit dem Modell des KIT-Campus Nord in Betrieb genommen und mit dem Partner FAU in Erlangen im Testbetrieb gekoppelt.

[1] T.Michler, N. Wippermann, O. Toedter, B. Niethammer, T. Otto, U. Arnold, S. Pitter, T.Koch, J. Sauer *Fuel Process. Technol.* 2020, 206, 106476.

Wissens- und Technologietransfer

Keine Angaben

Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Alle Topics und Themen des Programmes SCI werden in der PoF IV weitergeführt und einige davon wurden in der PoF III bereits deutlich ausgebaut. Als ein Beispiel ist das Subtopic 6.1 Netze und Systemintegration zu nennen, dass dieses Thema erstmals in Helmholtz Gemeinschaft aufgegriffen hat und zu einem einzigartigen Verbund von DLR, FZJ und KIT auf diesem Gebiet geführt hat.

In Vorbereitung des Themas ‚Power-to-Molecules‘ in Topic ‚Chemical Energy Carriers‘ im Programm MTET ist es gelungen, die Themen des Topics 3 Synthetic Hydrocarbon (Programm SCI) und des Topics 2 Energieeffizient Processes (Programm EMR) durch Etablierung der Themen der Aktivierung von CO₂ mittels Plasmas und der elektrochemischen Aktivierung stärker zu vernetzen. Die Aktivitäten in der Elektrokatalyse wurden durch die Gewinnung von Prof. Dr.-Ing. Ulrike Krewer auf den Lehrstuhl ‚Elektrochemische Technologien‘ sehr gefördert. Unterstützt wird dies durch die Young Investigator Gruppe von Dr. Philipp Röse. Dies ist, neben vielen weiteren Programmübergreifenden Aktivitäten, ein weiterer Grundstein für die geplanten Arbeiten auf dem Gebiet der chemischen Energieträger in den Programmen ESD und MTET.

In den Ideenwettbewerb „Wasserstoffrepublik Deutschland“ im Rahmen der „Nationalen Wasserstoffstrategie“ ist die Skizze „TransHyDE“ eines der drei Leitprojekte eingereicht worden. In „TransHyDE“ beschäftigt sich das Verbundprojekt „AppLHy!“ mit Lösungen für Transport und Anwendungen von flüssigem Wasserstoff. Die Koordination von „AppLHy!“ wird durch das KIT ITEP geleistet, im KIT sind die Institute ITES, IAM und ETI beteiligt und arbeiten mit den (Industrie-)Partnern Amprion GmbH, Daimler Truck AG, Linde, Theva, VESC,

sowie der TU Dresden und dem IFW Dresden und lokalen KMUs zusammen. Der hochenergiegedichte flüssige Wasserstoff in der Energietechnik wird systemisch untersucht. Der Vollantrag wird 2021 eingereicht, geplanter Vorhabenbeginn ist der 01. April 2021.

Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Da die Empfehlungen mit Ende der dritten Programmperiode bereits umgesetzt wurden bzw. dauerhaft in der Umsetzung sind, sind diese im letzten Übergangsjahr zur PoF IV nicht mehr aufgeführt

A.2.1.7.3 Künftige Programmentwicklung

S. Kapitel A.2.1.3.2, Abschnitt „Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen“

A.2.1.7.4 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich die Empfehlungen der Strategischen Beiräte der Forschungsbereiche zur Bewertung des Programmfortschritts in 2020 sowie der Planungen für 2021 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschritt 2020.

A.2.1.8 Programmanteil Technology, Innovation and Society (TIS)

A.2.1.8.1 Das Programm im Überblick

Die Mission der Helmholtz-Gemeinschaft besteht darin, Beiträge zur Lösung großer und drängender Fragen von Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft zu leisten. Das Helmholtz-Programm TIS unterstützt dieses Ziel durch systematische Forschung zur Verknüpfung von Fragen des technologischen Fortschritts und Innovationsprozessen mit den gesellschaftlichen Bedingungen. Zur Abschätzung wissenschaftlicher und technologischer Entwicklungen werden nichttechnische Aspekte berücksichtigt, die sich mit Systemfragen sowie mit politischen oder wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, gesellschaftlicher Akzeptanz und ethischen Fragen beschäftigen. Die wissenschaftlichen Methoden stützen sich dabei auf analytische und empirische Abschätzungsverfahren aus Systemanalyse, Technikfolgenabschätzung, Nachhaltigkeitsforschung, Innovationsforschung, technologische Zukunftsforschung und Risikoforschung. Die Methoden sind auf die jeweiligen Kontextbedingungen, dem sogenannten „Soziotechnischen System“ zugeschnitten und berücksichtigen spezifische Forschungsfragen, technologische Aspekte und Akteure gleichermaßen. Dadurch wird eine neue Art von Wissen in einem transparenten, verständlichen und nachvollziehbaren Prozess generiert, das eine Handlungsorientierung geben kann. Der technologiebezogene Fokus des Programms liegt auf der Energiewende und den Schlüsseltechnologien auf dem Gebiet des digitalen Wandels, beides gesellschaftlich relevante und wissenschaftlich bedeutsame Anwendungsfelder. Die Forschungsergebnisse dienen insbesondere der wissenschaftlichen Beratung und unterstützen eine evidenz-basierte Entscheidungsfindung in Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit (Wissen zum Handeln).

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

Das Programm TIS ist ein Querschnittsprogramm und erstreckt sich über den Forschungsbereich „Schlüsseltechnologien/Information“ (schwerpunktmäßig Programmthema 1) und

„Energie“ (schwerpunktmäßig Programmenthemen 2 und 3). Enge Beziehungen bestehen darüber hinaus zu den Forschungsbereichen „Erde und Umwelt“ sowie „Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr“. Durch den Querschnittscharakter arbeitet das Programm interdisziplinär und stark vernetzt.

Die Energiewende ist eine der größten Herausforderungen der Gegenwart und der Zukunft. Wissenschaftler/innen der Helmholtz-Programme der Energieforschung arbeiten daran, Lösungen für die Energieversorgung zu entwickeln, die ökonomisch, ökologisch und gesellschaftlich tragbar sind. Die Forschung in den Forschungsbereichen Schlüsseltechnologien/Information beschäftigt sich insbesondere mit den zentralen wissenschaftlichen Herausforderungen der Informationstechnologie und der Lebenswissenschaften sowie mit der Weiterentwicklung der Technikfolgenabschätzung. Die Forschungsthemen des TIS-Programms werden in intensivem Austausch auch programmübergreifend bearbeitet, wie die folgenden Schwerpunkte zeigen:

- Beteiligung an dem forschungsbereichsübergreifenden Programm „Energie System 2050“ (ES2050) sowie dem programmübergreifenden Projekt Energiesystemintegration (ESI).
- Mitwirkung in Helmholtz Querschnittsverbünden wie „Elektromobilität“, „Bioökonomie“ und „Synthetische Biologie“.
- Kooperationen mit wissenschaftlich-technischen Programmen, in PoF III vor allem mit „Energy Efficiency, Materials and Resources“ (EMR), „Storage and Cross-linked Infrastructures“ (SCI), „Renewable Energies“ (RE), „Nuclear Waste Management, Safety and Radiation Research“ (NUSAFE), „Supercomputing & Big Data“ (SBD) und „Key Technologies for the Bioeconomy“.

Das Programm ist durch dieses Portfolio in übergreifende strategische Diskussionen eingebunden und hat sich entsprechend in beiden Forschungsbereichen bei den strategischen Vorbereitungen für die Organisation der Forschung in der PoF IV-Periode eingebracht.

Programmstruktur

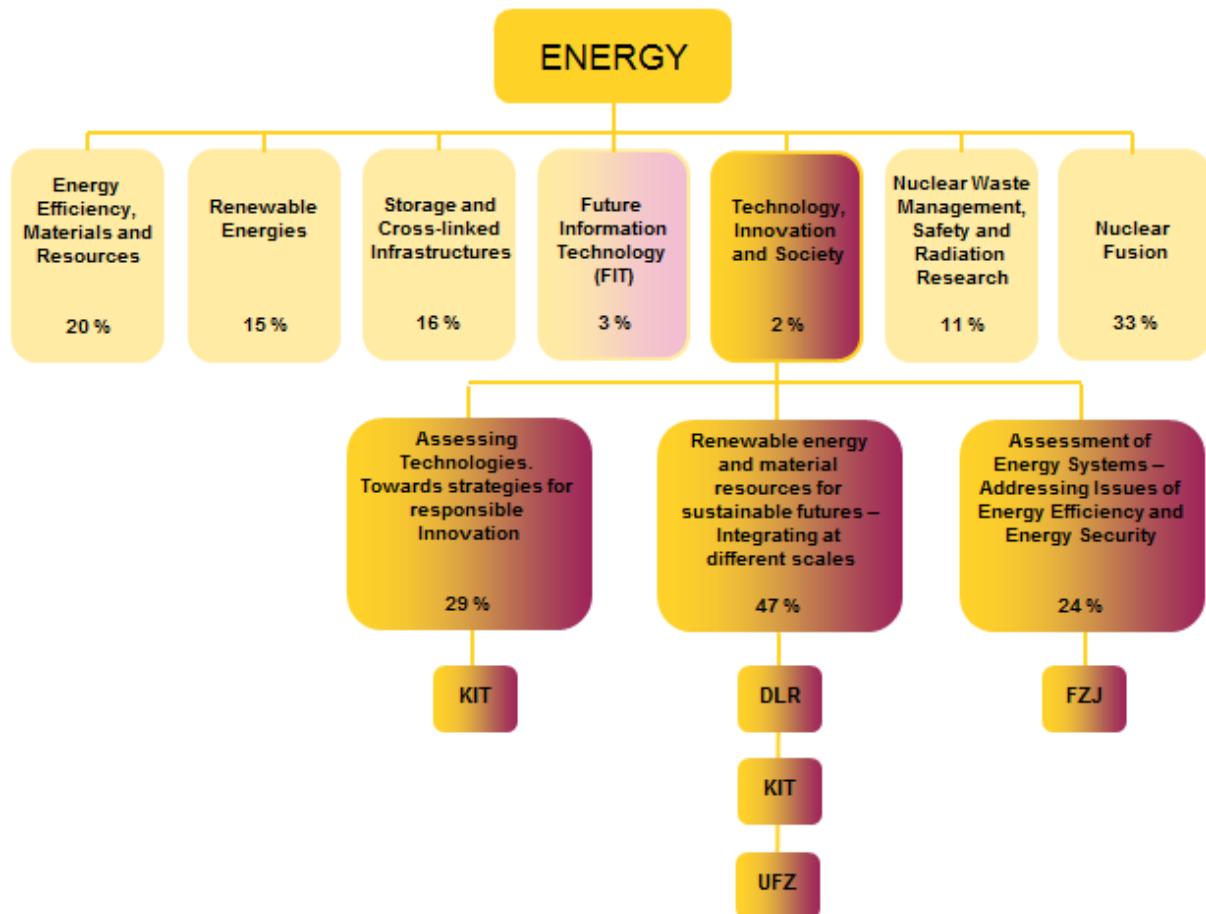


Abbildung 8: Programmstruktur TIS

Die KIT-spezifischen Anteile des Programms TIS gliedern sich in:

Programmthema 1: „Assessing Technologies. Towards Strategies for Responsible Innovation“

In diesem Programmthema werden Technologiefelder im Spannungsfeld zwischen technologischem sowie sozialem Entwerfen von Innovationen, der Analyse und Abschätzung ihrer intendierten und nichtintendierten Folgen (z.B. Risiken) und den sie verbindenden vielschichtigen Formen von Governance betrachtet. Es werden außerdem die Wechselwirkungen zwischen technischem Wandel und komplexen sozio-ökonomischen Dynamiken betrachtet, um eine „verantwortungsvolle“ Gestaltung zukünftiger Gesellschaften zu unterstützen.

Programmthema 2: „Renewable Energy and Material Resources for Sustainable Futures – Integrating on Different Scales“

Es werden erneuerbare Ressourcen unter technologischen, ökologischen, ökonomischen, sozio-kulturellen, politischen und industriellen Rahmenbedingungen – sowohl für die stoffliche als auch für die energetische Nutzung analysiert. Ziel ist es, hier angepasste Strategien für den Übergang hin zur erneuerbaren Energienutzung zu entwickeln und dabei verschiedene Versorgungssysteme und Infrastrukturen mit in den Blick zu nehmen. Besondere Herausforderungen ergeben sich durch die zeitliche und räumliche Verteilung der erneuerbaren Ressourcen, den mit dieser Art der Verfügbarkeit potenziell einhergehenden Landnutzungswandel sowie soziale Verteilungsfragen zwischen städtischen und ländlichen Räumen.

A.2.1.8.2 Programmsergebnisse

Im Forschungsbereich „Schlüsseltechnologien/Information“ befasste sich TIS schwerpunktmäßig mit Technikfolgenabschätzungen (TA) zu neuen und emergenten Technologien sowie mit innovationsbegleitenden Aspekten. Das Themenspektrum verschob sich dabei im Laufe des Berichtszeitraums verstärkt hin zu Fragestellungen der Informationstechnik sowie der sogenannten „autonomen Technologien“ mit ihren Anwendungen im Mobilitätsbereich, in der Arbeitswelt sowie bei Assistenzsystemen. Weiterhin wurde die konzeptionelle Untersuchung und praktische Überprüfung unterschiedlicher Dimensionen der Governance von Wissenschaft und Technologie fortgesetzt. Im methodischen Bereich der Technikfolgenabschätzung wurden vor allem das Vision Assessment und die Global TA vorangebracht. Die Beteiligung von TIS am Exzellenzcluster „3D Matter Made to Order“ (KIT und Universität Heidelberg) sowie die Aufnahme des Betriebs im 2019 gegründeten Global TA Netzwerk waren im Berichtszeitraum wichtige Ereignisse.

Im Forschungsbereich „Energie“ wurden transdisziplinäre Forschungsansätze weiterentwickelt und kontext-spezifisch angepasst, um die Beweggründe für die Einstellungen und Handlungen von Menschen zur Energiewende vor Ort besser zu verstehen, die Konfliktlinien zu identifizieren und praxisnahe Lösungsvorschläge zu erarbeiten. Das Integrative Konzept Nachhaltiger Entwicklung und das daraus abgeleitete Indikatoren System bildete die Grundlage für Nachhaltigkeitsbewertungen von Transformationsszenarien. Hier wurde einerseits mit Energiesystemmodellen aber auch mit einer Kombination mit nicht modell-basierten Ansätzen gearbeitet. Die Reallaborforschung wurde methodisch weiterentwickelt, gleichzeitig in Richtung auf ein Karlsruher Transformationszentrum KAT erweitert. Ferner managed und bearbeitet TIS das Subtopic „Sustainability“ innerhalb des Exzellenzclusters „Post Lithium Storage (POLiS)“ (KIT und Universität Ulm) für emergente Batterietechnologien.

Wissenschaftliche Ergebnisse

Highlight 1:

Die Erzeugung, Verknüpfung und Auswertung von großen Datenmengen (oft als „Big Data“ bezeichnet) gewinnt in nahezu allen Lebensbereichen rasant an Bedeutung. Durch den umfassenden Einsatz vernetzter Computertechnologie kam es in den letzten Jahren zu einer Vervielfachung von Datenquellen. Durch deren immer umfassendere Verknüpfung sowie Fortschritte in der Hard- und Software-Technologie entstehen umfangreiche neuartige Auswertungsmöglichkeiten, die sich auf nahezu alle gesellschaftlichen Felder auswirken. Die mit dieser Entwicklung verbundenen gesellschaftlichen Fragen nahm das Projekt „Assessing Big Data“ (ABIDA) in den Blick, die im Rahmen von Forschungs- und Dialogprozessen erarbeiteten Ergebnisse wurden im Berichtszeitraum veröffentlicht. Sie geben einen Gesamtüberblick über die Berührungspunkte von ausgewählten Lebensbereichen (wie etwa Gesundheits- sowie Finanz- und Versicherungswesen, aber auch Arbeitsverhältnisse, politisches Handeln oder Wissenschaft) mit Big Data und diskutieren diesbezügliche Herausforderungen und Lösungsmodelle. Eine wiederkehrende Querschnittsfrage, die Untersuchung von möglichen Governancebedarfen, -ansätzen, Handlungsoptionen bzw. Regulierungsformen im Hinblick auf die Folgen des Einsatzes von Algorithmen, wird im Folgevorhaben „Governance von und durch Algorithmen“ (GOAL) weitergeführt.

Orwat, C. (2020): Risks of Discrimination through the Use of Algorithms. A study compiled with a grant from the Federal Anti-Discrimination Agency. 2020. Federal Anti-Discrimination Agency. doi:10.5445/IR/1000123477.

Wiegerling, K.; Nerurkar, M.; Wadephul, C. (Hrsg.). (2020): Datafizierung und Big Data: Ethische, anthropologische und wissenschaftstheoretische Perspektiven. VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Programmthema 1: „Assessing Technologies. Towards Strategies for Responsible Innovation“

Die Ergebnisse, die im Rahmen des Programmthemas 1 erreicht wurden, beziehen sich auf die folgenden Aktivitäten:

Unterthema 1: TA für neue und neu entstehende Technologien

Im Rahmen des Unterthemas TA zu neuen und neu entstehenden Technologien wurden die Arbeiten, in denen die Wahrnehmung von und Erwartungen an neue Techniken und ihre Governance seitens von Bürgerinnen und Bürgern wie auch von Stakeholdern erhoben und analysiert wurden, fortgeführt und weiterentwickelt. Im Hinblick auf den technischen Gegenstandsbereich verschob sich die Schwerpunktsetzung auf Themen der Informationstechnik, zu Big Data sowie zu den sogenannten „lernenden Systemen“ (Brändle et al. 2020), was unter anderem durch die Tatsache bedingt ist, dass sich das Programm in einem Übergangsjahr zu einer strukturellen Neuausrichtung im Zuge der 4. Phase der programmorientierten Förderung befand. Weitere zu nennende Technikfelder, in denen entsprechende Untersuchungen stattfanden, sind neue Energietechniken (Emmerich et al. 2020), technische Unterstützungen für Menschen mit eingeschränkten körperlichen Fähigkeiten, und neue Gesundheits- und Biotechniken. Vertieft wurden Studien, die einem besseren Verständnis der Rolle von Nutzer/innen und anderen nicht-entwickelnden Beteiligten („selectors“) in Innovationsprozessen und damit verbundenen Überlegungen für soziotechnische Dynamiken (Frey/Schaupp 2020, Nierling/Maia 2020, Puhe et al. 2020, Schippl/Truffer 2020) dienen. Einige dieser Arbeiten wurden auch dahingehend genutzt, dass sie als praktische Fallbeispiele für die Weiterentwicklung von Konzepten der Technikfolgenabschätzung bzw. für verantwortliche Forschung und Innovation („Responsible Research and Innovation“, RRI) sowie ihrer Implementierung in der Praxis (van de Poel et al 2020) Anwendung finden konnten.

Brändle, C.; Woll, S.; Fleischer, T.; Decker, M. (2020): Bürgerdialog „Autonome Technologien im europäischen Kontext“: Schlussbericht. KIT Scientific Publishing. doi:10.5445/IR/1000105585.

Emmerich, P.; Hülmeier, A.-G.; Jendryczko, D.; Baumann, M. J.; Weil, M.; Baur, D. (2020): Public acceptance of emerging energy technologies in context of the German energy transition. *Energy policy*, 142, Article no: 111516. doi:10.1016/j.enpol.2020.111516.

Frey, P.; Schaupp, S. (2020): Futures of Digital Industry: Techno-Managerial or Techno-Political Utopia?. *Behemoth*, 13 (1), 98–108. doi:10.6094/behemoth.2020.13.1.1039.

Nierling, L.; Maia, M. (2020): Assistive Technologies: Social Barriers and Socio-Technical Pathways. *Societies*, 10 (2), Article: 41. doi:10.3390/soc10020041.

Puhe, M.; Briem, L.; Vortisch, P. (2020): Understanding social processes of shopping destination choice - An approach to model stability and variability. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 7, Article: 100183. doi:10.1016/j.trip.2020.100183.

Schippl, J.; Truffer, B. (2020): Directionality of transitions in space: Diverging trajectories of electric mobility and autonomous driving in urban and rural settlement structures. *Environmental innovation and societal transitions*, 37, 345–360. doi:10.1016/j.eist.2020.10.007.

van de Poel, I.; Flipse, S.; Klaassen, P.; Kwee, Z.; Maia, M. J.; Mantovani, E.; Nathan, C.; Porcari, A.; Yaghmaei, E.; Asveld, L. (2020): Learning to do responsible innovation in industry: six lessons. *Journal of responsible innovation*, 1–11. doi:10.1080/23299460.2020.1791506.

Unterthema 2: TA zur Begleitung von F&E Prozessen und Anwendungen

Dieses Unterthema fasst Aktivitäten des Programmes zur innovationsbegleitenden Technikfolgenabschätzung zusammen. Das Hauptaugenmerk lag im Berichtsjahr auf vier Themenfeldern. Ein Schwerpunkt bildeten Untersuchungen zur Gestaltung der digitalen Transformation (Grunwald 2020) und zu gesellschaftlichen Herausforderungen durch Datafizierung und Big Data sowie mögliche Ansätze des Umgangs damit (Wiegerling et al. 2020). Einer vertieften Betrachtung unterzogen wurden dabei unter anderem Diskriminierungsrisiken durch algorithmische Verfahren und Möglichkeiten ihrer Minimierung (Orwat 2020) und Ansätze zur praxisnahen Berücksichtigung ethischer Aspekte „künstlicher Intelligenz“ im Rahmen ihrer verbreiteten Einführung (Hallensleben et al 2020). Darüber hinaus wurden innovationsbeglei-

tende Studien zu „Assistenztechnologien“ für Menschen mit körperlichen Einschränkungen sowie in der Pflege fortgeführt (Baumann et al. 2020). Neben der Rolle von Entwicklung und Erprobung von technischen Innovationen wurde darüber hinaus die Fragestellung betrachtet, welchen Wandlungsprozessen Institutionen unterliegen, in denen dieser Wandel eingebettet ist, etwa im Gesundheitsbereich (Bröckerhoff et al. 2020) oder bei neuen Arbeitsformen (Nierling et al. 2020). Im Rahmen von Untersuchungen von Möglichkeitsbedingungen und Folgen automatisierten Fahrens sowie seiner Einbettung in die zukünftige Mobilität ging es unter anderem um Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz entsprechender Fahrzeuge und Dienste.

Baumann, M. F.; Frank, D.; Kulla, L.-C.; Stieglitz, T. (2020): Obstacles to Prosthetic Care - Legal and Ethical Aspects of Access to Upper and Lower Limb Prosthetics in Germany and the Improvement of Prosthetic Care from a Social Perspective. *Societies*, 10 (1), Art.-Nr.: 10. doi:10.3390/soc10010010.

Bröckerhoff, P.; Evers-Wölk, M.; Sonk, M.; Pein, K.; Krings, B.-J.; Weinberger, N.; Wopen, C. (2020): Gesundheitskonzepte im Wandel: Primat der Lebensqualität in alternden Gesellschaften. *Deutsches Ärzteblatt*, 117 (50), A2464-A2468.

Grunwald, A. (2020): Gestaltung der digitalen Transformation. Interdisziplinäre Herausforderungen an Technikfolgenabschätzung, Ethik und Recht. Digitalisierung, Automatisierung, KI und Recht. Hrsg.: S. Beck, 31–46, Nomos Verlagsgesellschaft.

Hallensleben, S.; Fetic, L.; Fleischer, T.; Grünke, Hagendorff, T.; Hauer, M.; Hauschke, A.; Heesen, J.; Herrmann, M.; Hillerbrand, R.; Hubig, C.; Kaminski, A.; Krafft, T.; Loh, W.; Otto, P.; Puntschuh, M.; Hustedt, C. (2020): From Principles to Practice : An interdisciplinary framework to operationalise AI ethics. Bertelsmann Stiftung.

Nierling, L.; Krings, B.-J.; Küstermann, L. (2020): The Landscape of Crowd work in Germany An overview of the scientific and public discourse. *Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*. doi:10.5445/IR/1000123935.

Orwat, C. (2020): Risks of Discrimination through the Use of Algorithms. A study compiled with a grant from the Federal Anti-Discrimination Agency. 2020. Federal Anti-Discrimination Agency. doi:10.5445/IR/1000123477

Wiegerling, K.; Nerurkar, M.; Wadehul, C. (Hrsg.). (2020): Datafizierung und Big Data: Ethische, anthropologische und wissenschaftstheoretische Perspektiven. VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Unterthema 3: Governance von Wissenschaft und Technologie

Im Rahmen dieses Unterthemas wurde die konzeptionelle Untersuchung und praktische Überprüfung unterschiedlicher Dimensionen der Governance von Wissenschaft und Technologie fortgesetzt und weiterentwickelt. Im ersten Untersuchungsstrang wurde der Ansatz transdisziplinären Arbeitens mit Menschen außerhalb der Wissenschaft in Forschungszusammenhängen in den Kontext aktueller Forschungsperspektiven im Endlager-Bereich gestellt und entsprechende Praxiserfahrungen dokumentiert. (Smeddink et al 2020). Im zweiten Untersuchungsstrang wurden Analysekonzepte und Methoden des Vision Assessments zur Erforschung der Rollen von Zukunftswissen und Medien der Zukunftskommunikation („sozio-technische Zukünfte“ in Form von Visionen und Szenarien) in Prozessen der Wissenschafts- und Technologiegovernance weiterentwickelt (Rossmann 2020) und im Rahmen des Exzellenzclusters 3DMM20 für ein die materialwissenschaftliche Forschung begleitendes Vision Assessment als Beitrag zur Governance des Clusters modifiziert und erprobt (Schneider et al. 2020). Im dritten Strang wurde die Rolle von Technikfolgenabschätzung als entscheidungsorientierende Forschungs- und Beratungspraxis im Kontext sich verändernder und globaler politischer Rahmenbedingungen der Governance von Wissenschafts- und Technologie untersucht (z.B. Böschen et al. 2020, Hennen et al. 2020) sowie methodische und konzeptionelle Diskussionen angestoßen bzw. weitergeführt (Grunwald et al. 2020, Nierling/Torgersen 2020, Sand 2020).

Böschen, S.; Hahn, J.; Krings, B.-J.; Scherz, C.; Sumpf, P. (2020): Globale Technikfolgenabschätzung? Konvergenzen und Divergenzen kosmopolitischer Wissenschaftsdynamiken. *Soziale Welt*, (SH 24), 332–365

Grunwald, A.; Schäfer, M.; Bergmann, M. (2020): Neue Formate transdisziplinärer Forschung. *Ausdifferenzierte Brücken zwischen Wissenschaft und Praxis*. *Gaia*, 29 (2), 106–114. doi:10.14512/gaia.29.2.8

Hennen, L.; Hahn, J.; Ladikas, M. (2020): Competing modes of responsibility in research organisations - Insights from an international comparison. *Science and public policy*, 1–12. doi:10.1093/scipol/scaa057

Nierling, L.; Torgersen, H. (Hrsg.). (2020): Die neutrale Normativität der Technikfolgenabschätzung: Konzeptionelle Auseinandersetzung und praktischer Umgang. Nomos Verlagsgesellschaft

Roßmann, M. (2020): Vision as Make-Believe: How Narratives and Models Represent Sociotechnical Futures. 2020. Journal of responsible innovation, 1–24. doi:10.1080/23299460.2020.1853395

Sand, M. (2020): Futures, visions and responsibility: an ethics of innovation. VS Verlag für Sozialwissenschaften. doi:10.1007/978-3-658-22684-8

Schneider, C., Roßmann, M., Lösch, A. (2020): Sociotechnical Visions of 3D Printing – After the First Hype? Report of the Vision Assessment Study in the Cluster of Excellence 3D Matter Made to Order. Karlsruher Institut für Technologie (KIT). doi:10.5445/IR/1000117984/v2

Smeddinck, U.; Pönitz, E.; Mintzlaff, V. (2020): Entsorgungsforschung am Wendepunkt? Transdisziplinarität als Perspektive für die Forschung zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle - ein Projekt-Buch. 2020. Berliner Wissenschafts-Verlag

Programmthema 2: „Renewable Energy and Material Resources for Sustainable Futures – Integrating on Different Scales“

Die Arbeiten zur multidimensionalen Bewertung von Transformationsszenarien (durchgeführt im Rahmen der Helmholtz-Initiative „Energie System 2050“) lieferten einerseits einen neuen Ansatz zur Abschätzung des zukünftigen Bedarfs an kritischen Materialien für nationale und globale Entwicklungspfade vollständiger Energiesysteme. Andererseits erfolgte die Entwicklung einer neuen Methode zur prospektiven, lebenszyklusbasierten Bewertung von Szenarien über die modellgestützte Modifizierung von LCA-Datenbanken und ihre Verknüpfung mit einem Szenarienmodell. Mit dem durch die Modellverknüpfung entstandenen Instrument FRITS – FRamework for the assessment of environmental Impacts of Transformation Scenarios – sind deutliche Verbesserungen der Energiesystemmodelle möglich, da zusätzlich zum Betrieb der Energieanlagen (Strom, Wärme, Mobilität) auch die Anlagenherstellung stofflich und energetisch und damit die entsprechenden Umweltlasten modelliert werden können. Diese Arbeiten sind auch in die Beantragung eines Nachfolgeprojekts beim BMWi eingeflossen, in dem Zielkonflikte und Unsicherheiten in Nachhaltigkeitsbewertungen deutscher Energieszenarien im europäischen Rahmen betrachtet werden.

Des Weiteren wurden zur nach wie vor relativ selten durchgeführten, jedoch für Entscheidungsunterstützungen essenziellen Nachhaltigkeitsbewertung von Transformationsszenarien die Arbeiten zu einem integrativen Bewertungsansatz für den Anwendungsfall des Energiesystems fortgeführt. Mit diesem Ansatz kann ein deutlich umfassenderes und dem Nachhaltigkeitsleitbild besser entsprechendes Kriterien- und Indikatorenset als in den bisher existierenden Studien betrachtet werden. Er besteht aus der Entwicklung sozio-technischer Szenarien, der Ermittlung von Zukunftsdaten für Indikatoren im Rahmen dieser Szenarien anhand von Energiesystemmodellen wie auch nicht modellbasierten Ansätzen, sowie einer Methode zur Vergleichbarmachung der unterschiedlichen Formen von Daten für die verschiedenen Indikatorentypen, um eine Gesamtbewertung zu ermöglichen. Mit EAFESA – Environmental Assessment Framework for Energy System Analysis – wurde weiterhin ein Ansatz entwickelt, welches die systematische Einbindung von Ökobilanzen in die Entwicklung von modellbasierten Energieszenarien vorsieht (Xu et al. 2020).

Sozio-technische Energiewandlungen bringen erhebliche ethische Herausforderungen und Implikationen mit sich. Das Feld der (normativen) Energieethik befasst sich mit den moralischen Dimensionen von Energiefragen durch eine systematische und kritische theoretische Untersuchung und schlägt bevorzugte oder optimale Handlungsoptionen vor. Bei der Untersuchung verschiedener Themen im Zusammenhang mit Energie und Ethik haben wir zum Beispiel versucht, Billboards als „Petromedien“ im Kontext der Förderung fossiler Brennstoffe in Texas zu verstehen (Frigo 2020). Wir beschäftigten uns mit den philosophischen und geopolitischen Grundlagen des grenzüberschreitenden Energierechts (Frigo 2020b). Wir schlugen Energieethik als eine angewandte Art von moralischem Rahmen vor, der bei komplexen Entscheidungsfindungen im Zusammenhang mit kontroversen Energieprojekten Orientierung bieten kann (Bethem et al. 2020). Um über das sogenannte Kapitalozän hinauszugehen, schlugen wir eine philosophische Reflexion vor, die die Belange der Energiewende-Debatte

erweitert, indem sie auch den moralischen Wert und das Wohlergehen von nicht-menschlichen Entitäten (Tiere, Pflanzen, Ökosysteme) berücksichtigt, die von Energieentwicklungen betroffen sind (Frigo 2020c).

Bethem, J., Frigo, G., Biswas, S., DesRoches, C.T., Pasqualetti, M. (2020): Energy decisions within an applied ethics framework: an analysis of five recent controversies, *Energy. Sustainability and Society* (2020) 10:29. DOI: 10.1186/s13705-020-00261-6.

Frigo, G. (2020a): Billboards and petrocultures in West Texas. *MediaTropes* Vol VII, No 2 (2020): 67-104. Doi: 10.33137/mt.v7i2.33672.

Frigo, G. (2020b): Post-fossil Nomoi of Energy. *Nordia Geographical Publications* 48: 6, 63–74.

Frigo, G. (2020c): Beyond the Capitalocene: an ecocentric perspective for the energy transition. In: Valtonen, A., Rantala, O., Farah, P.D. (Eds.), *Ethics and Politics of Space for the Anthropocene*, 150–174, Edward Elgar Publishing.

Xu, L., Fuss, M., Poganietz, W.R., Jochem, P., Schreiber, S., Zoephel, C., Brown, N. (2020): An Environmental Assessment Framework for Energy System Analysis (EAFESA): The method and its application to the European energy system transformation. *Journal of Cleaner Production* 243 (2020) 118614. [DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.118614].

Unterthema 2: Bioökonomie und Ressourcenverteilung

Es wurden zu Innovationen der Bioökonomie wie der Algentechnologie, dem bioliq-Verfahren und der AGRI-Photovoltaik kontextualisierte Technikfolgenabschätzungen (TA) und Nachhaltigkeitsbewertungen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass partizipative Ansätze zur Einbindung von Stakeholder/innen und Bürger/innen immer wichtiger werden bei der Bewertung von Technologien und der Abschätzung ihres Anwendungspotenzials. Dies trifft insbesondere auf kontrovers diskutierte Methoden wie die Crispr/Cas-Technik zu. Mit ihr lassen sich bspw. Mikroalgen so verändern, dass sowohl die Produktivität als auch die Wirtschaftlichkeit und die Klima- und Umweltverträglichkeit der Algen-Treibstoffherstellung deutlich verbessert werden können. Trotz dieser Vorteile können gentechnisch veränderte Mikroalgen aufgrund der Risikowahrnehmung umstritten sein. Die Forschungsergebnisse zeigen, dass eine Bereitschaft zur Akzeptanz vorhanden ist, sofern deutliche Umweltvorteile erreichbar sind, eine transparente Risikokommunikation erfolgt und eine Alternativenprüfung stattfindet (Varela Villarreal, Burgués und Rösch, 2020).

Für die vergleichende Nachhaltigkeitsbewertung der Benzinherstellung aus Stroh oder Holz mit dem bioliq-Verfahren wurde ein MS Excel-basiertes Tool entwickelt, das die Bewertung von Energietechnologien durch die Wahl verschiedener MCDA (Multi Criteria Decision Analysis)-Methoden, Gewichtungssätze, Gewichtungsmethoden und Normalisierungsmethoden für ökologische Indikatoren ermöglicht (Haase et al. 2020). Das Tool ermöglicht die Berücksichtigung unterschiedlicher Wissensbestände und gesellschaftlicher Präferenzen und macht deren Einfluss auf die Bewertung von Technologien sichtbar. Dies erleichtert insbesondere bei komplexen Fragestellungen, wo es keine einfachen Lösungen gibt, das Aufzeigen von Möglichkeiten zur Reduzierung oder gar Lösung von Zielkonflikten, die häufig zwischen Zielen der Wirtschaft und des Umweltschutzes auftreten können (Haase et al. 2020).

Die Energiewende führt zu Konflikten um die knappe Ressource Ackerfläche zwischen der Bioökonomie und Solarenergie, da diese auch optimalen Bedingungen für die Erzeugung von Solarstrom bieten. Ein vielversprechendes Konzept zur Kombination beider Nutzungsformen ist die AgriPhotovoltaik (APV). Diese kann der Verknappung von Nutzflächen entgegenzuwirken, zur nachhaltigen Entwicklung ländlicher Räume beizutragen und die Resilienz landwirtschaftlicher Betriebe erhöhen. Für eine erfolgreiche Nutzung der APV-Technologie konnten in einem mehrstufigen transdisziplinären Forschungsansatz 10 sozio-technische Bedingungen erarbeitet werden, die den Einsatz der Technologie ermöglichen (Ketzer et al. 2020a, 2020b, Trommsdorff et al. 2020).

Eine Hinwendung einer Volkswirtschaft zu einer nachhaltigen Bioökonomie muss eine Vielzahl von Facetten beachten. Diese erfasst neben sozio-ökonomischen, umwelt- und res-

sourcenbezogenen Aspekten auch den Dialog mit der Gesellschaft. In einer umfassenden Studie (Konrad et al. 2020) wurden die unterschiedlichen Herausforderungen aus verschiedenen Perspektiven diskutiert.

- Haase, M.; Babenhausenheide, N.; Rösch, C. (2020): Multi criteria decision analysis for sustainability assessment of 2nd generation biofuels. 2020. *Procedia CIRP*, 90, 226–231. doi:10.1016/j.procir.2020.02.124.
- Ketzer, D.; Schlyter, P.; Weinberger, N.; Rösch, C. (2020): Driving and restraining forces for the implementation of the Agrophotovoltaics system technology – A system dynamics analysis. 2020. *Journal of environmental management*, 270, Art.-Nr.: 110864. doi:10.1016/j.jenvman.2020.110864.
- Ketzer, D.; Weinberger, N.; Rösch, C.; Seitz, S. (2020): Land use conflicts between biomass and power production - Citizens' participation in the technology development of agrophotovoltaics. 2020. *Journal of responsible innovation*, 7 (2), 193–216. doi:10.1080/23299460.2019.1647085.
- Konrad, W., Weidtmann, A., Scheer, D. (2020): Bioökonomie nachhaltig gestalten: Perspektiven für ein zukünftiges Wirtschaften. Springer Fachmedien Wiesbaden. doi:10.1007/978-3-658-29433-5.
- Trommsdorff, M.; Gruber, S.; Keinath, T.; Hopf, M.; Hermann, C.; Schönberger, F.; Högy, P.; Zikeli, S.; Ehmann, A.; Weselek, A.; Bodmer, U.; Rösch, C.; Ketzer, D.; Weinberger, N.; Schindele, S.; Vollprecht, J. (2020): AGRI-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende: Ein Leitfaden für Deutschland. Oktober 2020. Fraunhofer ISE.
- Varela Villarreal, J.; Burgués, C.; Rösch, C. (2020): Acceptability of genetically engineered algae biofuels in Europe: opinions of experts and stakeholders. 2020. *Biotechnology for biofuels*, 13 (1), Article: 92. doi:10.1186/s13068-020-01730-y.

Unterthema 3: Urbane und ländliche Lebensräume und Ressourcenfluss

In der Stadt- und Quartiersforschung wurden die Arbeiten zur inhaltlichen Ausrichtung und organisatorischen Ausgestaltung für das „Karlsruher Transformationszentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel“ (KAT) mit Schwerpunkt auf der theoretischen und praktischen Weiterentwicklung des Forschungs- und Entwicklungsformates „Reallabor“ weitergeführt. Gemeinsam mit den transdisziplinär und transformativ ausgerichteten Projekten „Quartier Zukunft – Labor Stadt“, „Klimaschutz gemeinsam wagen!“, „Energietransformation im Dialog“, „AudaCity“ (im Rahmen des Global Consortium of Sustainability Outcome) und „GrüneLunge“ wurden Fragen der urbanen Transformation zu nachhaltigem Konsum, Partizipation, Energiewende, Klimaschutz im städtischen Alltag oder klimawandel-resilientem urbanem Baumbestand behandelt (Bögel et al. 2020a und b, Upham 2020b, Parodi et al. 2020), ebenso Bedingungen und Formen der Kooperation zwischen Forschungseinrichtungen und Stadtverwaltung. Das Projekt „Connect to transform“ fokussiert auf das Zusammenwirken von Regierung, Industrie, Wissenschaft und Transition-Initiativen als Katalysatoren für nachhaltige Stadtentwicklung, primär auf dem Gebiet Mobilität (Becker et al. 2020, Upham et al. 2020 a). Visionen einer an utopischen und dystopischen Szenarien orientierten urbanen Transformation widmet sich das Projekt „X-topien“. Erfolgreich beim MWK beantragt wurde das Projekt „KARLA“, in dem mit Schwerpunkt auf Klimaschutzmaßnahmen in Karlsruhe in den Feldern Mobilität, Facharbeiterausbildung, Bauwesen und Ernährung Transformationsexperimente durchgeführt und ein „Klima-Pakt“ der ortsansässigen Hochschuleinrichtungen etabliert werden. Mögliche Folgen der Corona-Krise für Wissenschaft und Gesellschaft wurden in einer Studie behandelt und erste Ergebnisse veröffentlicht.

Auf dem Gebiet der Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden und Quartieren lag der Schwerpunkt der Arbeiten zum einen auf der Frage, was zentrale Handlungsfelder zur Realisierung klimaneutraler Quartiere insbesondere aus Sicht von Praxisakteuren sind und welchen Beitrag diese zur Gestaltung und Wirkungsabschätzung von klimaschutz- und ressourceneffizienzbezogenen Maßnahmen leisten können. Zum anderen wurden die Arbeiten zu geeigneten politischen Rahmenbedingungen für klima- und ressourcenschonende Gebäudegestaltungsprozesse sowie zur Erhebung und Bearbeitung produkt- und gebäude-bezogener Daten fortgesetzt. Es wurden Analysen zu in Gebäuden und Baumaterialien enthaltenen Treibhausgasemissionen sowie Vergleiche zwischen verschiedenen hierfür angewendeten nationalen LCA-Ansätzen und methodischen Standards durchgeführt (Röck et al. 2020, Passer et al. 2020). Weiterhin wurden Arbeiten zur Ausgestaltung von Managementsystemen

zur Kategorisierung und Erfassung von in Baumaterialien enthaltenen (Schad)stoffen sowie zu innovativen Geschäftsmodellen (z.B. Energiespar-Contracting) durchgeführt, die zur Unterstützung von Maßnahmen zu Klimaschutz und Ressourcenschonung beitragen können.

Des Weiteren wurden die Arbeiten im Projekt KoOpRegion begonnen, in dem es um interkommunale Kooperationsoptionen für eine nachhaltige Planung und Nutzung von Gewerbeflächen in der Region Nordschwarzwald geht, mit dem Ziel, Beiträge zu einer nachhaltig(er)en Entwicklung der Region zu leisten. Es wurde mit der Entwicklung einer konzeptionell-definitiven Grundlage für Nachhaltigkeit in Planung, Nutzung und Management von Gewerbeflächen begonnen - eine im Rahmen des Forschungsfelds der nachhaltigen Stadt- und Regionalentwicklung noch relativ wenig bearbeitete Thematik. Darauf aufbauend sollen gemeinsam mit Praxisakteuren Kriterien und Indikatoren entwickelt werden, um Nachhaltigkeitseffekte gewerblicher Flächennutzung, interkommunaler Kooperationen und politischer Maßnahmen in diesem Zusammenhang bewerten sowie die Gestaltung und Bewertung von Szenarien für die Region unterstützen zu können.

Im Rahmen des erfolgreich eingeworbene BMBF-Projekts Nährstoffgemeinschaften für eine zukunftsfähige Landwirtschaft „Rural Urban Nutrient Partnership (RUN)“ wurden im Berichtszeitraum aufbauend auf das Integrative Konzept zur Nachhaltigen Entwicklung (IKoNE) eine umfassende Indikatorenliste entwickelt, die nun mit Stakeholder auf Vollständigkeit und Redundanzen geprüft wird. Die Herausforderungen, die sich bei der Entwicklung der Indikatoren gezeigt haben, sind vielfältig: Abgrenzung einer zweckdienlichen geographischen Systemgrenze sowie die Definition von zweckdienlichen Szenarien. Das Projekt adressiert bisher i.A. getrennt betrachtete Teilsysteme, die sich geographisch überschneiden: Wasser-, Abwasser- und organische Abfälle werden in der betrachteten Region von unterschiedlichen Organisatoren verantwortet, deren Einzugsgebiete und Zuständigkeiten räumlich nicht identisch sind. Hinzu kommt, dass landwirtschaftliche Betriebe sich der räumlichen Zuordnung der Ver- und Entsorgungsbetriebe entziehen. Bei der Szenarienentwicklung ist die Einflussstärke der nationalen, europäischen sowie globalen Entwicklungen auf der einen Seite auf die regionalen Entwicklungsmöglichkeiten zu beachten.

Parallel zu diesen Arbeiten wurden zwei Studien veröffentlicht, die das Thema Wasser-Energie-Nexus in unterschiedlichen Kontexten adressieren. Die eine Studie (Friedrich et al., 2020; Friedrich 2020) zeigt die Möglichkeiten und Grenzen auf, das Abwassersystem in einer bestehenden Wohnsiedlung in Heidelberg nachhaltig zu gestalten. Das innovative Abwassersystem sieht eine Trennung der Abwasserströme in Grau- und Schwarzwasser vor und die Nutzung dieser für energetische Zwecke. Auf der einen Seite stehen die energie-, umwelt- und ressourcenbezogenen Vorteile den höheren finanziellen Ressourcenbedarfen speziell bei der Installation des innovativen Systems gegenüber. Die potenzielle Verbesserung des Wohnumfelds (Grün-Blau-Fläche) wiederum konkurriert in der Einschätzung mit der unsicheren Akzeptanz gegenüber der Installation eines innovativen, in der Praxis noch nicht erprobten, Systems. Die zweite Studie (Vergara et al. 2020) untersucht die energie-, umwelt- und ressourcenbezogenen Wirkungen eines innovativen Abwassersystems in einer rasch wachsenden Wohnsiedlung in Valparaiso, Chile. Hier zeigt sich, dass die Implementierung eines innovativen Systems zum Teil erheblich zur Wärme- und Elektrizitätsbereitstellung in der Siedlung beitragen könnte, während die Entlastung der Umweltwirkungen gegenüber dem aktuellen System ebenfalls nennenswert ist.

Die Diskussion um ein nachhaltiges Abfallsystem in urbanen Räumen hängt sehr stark von historischen und kulturellen, aber auch ökonomischen Randbedingungen ab. In einer Studie (Fuss et al. 2020; 2021) wurde u.a. die Frage aufgeworfen, inwieweit innovative Abfallbehandlungstechnologien zu einer Verbesserung der Nachhaltigkeit eines Abfallsystems führen, wenn die Installation dazu führt, dass einer sozialen Gruppe, den informellen Abfall-

sammeln, dadurch eine wichtige Einkommensquelle entzogen wird, aber gleichzeitig keine alternativen Einkommensmöglichkeiten angeboten werden (können).

Bei der Bewertung von lebenswegbasierten Umweltwirkungen von Energietechnologien wird i.A. ein linearer Zusammenhang zwischen der Leistung und den Umweltwirkungen angenommen. In einer methodisch angelegten Arbeit (Bahlawan et al. 2020) wurde gezeigt, dass dies bei Energietechnologien, die primär in Gebäuden eingesetzt werden, für bestimmte Emissionen zu erheblichen Fehleinschätzungen führen kann.

Aufbauend u. a. auf den Ergebnissen des 2016 abgeschlossenen Projekts LeNa: Leitfaden Nachhaltigkeitsmanagement für Forschungsorganisationen wurden die Arbeiten im Projekt des KIT ZUKUNFTSCAMPUS zu Grundlagen, Inhalten und Umsetzung eines Nachhaltigkeitsreporting am KIT aufgenommen. U. a. hierauf aufbauend wurden Beiträge zur Gestaltung des Querschnittsthemas Nachhaltigkeit im aktuell entstehenden Struktur- und Entwicklungsplan 2022-2026 des KIT erarbeitet. Es umfasst grundlegende Aussagen zur Ausrichtung des KIT und seiner Kernaufgaben am Nachhaltigkeitsleitbild sowie eine Reihe von Maßnahmen zur praktischen Umsetzung. Diese reichen von der Einrichtung eines Runden Tisches und eines Sustainability Office, der Entwicklung einer Nachhaltigkeitsstrategie, das Angebot entsprechender Lehrmodule, die Etablierung eines integrierten Nachhaltigkeits-Managementsystems sowie eines entsprechenden Berichtssystems bis hin zu konkreten Maßnahmen zu Klimaschutz und Ressourcenverbrauchsminderung.

Die Arbeiten zu Bedingungen, Ausgestaltung und Umsetzungspfaden einer gesellschaftlich verantwortlichen, zu nachhaltiger Entwicklung beitragenden Forschung wurden in Form der Mitwirkung an einem erfolgreichen Projektantrag beim BMBF fortgeführt. In Rahmen des 2021 beginnenden Projekt „LeNa Shape: Forschen in gesellschaftlicher Verantwortung – Gestaltung, Wirkungsanalyse, Qualitätssicherung“ sollen fortschrittliche, den Anspruch gesellschaftlicher Relevanz und Verantwortung besser abbildende Kriterien für die Qualität bzw. Exzellenz von Forschung entwickelt werden, anhand derer auch Methodiken zur Analyse der Wirkung von Forschung auf die Realisierung einer global nachhaltigeren Entwicklung verbessert werden können.

Bahlawan, H.; Poganietz, W.R.; Spina, P.R.; Venturini, M. (2020): Cradle-to-gate life cycle assessment of energy systems for residential applications by accounting for scaling effects. *Applied Thermal Engineering* 171 (2020) 115062. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2020.115062.

Becker, S.; Bögel, P.M.; Upham, P. (2020): The role of social identity in institutional work for sociotechnical transitions: the case of transport infrastructure in Berlin. *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120385.

Bögel, P. M.; Upham, P.; Shahrokni, H.; Kordas, O. (2020b): What is needed for citizen-centered urban energy transitions: Insights on attitudes towards decentralized energy storage. *Energy policy*, 112032 doi:10.1016/j.enpol.2020.

Bögel, P.M.; Upham, P.; Castro, P. (2020a): Thinking about the differing contributions of psychology and sociology for understanding sociotechnical transitions perspectives on energy supply and use. *Tecnoscienza – Italian Journal of Science and Technology Studies*, 10(2), pp. 121-152. <http://www.tecnoscienza.net/index.php/tsj/article/view/396>.

Friedrich, J. (2020): Nachhaltigkeitsbewertung von Systemalternativen zur Gestaltung des Wasser-Energie Nexus im städtischen Gebäudebestand. Karlsruhe (zugl. Dissertation KIT).

Friedrich, J.; Poganietz, W.R.; Lehn, H. (2020): Life-cycle assessment of system alternatives for the Water-Energy-Waste Nexus in the urban building stock. *Resources, Conservation & Recycling* 158 (2020) 104808. doi: 10.1016/j.resconrec.2020.104808.

Fuss, M.; Barros, R.T.V.; Poganietz, W.R. (2020): *Implementing Mechanical Biological Treatment in an emerging waste management system predominated by waste pickers: A Brazilian case study*. *Resources, Conservation & Recycling* 162, 105031. doi: 10.1016/j.resconrec.2020.105031.

Fuss, M.; Barros, R.T.V.; Poganietz, W.R. (2021): The Role of a Socio-integrated Recycling System in Implementing a Circular Economy – the Case of Belo Horizonte, Brazil. *Waste Management* 121, S. 215-225. doi:10.1016/j.wasman.2020.12.006.

Parodi, O.; Trenks, H.; Waitz, C.; Meyer-Soylu, S.; Seebacher, A.; Quint, A. (2020): Dein Quartier und Du. Nachhaltigkeitsexperimente im Reallabor zu Nachbarschaften, Bienen, Naschbeeten, Kreativität und Konsum. KIT Scientific Publishing. Karlsruhe DOI: 10.5445/KSP/1000076132.

Passer, A.; Lützkendorf, T.; Habert, G.; Kromp-Kolb, H.; Monsberger, M.; Eder, M.; Truger, B. (2020): Sustainable built environment: transition towards a net zero carbon built environment. In: *International journal of life cycle assessment*, 25 (6), pp. 1160–1167. doi:10.1007/s11367-020-01754-4.

Röck, M.; Saade, M. R. M.; Balouktsi, M.; Rasmussen, F. N.; Birgisdottir, H.; Frischknecht, R.; Habert, G.; Lützkendorf, T.; Passer, A. (2020): Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. In: *Applied energy*, Vol. 258, Artikel Nr. 114107. doi:10.1016/j.apenergy.2019.114107

Stelzer, V.; Kopfmüller, J. (2020): Sustainability Assessment: Integrative Concept, Methodology and Examples. In: Binder, C. (Ed.): *Sustainability Assessment of Urban Systems*. Cambridge, pp. 161–180. doi:10.1017/9781108574334.

Upham, P.; Bögel, P.M.; Dütschke, E. (2020a): Thinking about individual actor-level perspectives in sociotechnical transitions: A comment on the transitions research agenda. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 34, pp. 341-343.

Upham, P.; Bögel, P.M.; Dütschke, E.; Burghard, U.; Oltra, C.; Sala, R.; Lores, M., Brinkmann, J. (2020b): The revolution is conditional? The conditionality of hydrogen fuel cell expectations in five European countries. *Energy Research and Social Sciences*, 70, Art. Nr. 101722.

Vergara-Araya, M.; Lehn, H.; Pogonietz, W.R. (2020): Integrated water, waste and energy management systems – A case study from Curauma, Chile. *Resources, Conservation & Recycling* 156 (2020) 104725. doi: /10.1016/j.resconrec.2020.104725.

Programmthemenübergreifende Aktivitäten

TIS ist am aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds geförderten Zukunftsthema „Energiesystemintegration“ beteiligt und Ziel dieses Projektes ist es, umweltverträgliche, effiziente, flexible und zugleich stabile Energiesysteme für die Zukunft maßzuschneidern. Die TIS-Beteiligten arbeiten gemeinsam im Work Package ‚Sozio-Ökonomie‘. Im Arbeitspaket 3 wurden die Ergebnisse der Modellrechnungen der einzelnen Gruppen, basierend auf gemeinsam entwickelten Storylines und harmonisierten Eingangsdaten, abgestimmt und zusammengeführt. Aufbauend auf Datensätzen für die Klimaszenarien wurden Analysen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf das Energiesystem, insbesondere auf Potenziale von Erneuerbaren-Anlagen und die Resilienz des Energiesystems, durchgeführt und in die Storylines eingeordnet. Die sektorale Analyse zur Nutzung von Photovoltaik und Batteriespeichern in privaten Haushalten wurde mit einem Akteursmodell sowie einer technoökonomischen Analyse (teil-) energieautarker Wohngebäude abgestimmt bzw. zusammengefügt. Dies erlaubt eine Betrachtung von Entwicklungen aus einer multidimensionalen Perspektive. Deutlich werden die Abhängigkeiten von Entwicklungen aufgrund von ökonomischen (z.B. Preise für Energieträger, Kosten für die Anschaffung und den Betrieb einzelner Technologien), politischen (z.B. energie- und umwelt-politische Vorgaben) und technologischen (z.B. Verfügbarkeit und Wirkungsgrad technologischer Optionen) Faktoren sowie von Einflussgrößen auf Haushaltsebene (z.B. Autarkiebestreben, Einstellungen zu Technologien) und umweltseitigen Rahmenbedingungen (z.B. Klimaveränderungen). Durch iterative Prozesse zwischen technoökonomischen Simulations- und Optimierungsmodellen mit Cross-Impact Analysen wurde gezeigt, dass und wie sich die gegenseitige direkte und indirekte Beeinflussung der Faktoren durch eine Kombination unterschiedlicher Modellierungsansätze erfassen lassen. Die Ergebnisse werden aktuell in mehreren Veröffentlichungen zusammengefasst und sollen im Laufe des Jahres 2021 in Fachzeitschriften veröffentlicht werden.

TIS ist ebenfalls an der gemeinsamen Initiative des FB Energie „Energy System 2050“ (ES2050) beteiligt. Im Rahmen von ES2050 wird die Integration von für die Energiewende wesentlichen Technologien in das Energiesystem untersucht und es werden Lösungen erarbeitet, um die teilweise stark fluktuierenden erneuerbaren Energien erfolgreich in die Energieversorgung einzubinden. Dazu ist es wichtig, technisch-naturwissenschaftliche, ökologische, ökonomische und soziale Aspekte frühzeitig und umfassend zu analysieren und zu berücksichtigen. TIS entwickelt im Rahmen von ES2050 eine Methode zur lebenszyklusorientierten Nachhaltigkeitsbewertung von Technologien, die aus den Elementen Life Cycle Costing (LCC), Life Cycle Assessment (LCA) sowie einer Bewertung anhand sozialer Indikatoren besteht, die nach Abschluss des Projekts in einem renommierten Journal veröffentlicht werden soll. Daneben wurde ein Ansatz zur Quantifizierung des Ressourcenbedarfs in ambitionierten nationalen und globalen Energieszenarien entwickelt und erste Ergebnisse einer

Abschätzung des resultierenden Bedarfs an vier kritischen Materialien bei einer internationalen Fachzeitschrift veröffentlicht.

Gemeinsam wurden in einem ersten Schritt „Innovationsdynamik“, „soziale Akzeptanz“ und „nationale Wertschöpfung“ als soziale Nachhaltigkeitsindikatoren festgelegt und analysiert. Indikatorenauswahl und Entwicklung der Methodik erfolgten übergreifend und wurde für die drei Fallstudien „Speicher und Netze“, „Biogene Energieträger“ und „Pfadanalyse Wasserstoff“ konkretisiert. Die prospektiven LCA- und LCC-Analysen greifen auf Rahmendaten aus einem Szenario aus dem HGF-Projekt „EnergyTrans“ zurück. Die Erkenntnisse und Ergebnisse aus der Bewertung der Fallstudien bilden die Grundlage für eine Nachhaltigkeitsbewertung auf der Systemebene. Die Methodik und die Ergebnisse der Patentanalyse wurden publiziert. Aufbauend auf diesen Arbeiten wurde im Berichtszeitraum die bisherigen Ergebnisse reflektiert und in ein neues PoF-finanziertes Projekt überführt, welches sich verstärkt mit den methodischen Herausforderungen eines MCDA und den damit verbundenen prospektiven LCA- und LCC-Analysen beschäftigt.

Helmholtz-Klimainitiative HI-CAM -: Anpassung und Vermeidung

HI-CAM ist eine Forschungsinitiative der Helmholtz-Gemeinschaft zur Anpassung an den und Minderung des Klimawandels. In den nächsten zwei Jahren werden sich Wissenschaftler/innen und Kommunikationsspezialist/innen von HI-CAM auf die folgenden drei Themen konzentrieren:

- (i) die Entwicklung von wissenschaftsbasierten Szenarien zur Unterstützung einer Minderungsstrategie, die zu einem klimaneutralen Deutschland im Jahr 2050 führt,
- (ii) die Entwicklung von sektorellen Wirkungsprojektionen und deren sektorübergreifender Vernetzung, um aus systemischer Sicht eine angemessene Anpassung an Klimaextreme zu entwickeln,
- (iii) die Entwicklung kohärenter Kommunikationsstrategien und -kampagnen zur Sensibilisierung und Interaktion mit der Gesellschaft für das Thema Auswirkungen, Risiken und Herausforderungen des Klimawandels.

Das Programm TIS wird sowohl an der Minderungs- als auch an der Anpassungsforschung beteiligt sein und die Ergebnisse im Rahmen des Kommunikationsprojekts präsentieren. Das Minderungsprojekt konzentriert sich auf die Entwicklung eines neuen Netto-Null-Kohlenstoff-Szenarios für das Energiesystem in Deutschland (Projekt 1.2). Dieses Szenario wird in enger Zusammenarbeit mit DLR, FZJ, HZG/Gerics und UFZ entwickelt. DLR und FZJ werden die Nachhaltigkeitswirkungen des Energieszenarios aus der Sicht unterschiedlicher Stakeholder bzw. unter der Berücksichtigung von sozialen und ökologischen Gesichtspunkten bewerten. Im Projektbereich „Anpassung“ wird der Schwerpunkt unserer Forschungen auf den Auswirkungen des Klimawandels auf die räumliche und zeitliche Verfügbarkeit von Wind- und Sonnenenergie liegen. Auch die Auswirkungen auf Strom-, Wärme- und Kältebedarf und deren zeitlichen Verlauf werden untersucht. Die Erkenntnisse wie z.B. Spitzenlast und Anlagenauslastungen finden Eingang in die Szenarien im Projektbereich „Minderung“. (<https://www.netto-null.org>)

Strategische Themen

Nachwuchsförderung

Die Gewinnung, Ausbildung und Förderung von exzellenten Nachwuchswissenschaftler/innen in und nach der Promotionsphase sind von hoher strategischer Bedeutung. Mög-

lichkeiten zur Weiterbildung, Unterstützung von Auslandsaufenthalten und allgemein der Nachwuchsförderung bestehen am KIT über das Karlsruhe House of Young Scientists (KHYS). Die DFG fördert seit 2019 ein neues Graduiertenkolleg mit dem Titel „Maßgeschneiderte Multiskalenmethoden für Computersimulationen von nanoskaligen Materialien“ (GRK 2450). Hierüber können in TIS insbesondere epistemische Aspekte von Computer Simulationen erforscht werden. Das Young Investigator Group Preparation Program des KIT bietet für eine Wissenschaftlerin in TIS die Möglichkeit, einen Antrag für eine drittmittelfinanzierte Junior Research Group vorzubereiten und somit den Weg zu einer Juniorprofessur zu ermöglichen. Ebenso wurde eine Nachwuchsgruppe zum Thema “Assessing the dilemma between increasing resilience and maintaining sustainability under climate change in social-ecological systems” auf dem Gebiet der inter- and transdisziplinären sozial ökologischen Forschung eingerichtet (Junior Research Group Sylvanus).

Weiterhin wurde das 2016 eingeführte Promotionskolleg „Energiesysteme und Ressourceneffizienz“ (ENRES) als ein Begleitprogramm für Doktorand/innen in der Kooperation von KIT und den Hochschulen Stuttgart und Pforzheim fortgeführt. Mittlerweile sind die ersten Dissertationen abgeschlossen. Zurzeit wird an einem Antrag für eine weitere Förderung gearbeitet. Das von DLR und KIT sowie externen Partnern gemeinsam betriebene Helmholtz-Kolleg ESS (Energieszenarien. Konstruktion, Bewertung und Konsequenzen, www.energyscenarios.kit.edu) wurde im August 2020 beendet. Zurzeit finden Beratungen über eine Fortführung statt.

Chancengleichheit

Die Wahrung und Förderung der Chancengleichheit ist eine der insgesamt sechs Dimensionen des Diversitätskonzeptes des KIT. Dieses schließt die Vereinbarkeit von Beruf und Familie, Generationenmanagement, Fachkultur, Inklusion und Interkulturalität ein. Die Chancengleichheit für Frauen ist Bestandteil der KIT Gesetzes, der KIT Strategie 2025 wie auch des Struktur- und Entwicklungsplans des KIT. Im Dezember 2020 erhielt das KIT erneut das Zertifikat „audit familiengerechte hochschule“ für weitere drei Jahre – die Auszeichnung erfolgte bereits zum vierten Mal in Folge. Besonderes Augenmerk liegt hier aktuell auf Angeboten und Lösungen im Rahmen der Corona-Maßnahmen.

Vernetzung

Das KIT ist seit 2017 (Gründungs-)Mitglied von GCSO (Global Consortium for Sustainability Outcomes), eines internationalen Netzwerks an Universitäten, das sich der Entwicklung und Verbreitung wirkungsorientierter Nachhaltigkeitsprojekte verschrieben hat. Seine zwölf Mitgliedsinstitutionen (auf vier Kontinenten) erarbeiten gemeinsam und mit dem Ziel der Skalierung zu Nachhaltigkeitstransformationen potentielle Lösungen für weltweite Nachhaltigkeitsprobleme mit dem Schwerpunkt auf der Ausweitung für größere Anwendungsfelder. Derzeit werden mehrere Projekte bearbeitet: “Building Capacity for Climate Resilience and Sustainability in Cities” (CapaCity, gemeinsam mit der Portland State University, der Arizona State University (ASU), der Leuphana Universität Lüneburg und UNAM, Mexico), “AudaCity” (The Audacious Partnerships Program: Foregrounding Partnership Development in the Generation of Sustainability Solutions), “Implementing Off-Grid Renewable Energy to Create Social Value and Community Development” (Center for Energy and Society der ASU in Partnerschaft mit vier Organisationen aus Bolivien, Uganda, Nepal und Philippines), sowie das Projekt “Accelerating Grassroots Renewable Energy Solutions and Multiplying their Sustainability Impact”. Im Berichtszeitraum kam das Projekt “Urban Heat” hinzu. Das Projekt “Implementing Off-Grid Renewable Energy to Create Social Value and Community Development”

(Center for Energy and Society der ASU in Partnerschaft mit vier Organisationen aus Bolivien, Uganda, Nepal und Philippines) wurde 2020 beendet.

TIS führt die Verbundkoordination des transnationalen EU-ERA-NET-Projekts FUTUREBODY. Mit ERA-NET wird die Zusammenarbeit zwischen nationalen und regionalen Forschungsförderorganisationen bzw. Programmagenturen (zum Beispiel Ministerien, DFG, Projektträgern u.a.) gefördert und koordiniert. Die Fragmentierung des Europäischen Forschungsraums (EFR) soll überwunden werden, indem nationale Programme besser aufeinander abgestimmt, synchronisiert und möglichst in transnationalen Kooperationen gemeinsam umgesetzt werden.

TIS ist in verschiedenen Joint Programs (JP) des EU Energy Research Alliance (EERA) vertreten. Dabei versteht sich EERA als einen wesentlichen Forschungsverbund zur Umsetzung des European Strategic Energy Technology (SET) Plans. Im JP Energy Storage ist ein Wissenschaftler aus TIS Koordinator des Subtopics Techno-Economics and Sustainability (<https://eera-es.eu/sp6-techno-economics-energy-storage/>), weiterhin ist ein Wissenschaftler im Management Board im JP Economic, Environmental and Social Impacts („e3s“) vertreten. Hier sind europäische Forschungseinrichtungen vernetzt, die primär die komplexe Interdependenz von sozio-technischen Elementen von Energiesystemen untersuchen.

Auf Initiative von TIS wurde das Global TA Network gegründet. Institutionen aus 27 Staaten sind bereits Mitglieder. Das erste gemeinsame Projekt ist den Technikfolgen der KI gewidmet.

Drittmittelinwerbungen

Ausgewählte Drittmittelerfolge 2020 sind folgend nach der Förderung aufgeführt:

EU

SUPEERA – Support to the coordination of national research and innovation programmes in areas of activities of the European Energy Research Alliance. Das Projekt wird die am SET-Plan beteiligten Energieforschungsorganisationen unterstützen, indem es die in den Umsetzungsplänen vorgesehenen Maßnahmen überwacht und optimiert und ein stärkeres Engagement der EU-13-Länder fördert (siehe auch Kapitel 3.3). (EC durch EERA, https://www.itas.kit.edu/fg_zukuenfte_poga20_supeera.php)

Umgang mit Deepfakes im neuen KI-Rechtsrahmen: Im Rahmen des Projekts werden Literaturanalysen und Experteninterviews durchgeführt, um Deepfake-Techniken, künftige Anwendungsszenarien und ihre ökonomischen, sozialen, ethischen und rechtlichen Auswirkungen in den Blick zu nehmen. Anhand der Ergebnisse werden politische Optionen entwickelt, die für die Ausschüsse des Europäischen Parlaments relevant sind und die aktuellen Aktivitäten der Europäischen Kommission begleiten.

Bundesministerien (BMBF, BMWi, BMEL)

CO₂-WIN – CO₂ als nachhaltige Kohlenstoffquelle – Wege zur industriellen Nutzung. Die hohen CO₂-Emissionen sind eine der Hauptursachen des Klimawandels. Rund 90 Prozent stammen aus der Verbrennung fossiler Rohstoffe, etwa in Energiewirtschaft und Industrie. Ziel ist es, diese Bilanz zu verbessern und CO₂ aus Industrieabgasen als Wertstoff nutzbar zu machen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des TIS sind für die integrierten Nachhaltigkeitsbewertungen in zwei Verbundvorhaben verantwortlich.

PRODIGY - PROzessentwicklung in Der Gas-Feststoff PhotokatalYse für die Reduktion von CO₂ – TP 5: Effizienz- und Nachhaltigkeitsoptimierung (BMBF)

CO₂SimO - Photoelektrochemische CO₂-Reduktion bei Simultaner Oxidativer Wertstoffgewinnung, Teilvorhaben 6: Effizienz- und Nachhaltigkeitsempfehlung (BMBF)

DaDuHealth: Datenzugang und Datennutzung in der medizinischen Versorgung, Gesundheit und Freizeit. Eine ethische, rechtliche und soziale Analyse - TP4 Consumer Health Technology. Das Projekt analysiert rechtliche und ethisch-konzeptionelle Rahmenbedingungen der Datennutzung und untersucht institutionelle Vorgaben, soziale Trends, Nutzungsverhalten und Stakeholder-Interessen im medizinisch-institutionellen und im Consumer-Health-Technology-Bereich. Die Arbeiten von TIS konzentrieren sich auf Governance-Fragen und orientieren sich an einem integrativen RRI-Ansatz.

ENSURE: Ein Ziel der zweiten Phase von ENSURE (2020-2023) ist es, bis 2050 ein Gesamtkonzept für die Energieversorgung zu entwerfen. Wichtig dabei ist, dass dieses in den sozioökonomischen Rahmen eingebettet ist und dass die Ergebnisse auf Deutschland und Europa übertragbar sind. Seit Februar 2020 bereitet ENSURE die Entwicklung des neuen Netzes auch in der Praxis vor. Die Partner haben gemeinsam ein Konzept für den „Energiekosmos ENSURE“ erarbeitet. Die Pilotregion liegt in Schleswig-Holstein, wo besonders viele zukünftige Anforderungen schon heute getestet werden können. Dort sollen möglichst viele Anwendungen realisiert werden.

ErWiN: Erweiterung des ökologischen, waldbaulichen und technischen Wissens zu Waldbränden: Teilvorhaben 5: Entwicklung waldbaulicher Strategien für die Verjüngung feuergeschädigter Bestände. Häufigere Dürreperioden können dazu führen, dass die Zahl von Waldbränden in Deutschland steigt. Gemeinsam mit weiteren Instituten des KIT will TIS dazu beitragen, ihre Dynamik besser zu verstehen und den Wald widerstandsfähiger zu machen.

TrafoKommunE: Transformationsprozess für die kommunale Energiewende - sektorengesoppelte Infrastrukturen und Strategien zur Einbindung von lokalen Akteuren. Im Rahmen des geplanten Verbundvorhabens sollen technische und strategische Handlungsempfehlungen für Stadtwerke und Verteilnetzbetreiber entwickelt werden. Hierfür werden auf Basis von Szenarien Maßnahmen zur Umrüstung (Transformationspfade) und zur Kopplung der Energieinfrastrukturen (Strom, Wärme, Gas und Mobilität) verallgemeinert für den ländlichen und den städtischen Raum erarbeitet. TIS konzentriert sich vor allem die Rolle der Gesellschaft in der Energiewende.

Verbundvorhaben KoOpRegion: Kommunale Kooperationsoptionen für die nachhaltige Flächennutzung in der Region Nordschwarzwald - Teilvorhaben D: Nachhaltigkeitsbewertung von Maßnahmen mittels Indikatoren. Das Forschungsprojekt zeigt auf, wie städtische und ländliche Kommunen von einer Zusammenarbeit und einer Verbesserung der nachhaltigen Landnutzung profitieren können. Ziel ist eine gemeinsame Strategieentwicklung auf regionaler Ebene, die folgende drei Handlungsebenen praxisnah miteinander verbindet: Flächenmanagement, Nachhaltigkeit und interkommunale Kooperation. Es sollen Handlungsoptionen herausgearbeitet, Nachhaltigkeitsindikatoren-Sets entwickelt sowie partizipative Methoden angewandt und Instrumente wie bspw. ein Entscheidungshilfe-Tool an die Hand gegeben werden

Verbundprojekt ZuSkE: Die Zukunft der Sektorkopplung auf kommunaler Ebene – gemeinsam gestalten, bewerten und handeln. Ziel dieses Vorhabens ist es, kommunale Sektorkopplungsstrategien inter- und transdisziplinär zu entwickeln und zu bewerten. Zum anderen steht eine nutzerzentrierte, partizipative Entwicklung von Kommunikationstools für lokale Akteure im Zentrum des Vorhabens, die die Kommunen im Transformationsprozess (und darüber hinaus) unterstützen sollen. Das Projekt wird anhand von drei Beispiel-Kommunen unterschiedlicher Größe und regionaler Gegebenheit durchgeführt. Im Einzelnen sind dies Walldorf (Baden-Württemberg), Freilassing (Bayern) und die Stadt Berlin. Eine Übertragbarkeit der Methodik und des Prozessdesigns auf andere Kommunen wird angestrebt.

Weitere (Stiftungen)

Neue Methoden grüner Gentechnik: Ablehnungsgründe und Erwartungen in der Bevölkerung: Vor dem Hintergrund vielbeachteter neuer biotechnologischer Entwicklungen insbesondere in der Genomeditierung liegt der Fokus des Projekts regional auf Baden und dem Rhein-Neckar-Gebiet und bei der Zielgruppe auf denjenigen, deren Ablehnung der Gentechnik eher schwach ausgeprägt ist. Mit Teilnehmenden aus der Zielgruppe wird in methodisch innovativen Workshops vertieft den Gründen ihrer Ablehnung, Skepsis oder Distanz zur grünen Gentechnik nachgegangen.

Solarenergie für die Ernährungssouveränität von Familien am Flussufer: Dieses angewandte Forschungsprojekt verfolgt einen partizipativen und integrativen Ansatz, in dem die Mitglieder einer Kommune die Hauptakteur/innen sind. Das Projekt verfolgt drei Hauptziele. Erstens, die Förderung der Solarenergienutzung und der sanitären Grundversorgung für 50 ländliche Familien, die in der Gemeinde Ilha das Cinzas im brasilianischen Amazonasgebiet im Bundesstaat Pará leben. Zweitens, die erfolgreiche Übertragung des Projektmanagements und des Betriebs der Anlagen auf die Lokalverwaltung. Drittens, die Weiterentwicklung des Konzepts des sozialen Werts von Energie („Social Value of Energy“) mit dem Ziel, den sozioökonomischen Nutzen zu maximieren und gleichzeitig die Risiken und Belastungen lokaler Familien durch den Zugang zu Strom zu verringern.

Urbane Xtopien: Freiräume der Zukunft: Ziel des Projektes ist es, Menschen die Mitwirkung an der Entwicklung und Umsetzung einer großen urbanen Transformation zu ermöglichen. Dafür entwickeln wir als innovatives Werkzeug urbane Xtopien. Diese verbinden utopische und dystopische Zukunftsbilder mit experimentellen, kreativen und analytischen Zugängen, um Zukunftsfähigkeiten zu fördern. Dies geschieht am Beispiel städtischer Freiräume mit neun Interventionen in drei Städten in Kooperation mit dem Deutschen Institut für Urbanistik, der Universität Kassel, Transition Town Eberswalde, der Westfälische Hochschule und selbständigen Raumplanern.

Wissens- und Technologietransfer

Wissenstransfer erfolgt in TIS durch online-Informationsplattformen, TA spezifische Netzwerke, Politikberatung auch über das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag sowie durch öffentliche Veranstaltungen und Dialoge mit Bürgern zu vielfältigen Themen wie z.B. zur Energiewende und zum autonomen Fahren:

Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) wird von Wissenschaftler/innen des TIS bis zum 31. August 2023 zusammen mit den beiden Partnern IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH (Berlin) und VDI/VDE Innovation und Technik GmbH (Berlin) betrieben (Erstbeauftragung 1990).

Als federführende Institution einer Gruppe von europäischen Einrichtungen („European Technology Assessment Group“- ETAG) beraten Mitglieder des TIS seit Oktober 2005 auch das Europäische Parlament in Fragen der sozialen, ökonomischen und ökologischen Bedeutung neuer wissenschaftlich-technischer Entwicklungen. Angesichts der wachsenden Bedeutung der europäischen Wissenschafts- und Technologiepolitik hat das Europäische Parlament beschlossen, die wissenschaftliche Basis der Arbeit des STOA-Panels (Panel for the Future of Science and Technology) durch die feste Einbindung von in der Technikfolgenabschätzung ausgewiesenen wissenschaftlichen Institutionen zu stärken. TIS ist hier für konkrete Projektarbeit als auch für die Koordination innerhalb der ETAG zuständig.

TIS gehört zu den Initiatoren des „Netzwerk TA“ (NTA), der 2004 gegründeten Vereinigung deutscher, österreichischer und schweizerischer Einrichtungen mit 40 institutionellen und ca. 250 persönlichen Mitgliedern. Ziel ist, die Zusammenarbeit zwischen TA-Forschenden und

der Öffentlichkeit im Themenfeld TA zu stärken. Die alle zwei Jahre stattfindenden Konferenzen stehen allen offen und die Teilnahme ist kostenfrei.

Das NTA betreibt das Fachportal Technikfolgenabschätzung openta.net. Hier werden Nachrichten, Termine und Publikationen aus dem NTA aggregiert und die Erstellung personalisierter Dienste ermöglicht (Feeds, Widgets etc.).

Auch auf internationaler Ebene ist TIS in den TA-Wissenstransfer eingebunden: Über das Onlineportal technology-assessment.info vernetzen sich TA-Forschende weltweit mit dem Ziel, die Wissensbasis für politische Entscheidungsträger/innen zu stärken. Außerdem werden über eine Plattform derjenigen Institutionen, die Parlamente in der EU beraten (European Parliamentary Technology Assessment) alle News, Links zu aktuellen Studien, Policy Briefs und EPTA reports aggregiert und kompakt dargestellt (epta-network.org).

Weiterhin ist TIS Herausgeber der begutachteten Open-Access-Zeitschrift „Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis“ (TATuP), die im oekom Verlag erscheint. Prof. Dr. Armin Grunwald ist der Vorsitzende des Herausgebergremiums. Das Konzept der TATuP sieht vor, neben begutachteten wissenschaftlichen Artikeln weitere Textsorten zu veröffentlichen, die in besonderer Weise eine an TA interessierte Öffentlichkeit ansprechen.

Seit 2017 ist Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän als Editor-in-Chief des Journals "Energy Sustainability and Society" tätig. Diese internationale, Open-Access-Journal zielt darauf ab, Naturwissenschaftler/innen, Ingenieur/innen, Sozial- und Politikwissenschaftler/innen sowie Industrieexpert/innen eine Plattform für den Diskussionen über systemische Herausforderungen an der Schnittstelle von Energie, Nachhaltigkeit und Gesellschaft zu bieten. Es ist das besondere Ziel dieser Zeitschrift, inter- und transdisziplinäre Arbeiten zu veröffentlichen, die einen wesentlichen Beitrag zur ganzheitlichen Innovation nachhaltiger Energiesysteme leisten. Durch die Zusammenarbeit mit dem Deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ) leitet Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän zudem die Programmbegleitung des BMWi-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“. Vor allem die wissenschaftliche Vernetzung aller Projektpartner in Form von Publikationen, Pressearbeit, themenspezifischen Workshops und Tagungen steht dabei im Fokus. Schließlich ist Prof. Dr.-Ing. Daniela Thrän Mitglied des EU Bioeconomy Stakeholders Panel, das von der Europäischen Kommission geleitet wird. Das Panel setzt sich aus bis zu 30 Mitgliedern mit Erfahrung aus verschiedenen bioökonomie-relevanten Feldern zusammen, die von der Europäischen Kommission für ein Mandat von bis zu vier Jahren nominiert werden. Das Bioeconomy Panel liefert einen Mehrwert für bestehende Arbeits- und Beratungsgruppen und Ausschüsse der Europäischen Kommission.

Das TIS-Programm führt weiterhin eine öffentliche Veranstaltungsreihe mit dem Titel „technik.kontrovers“ 2020 in einem Online-Format weiter. Wissenschaftler/innen des Programms stellen dabei unterschiedliche Sichtweisen auf die gesellschaftlichen Dimensionen verschiedener Technologiefelder dar und treten damit in einen direkten - und auch kontroversen - Dialog mit Karlsruher Bürger/innen. Im Wissenstransfer wird das TIS-Projekt „Energietransformation im Dialog“ von der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren als eines von deutschlandweit drei besonders innovativen Projekten mit Sondermitteln gefördert, je zur Hälfte gespeist aus Mitteln des Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft und des KIT. Dieses Projekt ist eingebunden in das Reallabor „Quartier Zukunft“ und bietet Formate an, um über die Mitgestaltung der Energiewende zu sprechen. Unterschiedliche Akteure werden dabei zusammengebracht: seien es Bürgerinnen und Bürger, Mitarbeitende aus der Stadtverwaltung, ansässige Gewerbetreibende oder Forschende und Studierende. Zudem beteiligt sich TIS am Aufbau des Karlsruher Transformationszentrum für nachhaltige Zukünfte und Kulturwandel (KAT). Dieses bietet zukünftig ein Dach für eine Fülle an Nachhaltigkeitsaktivitäten, die gemeinsam erprobt und verstetigt werden sollen

Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Im Rahmen der Vorbereitung auf die PoF IV wurde der Prozess der inhaltlichen und anteiligen Überführung des POF III Programms TIS in die neuen PoF IV-Programme abgeschlossen. Die Themen von TIS werden künftig im Programm Engineering Digital Futures (EDF) im FB Information, im Programm Energy System Design (ESD) im FB Energie sowie im Forschungsbereich Erde und Umwelt weitergeführt.

Die Förderung als Exzellenzuniversität in der dritten Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder ermöglicht für das KIT innerhalb von TIS neue Konstellationen. Insbesondere die Reallaborforschung in beiden Feldern Information und Energie kann damit ausgeweitet und auf neue thematische Felder erstreckt werden. Die Academy for Responsible Research, Teaching and Innovation ARRTI wird aus TIS heraus aufgebaut (Prof. Hillerbrand).

Die Beiträge des UFZ zum Programm TIS werden in das gemeinsame PoF-IV-Programm „Changing Earth – Sustaining our Future“ des Forschungsbereichs Erde und Umwelt überführt. Eine Kooperation mit dem Forschungsbereich Energie ist im Rahmen einer CCA „Bioeconomy meets Energy“ geplant.

Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Da die Empfehlungen mit Ende der dritten Programmperiode bereits umgesetzt wurden bzw. dauerhaft in der Umsetzung sind, sind diese im letzten Übergangsjahr zur PoF IV nicht mehr aufgeführt

A.2.1.8.3 Künftige Programmentwicklung

S. Kapitel A.2.1.3.2, Abschnitt „Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen“

A.2.1.8.4 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2020 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2020. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2020.

A.2.1.9 Strategische Initiativen

A.2.1.9.1 Energy Lab 2.0

Das „Energy Lab 2.0“ dient der Erforschung des Zusammenwirkens der Komponenten zukünftiger, überwiegend auf erneuerbaren Energien basierter intelligenter Energienetze. 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 Wissenschaftler/innen 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. Diese Aktivitäten verbinden Arbeiten aus dem Helmholtz-Programm SCI mit Arbeiten der Pro-

gramme EMR und RE. 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 Teilen auch schon in Betrieb genommen werden. Dies gilt für die dem Smart Energy System Simulation and Control Center (SEnSSiCC) zugeordneten vier Teilvorhaben „Smart Energy System Control Laboratory“, „Energy grids simulation and analysis laboratory“, „Control, Monitoring and Visualisation Center“ und „Power hardware in-the-loop test facility“, die in einem von der Architekturkammer Baden-Württemberg prämierten neuen Gebäude untergebracht sind. Mit Ausnahme des Smart Energy System Control Laboratory wurden alle Teilvorhaben in Betrieb genommen. Die „Power hardware in-the-loop“-Forschungsinfrastruktur wurde März 2020 in Betrieb genommen und die ersten experimentellen Versuche mit einem 60kW Hochgeschwindigkeitsschungrad erfolgreich durchgeführt. Im Rahmen des Projekts „flygrid“ wird Mitte 2021 ein 500kW Superkondensator-Energiespeichersystem installiert und mit der Power hardware in-the-loop Anlage experimentell geprüft. Ende 2019 wurde über einen Aufstockungsantrag beim BMBF eine 100 kWp PV-Dachanlage für das SEnSSiCC-Gebäude als Systemkomponente für das „Smart Energy System Control Lab“ beschafft und das Projekt insgesamt bis Ende Oktober 2021 kostenneutral verlängert.

Das Smart Energy System Control Laboratory ist eine Experimentierstätte, um moderne energietechnische Anlagen und neue Regelalgorithmen zu entwickeln und zu testen. Eine Vielzahl der energietechnischen Anlagen wurden geliefert, angeschlossen und in Betrieb genommen. Einige wenige gilt es in zweiten Quartal 2021 in Betrieb zu nehmen.

Auch die Aufbauarbeiten in vier der fünf dem Anlagenverbund zugeordneten Teilvorhaben sind inzwischen weitgehend abgeschlossen. Im Teilvorhaben „Li-ion battery system“ konnte der entwickelte Li-Ionen-Batteriespeicher mit einer Kapazität von 1.5 MWh und einer elektrischen Leistung bis zu 800 kW im letzten Quartal 2019 erfolgreich in Betrieb genommen werden. Die Aufbauarbeiten im Teilvorhaben „System Integration“ sind seit Juni 2019 vollständig abgeschlossen. Die Dreiphasen-Methanisierung des Power-to-Gas Anlagenverbunds wurde 2020 in mehreren Versuchskampagnen erfolgreich betrieben. Neben einem 100 h-Versuch unter Volllast erfolgte auch der experimentelle Nachweis der Unempfindlichkeit gegenüber schnellen dynamischen Lastwechseln, welcher durch Nachfahren eines realen Windpark-Lastprofils als Eingangsgröße erfolgte.

Mit der im Teilvorhaben „Jet-Fuel-Synthese“ entwickelten Containeranlage konnte 2020 eine erste Kampagne zur Herstellung von erneuerbaren Fischer-Tropsch-Kraftstoffen durchgeführt werden.

Auch im Teilvorhaben „Gasturbine“ gab es Änderungen gegenüber dem Basiskonzept. Die erste Planänderung war nach Scheitern der ursprünglich geplanten Beschaffung einer Gasturbine im Leistungsbereich von 1-2 MWel nötig. Danach war vorgesehen, neben der vom DLR für einen brennstoffflexiblen Betrieb (Erdgas und/oder Synthesegas) mit einem neu entwickelten Brennersystem ausgestatteten Mikrogasturbine eine oder zwei weitere mit erneuerbarem Gas (hier Erdgas) oder flüssigen synthetischen Kohlenwasserstoffen betriebene Gasturbinen als Systemkomponenten zur flexiblen Stromerzeugung aus gespeicherten erneuerbaren Energieträgern zu beschaffen. Trotz intensiver Bemühungen konnte keine Vereinbarung mit einem Gasturbinenhersteller getroffen werden, die zur Bestellung eines Aggregats geführt hätte. Die DLR-Gasturbine wurde im Frühjahr 2020 geliefert und im September 2020 mit Erdgas in Betrieb genommen. Die Synthesegasleitung wird derzeit mechanisch fertiggestellt und elektrisch angeschlossen, die heiße Inbetriebnahme der Gasturbine mit Synthesegas ist für Mai 2021 geplant. Anstelle der weiteren Gasturbine(n) wurde ein reversibles Hochtemperatur-Brennstoffzellen/Elektrolysesystem beschafft, 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. Diese Anlage wurde Ende 2019 geliefert und wartet derzeit auf die Integration in den Anlagenverbund.

A.2.1.9.2 Energy System 2050

Energy System 2050 (ES2050) ist eine gemeinsame Initiative des Forschungsbereichs (FB) Energie. In dieser Initiative erarbeiteten Wissenschaftler/innen in PoF III ergänzend zu den Programmen flexible und systemische Lösungen zum Gelingen der Energiewende. Die strategisch orientierte Initiative vernetzte über 170 Mitwirkende aus acht Helmholtz-Zentren programm- und zentrenübergreifend. Die Zusammenarbeit der Wissenschaftler/innen verschiedener Fachrichtungen wurde dabei seit Beginn der Initiative 2015 beständig intensiviert und ausgebaut. Davon zeugen beispielsweise die zahlreichen fachübergreifenden Veröffentlichungen, die gemeinschaftlichen Forschungsarbeiten Studierender sowie der Ausbau von Kooperationen. Die Laufzeit der Initiative wurde analog zu den Programmen des FB Energie bis Dezember 2020 verlängert. Das Gesamtbudget betrug 20 Mio. Euro.

Die Forschungsarbeiten der Initiative gliederten sich in fünf Forschungsthemen (FT), die mit je vier bis sieben Arbeitspaketen mit einer systemischen und vernetzenden Perspektive bearbeitet wurden. Die drei technologischen Wertschöpfungsketten – Speicher und Netze (FT1), Biogene Energieträger (FT2), Energie- und Rohstoffpfade mit Wasserstoff (FT3) – werden durch lebenszyklusorientierte Nachhaltigkeitsanalysen auf Systemebene (FT4) und gemeinsame Modelle und Datenbanken (FT5 – Toolbox mit Datenbanken) ergänzt.

Einen wesentlichen Beitrag zum Gelingen und einen Mehrwert für alle Mitwirkenden leistete die am KIT angesiedelte Geschäftsstelle (1,25 FTE), die für alle Zentren und Forschungsthemen gleichermaßen Ansprechpartner war und alle Veranstaltungen, die Vernetzung und die Öffentlichkeitsarbeit zentral koordinierte.

Die von der Geschäftsstelle betreute ES2050-Webseite stellt aktuelle Informationen und Berichte für Kooperationspartner aus Wissenschaft und Wirtschaft sowie die interessierte Öffentlichkeit bereit. Dort sind die inzwischen über 170 Veröffentlichungen aus der Initiative verfügbar. In 2020 wurden alle Open Source Aktivitäten der an der Initiative beteiligten Helmholtz-Zentren gebündelt auf einer zentralen Webseite zur Verfügung gestellt (www.helmholtz.de/heci).

Ein Highlight ist die Erstellung einer umfassenden Datenbank von Strom- und Gasnetzen – vom großen Transport- bis hin zum Ortsnetz –, die in den letzten fünf Jahren aufgebaut wurde. Das ermöglicht eine optimierte Modellierung der Netze und steht künftig Wissenschaft und Wirtschaft als Open Source Tool zur Verfügung.

Der Erfolg der Helmholtz-Initiative wurde in 2020 auf der Abschlusskonferenz in Berlin deutlich sichtbar, bei der Fragen zur Transformation des Energiesystems - und wie die Energieforschung dazu beitragen kann - beleuchtet wurden. Die Ergebnispräsentation in Anwesenheit externer Gäste aus Politik und Presse am dritten Tag der Abschlusskonferenz bildete den gebührenden Abschluss der Initiative Energy System 2050.

Die wissenschaftlichen Arbeiten aus ES2050 werden ab 2021 in den neuen Programmen „Energiesystemdesign“ (ESD) und „Materialien und Technologien für die Energiewende“ (MTET) im Forschungsbereich Energie weitergeführt. Darüber hinaus wird ES2050 als programm- und FB-übergreifende zentrale Plattform des FB Energie weiter ausgebaut. ES2050 wird in PoF IV insbesondere der Vernetzung, dem Talentmanagement, der Öffentlichkeitsarbeit und dem Wissenstransfer (Outreach) dienen.

A.2.1.9.3 Helmholtz Energy Materials Characterization Platform (HEMCP)

Im Rahmen der Helmholtz Energy Materials Characterization Platform (HEMCP) wurde am KASOLA (Karlsruhe Sodium Laboratory) eine Infrastrukturplattform konzipiert und aufgebaut. Der Fokus liegt auf 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 ein Teil befindet sich bereits in der Produktionsphase. Verschiedenen Teststrecken wurden entwickelt und Anfragen zur direkten Energiewandlung (AMTEC: ATEFA) und zur konzentrierenden Solarenergie (CSP: SOLTEC-3) führten zu Kooperationen und Drittmittelwerbung (CSP und Medizin) aus der Industrie. Am KIT umfasst HEMCP fortgeschrittene Charakterisierungsinstrumente zur Effizienzsteigerung konzentrierender Solarthermiesystemen (CSP) mit Flüssigmetallen. Die direkte Konversion thermischer in elektrische Energie unter Nutzung eines Feststoffelektrolyten in Natrium – dem sog. Alkali Metal Thermal Energy Converter (AMTEC) – wurde weiterentwickelt und neue Konzepte zur Überwindung der Material-bzw. Herstellungslimitierungen in Kooperation mit der Materialforschung erarbeitet. KASOLA wird, verzögert durch die Corona-Pandemie, in 2021 die Experimentierphase aufnehmen und danach wie geplant zum skalierten Demonstator ausgebaut. Dieser beinhaltet den hocheffizienten thermischen Speicher (FlexStor) basierend auf einem Thermoklinen-Konzept. Ebenso wird die Ankopplung an ein innovatives Solar-System mit Hochtemperaturreceiver mit Industriebeteiligung vorangetrieben.

A.2.1.9.4 Helmholtz Energy Materials Foundry (HEMF)

Die Investitionen für die Teilprojekte KIT S1, M1, T1 und T2 konnten Ende 2020 abgeschlossen werden. Diese Teilprojekte sind bereits wissenschaftlich produktiv mit mehreren Veröffentlichungen mit HEMF-Bezug. Die Genehmigung für die Sanierung des Gebäudes für das Teilprojekt KIT S4: „Infrastruktur“ für KIT S2 und S3 ist inzwischen erteilt worden. Die Ausschreibungen für die Gewerke sind in Vorbereitung. Solange die Gebäudesanierung nicht abgeschlossen ist, können nur diejenigen Instrumente für Projekte des KIT, S2 und S3, angeschafft werden, die in der vorhandenen Infrastruktur betrieben werden können. Diese Möglichkeiten sind wegen der räumlichen Begrenzungen aktuell sehr eingeschränkt. Ein Containeraufbau als Zwischenlösung ist nicht möglich.

A.2.1.9.5 Querschnittsverbund Bioeconomy

Die Aktivitäten des Querschnittsverbunds Bioökonomie ergänzen die Aktivitäten im Topic „Bioenergie“ des Programms RE. Erneuerbare Kraftstoffe sind aus Sicht der Landesregierung Baden-Württemberg ein zentraler Baustein für die Verkehrswende hin zu einer klimaneutralen Mobilität. Dabei spielt auch Biomasse eine wichtige Rolle als erneuerbare Kohlenstoffquelle. Daher wurde Forschungsinitiative „reFuels – Kraftstoffe neu denken“ in 2020 für ein weiteres Jahr bis Mitte 22 verlängert, um den „Strategiedialog Automobilwirtschaft“ der Landesregierung und des Ministeriums für Verkehr mit Akteuren aus Wirtschaft und Wissenschaft weiter zu führen und mit konkreten Forschungsarbeiten und der Anbahnung eines Projektes für den Bau einer Demoanlage beizutragen. Neben dem KIT arbeiten daran Partner aus der Automobil-, Automobilzuliefer-, Mineralölindustrie sowie der Energiewirtschaft mit. Ziel ist die effiziente Herstellung synthetischer regenerativer Kraftstoffe („reFuels“), um sie als Alternativen zu fossilen Treibstoffen zu etablieren. Diese „reFuels“ haben die gleiche Energiedichte wie fossile Treibstoffe, sind aber aus erneuerbaren Kohlenstoffquellen (Bio-

masse, oder CO₂ / Wasserstoff und Kombinationen aus beiden) hergestellt. Das Projekt umfasst die gesamte Wertschöpfungskette, vom Energieversorger, der Kraftstoffsynthese bis hin zu Motoren- und Fahrzeugherstellern.

Im Forschungsprogramm des Landes Baden-Württemberg wird die stoffliche Nutzung lignozellulöser Biomasse in komplementären Verbundprojekten beforscht. Ende 2020 wurden die Projekt der 2. Förderrunde abgeschlossen. 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.

Mit dem Start der PoF-IV Periode in 2021 werden die Arbeiten des Querschnittsverbunds konzeptionell überarbeitet, um die laufenden Aktivitäten des FB Energie am KIT mit denen des FB Erde und Umwelt am FZJ und UFZ im Rahmen der Crosscutting Activity „Bioeconomy meets Energy“ weiter zu verzahnen und neu auszurichten. Der Prozess aus Themensammlung (Update-Workshop), gefolgt von Zusammenfassung, Gliederung und Priorisierung (Scoping-Workshop) wurden angestoßen. Die Implementierung durch Anträge für gemeinsame Forschungsprojekte erfolgt in 2021. In diesem Rahmen wird die erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen UFZ und dem KIT zur Syngas-Fermentation mit Reinkulturen und Konsortien programm- und FB-übergreifend fortgesetzt.

A.2.1.9.6 Innovationspool

1. ESI – Energy Systems Integration

Im Rahmen von ESI wurde vom Institut für Automation und Angewandte Informatik (IAI) eine multi-physikalische und Energiesektor-übergreifende, verteilte Co-Simulation entwickelt. Als Demonstrator und Anwendungsbeispiel wurde dazu eine in eASiMOV und RTDS realisierte Stromnetzsimulation der Energy Lab 2.0-Umgebung mit Simulationsmodellen der Elektrolyse-Anlage mit angeschlossenem H₂-Speicher und mit einer virtuellen Mikrogasturbine gekoppelt. Teile der Anlagenmodelle wurden durch Partner im ESI-Konsortium bereitgestellt und in den Demonstrator integriert. Für die Echtzeit-Simulation (EMT-Modus) zwischen RTDS, Mikrogasturbine und den elektro-chemischen Anlagenteilen wurden spezifische Kommunikationsstrategien zur Synchronisation entwickelt und wissenschaftlich bewertet, da sich die physikalischen Domänen der jeweiligen Module – und damit deren Simulationszyklen – um den Zeitfaktor bis 10E6 unterscheiden. Der Eigenanteil des IAI-Personals aus der Grundfinanzierung bestand im Wesentlichen aus der wissenschaftlichen Betreuung und Mitentwicklung (eASiMOV und RTDS seitig) dieser Arbeiten, sowie in der Publikation der Arbeiten. Basierend auf der Veröffentlichung der Ergebnisse zum Jahresende 2019 (A New Distributed Co-Simulation Architecture for Multi-Physics based Energy Systems Integration, DOI: [10.1515/auto-2019-0081](https://doi.org/10.1515/auto-2019-0081)) wurden die Arbeiten auch von der GMA ausgezeichnet (beste Publikation des Jahres 2020; erfolgreiche Präsentation bei der Jahrestagung der Fachgesellschaft in einem Online-Vortrag vor großem Publikum). Die realisierte Co-Simulation wird im 2021 gestarteten Helmholtz-Programm ESD (Energy System Design) weiterverfolgt und vertieft. Es sind weitere Veröffentlichungen geplant.

Des Weiteren wurde am IAI in Zusammenarbeit mit Partnern im Energy Lab 2.0 an neuartigen Regelungsverfahren für Multilevel-Konverter gearbeitet, die zukünftig im Versuchsfeld zum Einsatz kommen sollen. Darüber hinaus wurde die erste Power-in-the-Loop-Implementierung mit Konvertern realisiert. Diese Arbeiten wurden ebenfalls veröffentlicht

(Characteristics-based Simulink Implementation of First-order Quasilinear Partial Differential Equations, DOI: [10.5220/0009569001390146](https://doi.org/10.5220/0009569001390146)).

Der Eigenanteil der dargestellten Arbeiten wurde durch drei grundfinanzierte Vollzeitäquivalente (VZÄ), davon 1,5 VZÄ Wissenschaftler/innen, 1 VZÄ Ingenieur/innen und 0,5 VZÄ wissenschafts-unterstützendes Personal erbracht. Dabei ist sichergestellt worden, dass keine Doppelnennung des Eigenanteils aus dem Zukunftsthema des Impuls- und Vernetzungsfonds ZT-0002 Energiesystemintegration enthalten ist.

2. PEROSEED – Perovskite based solar energy conversion – efficient, environmentally-benign, durable

Die Mittel des Innovationspools ermöglichten es kurzfristig, die Forschungsarbeiten im bis Ende April 2021 verlängerten Zukunftsthema „Perovskite based solar energy conversion – efficient, environmentally-benign, durable (PEROSEED)“ sowohl zu erweitern, als auch an besondere Erfolge anknüpfend, zu intensivieren. Das Projekt zielt darauf ab, einen ersten vollständigen Entwicklungszyklus für neuartige mehrschichtige Solarzellen mit Perowskit-schicht komplett zu durchlaufen - vom Materialdesign bis zum finalen Modul unter Einbeziehung der Systemaspekte. Im Hinblick auf die Beiträge des KIT ist insbesondere auf die erfolgreiche Entwicklung neuartiger Passivierungsstrategien auf der Basis von 2D/3D Heterostrukturen und verdampfter Parylen-Zwischenschichten hinzuweisen, die in stabilen und hocheffizienten Perowskit-Solarzellen eingesetzt werden können. Zusätzlich wurden sowohl monolithisch-verschaltete als auch gestapelte Perowskit/Perowskit-Tandemsolarzellen mit einem Wirkungsgrad > 22 % entwickelt.

Der Eigenanteil des KIT im Innovationpoolprojekt PEROSEED wurde im Rahmen der zuvor dargestellten Arbeiten durch 8,35 grundfinanzierte Mitarbeiter/innen (VZÄ), davon 1,9 VZÄ Wissenschaftler/innen und 6,45 VZÄ wissenschafts-unterstützendes Personal einschließlich Zuarbeiten der Hauptwerkstatt erbracht. Neben den oben genannten wissenschaftlichen Aufgaben, sind diese Eigenmittel insbesondere für den Aufbau der neuen Vakuum-Depositionsanlage erforderlich. Diese Beschaffung wurde zum Teil mit den Mitteln aus Innovationpool bestritten. Neben den oben genannten wissenschaftlichen Arbeiten die sich vom Zukunftsprojekt PEROSEED absetzen, umfassen die Eigenmittel Installationsarbeiten und die Inbetriebnahme der Vakuum-Depositionsanlage.

3. W7-X HiPower

Der Eigenanteil des KIT im Projekt W7-X HiPower im Jahr 2020 bestand in der erfolgreichen Fertigstellung und Inbetriebnahme des 1.5 MW W7-X Kurzpuls-Gyrotronprototypen am Teststand des KIT. Ausführliche Tests wurden durchgeführt, welche die Designparameter der späteren CW-Röhre bestätigen. Die Ergebnisse des Designs, des Aufbaus und der ersten Testkampagne wurden bereits veröffentlicht (DOI:10.1051/epjconf/201920304003, DOI:10.1016/j.fusengdes.2020.112173 und DOI:10.1109/LED.2021.3073221). Begleitet wurden die Experimente durch intensive theoretische Arbeiten. Zusammen mit dem industriellen Partner, Thales, wurde an der weiteren Optimierung von Schlüsselkomponenten, wie Kühlung und Strahlentunnel, gearbeitet. Diese Optimierungen sollen insbesondere dem stabilen Betrieb es CW Gyrotrons bei langen Pulsen dienen.

Aufgrund der sehr erfolgreichen Entwicklung und hervorragenden Zusammenarbeit mit Thales ist die Lieferung der ersten industriellen Röhre an das KIT für Abnahmemessungen, wie geplant, für Ende 2021 vorgesehen.

Innerhalb des Innovationspool W7-X HiPower wurden Investitionen über die gesamte Investitionssumme für die Beschaffung und Herstellung von Komponenten, Zusammenbau, Instal-

lation und Test des Gyrotron Pre-Prototypen getätigt. Dazu zählt die Beschaffung von Elektronenstrahlerzeuger, Strahl tunnel, Mikrowellenfenster und Herstellung der weiteren Komponenten. Dazu zählt auch Aufbau und Inbetriebnahme eines He-gekühlten supraleitenden Magneten für das Gyrotron sowie die Messung und Analyse des Gyrotronausgangsstrahls.

Der Eigenanteil wurde im Rahmen der zuvor dargestellten Arbeiten durch 2,5 grundfinanzierte Mitarbeiter/innen (VZÄ), davon 1,5 Wissenschaftler/innen, 0,5 Promovierende und 0,5 wissenschaftsunterstützendes Personal einschließlich Zuarbeiten der Hauptwerkstatt erbracht.

A.2.2 Überblick zum Forschungsbereich Schlüsseltechnologien

A.2.2.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Helmholtz-Senat

Koordinator: Prof. Dr. Wolfgang Marquardt, FZJ

Beteiligte Helmholtz-Zentren: FZJ, HZG, KIT

A.2.2.1.1 Der Forschungsbereich im Überblick

Der Forschungsbereich Schlüsseltechnologien hat in seinen Programmen im Berichtsjahr 2020 die Arbeiten der Dritten Periode der Programmorientierten Förderung abgeschlossen und sich entsprechend der neuen Aufstellungen zur Programmorientierten Förderung IV (PoF IV) mit Beginn 2021 vorbereitet.

Zur PoF IV wird sich der Forschungsbereich in „Information“ umbenennen und sich mit drei Programmen und 14 Topics aufstellen. Zukünftig beschäftigt er sich mit dem Verständnis der wissenschaftlichen Prinzipien der Informationsdarstellung, -übertragung, -speicherung und -verarbeitung zur Schaffung disruptiver digitaler, quanten- und neuromorpher Technologien und Infrastrukturen, wobei die Neuro- und die Materialwissenschaften gleichermaßen dem wissenschaftlichen Enabling wie auch der Anwendung dienen. Das IPP – Max-Planck Institut für Plasmaphysik zieht sich zum Jahr 2021 aus der Helmholtz-Gemeinschaft zurück. Ziel des Forschungsbereichs ist es trotzdem, die im Antrag dargestellten wissenschaftlichen Arbeiten in Kooperation mit dem IPP durchzuführen.

Für die Vorbereitung der PoF IV hat der Forschungsbereich Schlüsseltechnologien (zukünftig Information) im Frühjahr und Herbst 2020 zwei Veranstaltungen in Form von erweiterten Management Boards zur Neuorientierung und Adressierung der Empfehlungen aus der strategischen Begutachtung durchgeführt. Unter anderem wurde 2020 erstmals über die Ausgestaltung des Innovationspools, welcher 1% der LK I Mittel darstellt, entschieden und es wurden Schwerpunkte für die erste Phase des Pools gelegt. Zur Förderung ausgewählt wurden insgesamt sieben Projekte, unter anderem die Anfinanzierung der vier Joint Labs aus dem Forschungsbereich. Mit den Joint Labs wurde im Forschungsbereich ein äußerst vielversprechendes und strategisch wichtiges Instrument zur Zusammenarbeit in der PoF IV geschaffen. Die Wichtigkeit und hohe Bedeutung wurde nun durch die Förderung herausgestellt. Zudem wird das bereits in Förderung befindliche und strategisch wichtige Projekt „Solid State Quantum Computing“ um ein weiteres Jahr gefördert. Auch zwei strukturbildende Projekte wurden zur Förderung ausgewählt, diese sollen strategisch die Zusammenarbeit zwischen den Zentren erhöhen: ein erstes Projekt, das die Erarbeitung eines FB-weiten Roadmappings wie auch einer Kommunikationsstrategie zur Erhöhung der Sichtbarkeit des Forschungsbereichs zum Gegenstand hat und ein Projekt, das den personellen Austausch zwischen den Zentren stärken soll.

In den Gremiensitzungen des Jahres 2020, vor allem der Forschungsbereichsplattform mit Vertreter/innen des Bundes und der Länder, trafen die vorgestellten Innovationspool-Projekte auf Zustimmung. Der Forschungsbereich hat zudem bereits mit den Vorbereitungen auf die erste Sitzung des Strategischen Beirats sowie mit der Organisation einer Auftaktveranstaltung zu Beginn der PoF IV begonnen. Im Verlauf des Jahres 2020 wurden anlässlich verschiedener Empfehlungen aus der Strategischen Begutachtung drei Treffen der Programm

Boards gemeinsam mit dem Management Board sowie zahlreiche Workshops zu Themen FB-weiter Arbeitsgruppen abgehalten.

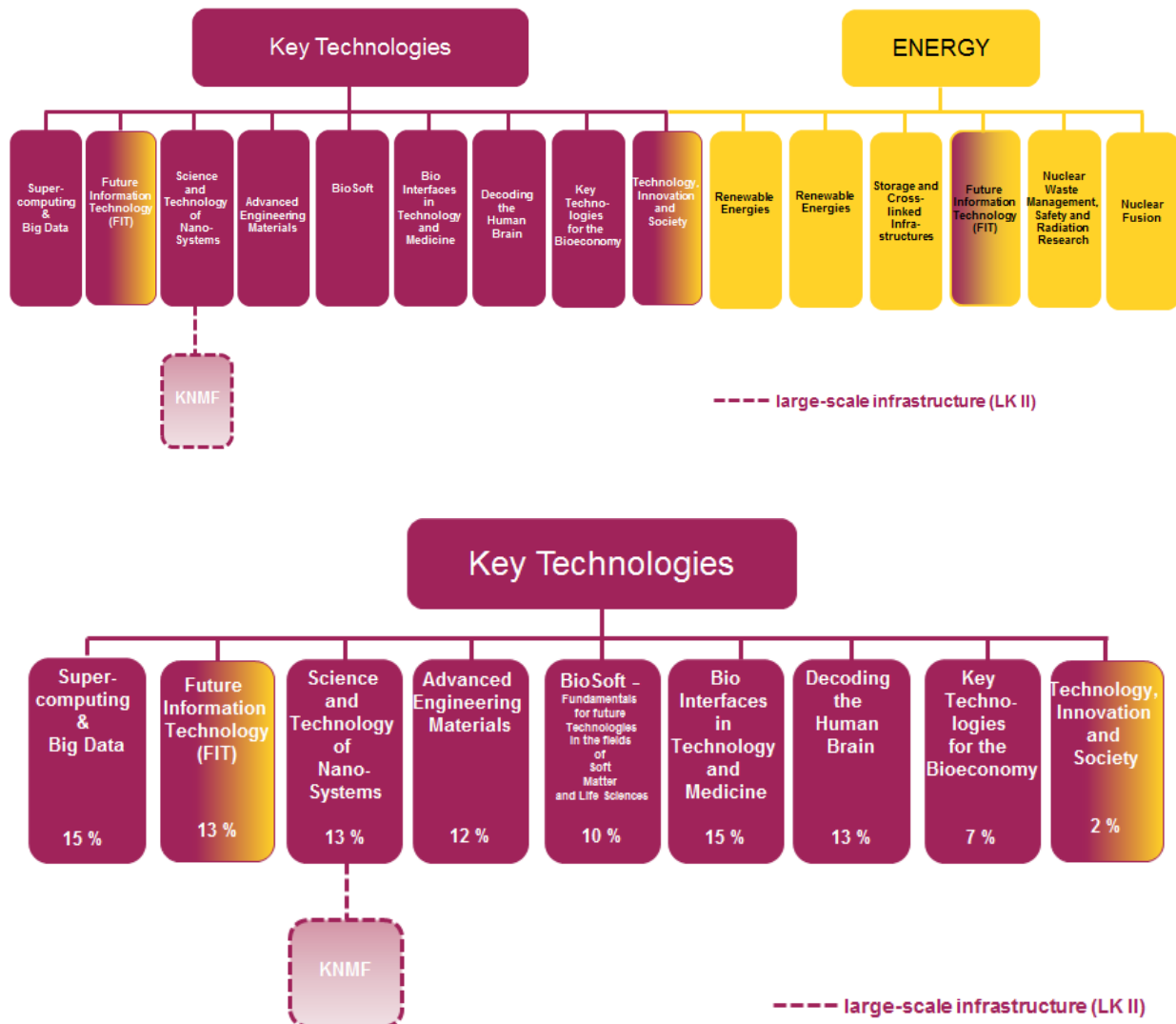


Abbildung 9: Der Forschungsbereich Schlüsseltechnologien im Überblick

A.2.2.1.2 Entwicklung im Forschungsbereich und in den Programmen

1. Supercomputing und Big Data (SBD)

Hauptziel des Programms ist die Bewältigung der fortwährenden Aufgabe, unverzichtbare Instrumente und Infrastrukturen für das Höchstleistungsrechnen (HPC) sowie für das Management und die Analyse extrem großer Datenbestände (HPDA) für die deutsche und europäische Wissenschaft zur Verfügung zu stellen. Das Programm hat einen inhärent interdisziplinären Charakter. Es ist sowohl innerhalb des Forschungsbereichs Schlüsseltechnologien vernetzt, z. B. mit den Programmen „Decoding the Human Brain“, „Science and Technology of Nanosystems“ (STN) und „BioSoft“ über Simulations- und Datenlaboratorien, als auch durch Beziehungen zu anderen Forschungsbereichen, u. a. zu „Energie“ und insbesondere zu „Erde & Umwelt“ (über die separate Rechnerpartition auf JUWELS) und zu „Materie“ (über

das John von Neumann-Institut für Computing und das Grid Computing Centre Karlsruhe, GridKa). Das Programm hat eine bedeutende Brückenfunktion zu externen Nutzer/innen, z. B. an Universitäten, und zu Partnern in Deutschland, z. B. dem Gauss Centre for Supercomputing (GCS e. V.) und der Gauß-Allianz (GA e. V.), sowie zu internationalen Wissenschaftsorganisationen und Initiativen. Dazu gehören das European HPC Joint Undertaking (EuroHPC JU), die Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE; Programmsprecher Thomas Lippert war 2018–2020 Chair des PRACE Council), die European Technology Platform for High Performance Computing (ETP4HPC), die European Processor Initiative (EPI), die EU-Flagship-Projekte Human Brain Project (HBP) und An Open Superconducting Quantum Computer (OpenSuperQ), das Centre Européen de Calcul Atomique et Moléculaire (CECAM), die EUDAT Collaborative Data Infrastructure (EUDAT CDI), die European Open Science Cloud (EOSC) und die Mitgliedschaft über FZJ und KIT in der EOSC AISBL, die Big Data Value Association (BDVA), das virtuelle Labor AI, Data Analytics and Scalable Simulation (AIDAS) zwischen dem CEA, Frankreich, und dem FZJ sowie das Joint Laboratory on Extreme Scale Computing (JLESC).

Die Struktur des Programms blieb unverändert. Allerdings gab es Entwicklungen, die entweder vom Programm oder von außen angestoßen wurden und die es strukturell ergänzt haben. Im Jahr 2020 waren dies:

- Prof. Dr. Dr. Thomas Lippert hat 2020 einen Ruf der Goethe Universität Frankfurt erhalten und angenommen. Er bekleidet die Professur für „Modulares Supercomputing und Quanten-Computing“ am Institut für Informatik nach dem Erweiterten Berliner Modell. Die Ernennung erfolgte am 1.8.2020.
- Prof. Dr. Dirk Pleiter hat 2020 einen Ruf der KTH Royal Institute of Technology in Stockholm erhalten und angenommen. Er wird Lehrstuhlinhaber in der Division of Computational Science and Technology im Bereich Parallel Computing und Direktor des PDC Center for High Performance Computing. Die Ernennung erfolgte zum 1.1.2021.
- Dr. Stefan Krieg-Venghaus hat 2020 einen Ruf der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn erhalten und angenommen als Professor am Helmholtz-Institut für Strahlen- und Kernphysik in der Fachgruppe Physik der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät nach dem Jülicher Modell. Die Ernennung erfolgte am 01. Februar 2021.
- Dr. Lars Hoffmann hat 2020 einen Ruf auf eine Universitätsprofessur (W2) für „Strahlung und Fernerkundung von Atmosphären“ am Meteorologischen Institut der Freien Universität Berlin erhalten und abgelehnt.
- Prof. Stefan Sandfeld wurde am 15. Oktober 2020 zum in Hauptbeschäftigung tätigen Direktor des Institute for Advanced Simulation, Materials Data Science and Informatics (IAS-9) im Rahmen des gemeinsamen W3-Berufungsverfahrens mit der RWTH Aachen University berufen.
- Am KIT wurde zum 01. Januar 2021 mit „KASTEL – Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit“ die institutionelle Heimat der Karlsruher IT-Sicherheitsforschung gegründet, die in der PoF IV das Topic 3 im Programm EDF bildet.
- In Zusammenarbeit mit der Universität Frankfurt und dem Frankfurt Institute for Advanced Studies (FIAS) wurde am JSC ein „Simulation und Data Lab für Epidemiologie und Pandemie“ unter der Leitung von Dr. Jan Fuhrmann gegründet.

Highlight: Etablierung des in der PoF III vorgesehenen HPC-Ökosystems

In der PoF III hat das Programm die Erneuerung seiner HPC- und Datensysteme wie geplant abgeschlossen und ist nunmehr für kommende Aufgaben (u. a. die deutsche Bewerbung durch GCS in Europa um Exascale am JSC, NHR-Zentrum am SCC) gut gerüstet. Als letztes wurden am JSC die modularen Rechner aktualisiert. So wurde die Cluster-Komponente von JURECA durch ein datenzentriertes CPU-GPU-System (JURECA-DC) ersetzt und JUWELS wurde durch einen Booster ergänzt, der JUWELS aktuell mit 85 PetaFlops zum leistungstärksten Rechner Europas macht. Das ebenfalls im Jahr 2020 installierte System Horeka am SCC ist mit 17 PetaFlops eines der leistungstärksten Tier-2-Systeme in Deutschland. Die Supercomputer sind mit modernsten Methoden der IT-Sicherheit geschützt und in das aus nationalen und europäischen HPC-Infrastrukturen (z. B. GCS, GA/NHR und PRACE) gebildete HPC-Ökosystem eingebunden. Sie stellen damit bedeutende Eckpfeiler für die datenintensive Forschung und ermöglichen durch hochskalierende Simulationen, KI und Datenanalytik die Adressierung drängendster Herausforderungen der Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft, z. B. die Entwicklung von Impfstoffen, genauere Modelle für die Wettervorhersage und Prognose des Klimawandels oder die Entwicklung einer CO₂-neutralen Energieversorgung.

2. Future Information Technology – Fundamentals, New Concepts, and Energy Efficiency (FIT)

Das Helmholtz-Programm Future Information Technology (FIT) führt Sondierungsforschung auf dem Gebiet der Nanoelektronik, mit einem Schwerpunkt auf mittel- und langfristigen Zielsetzungen durch. Dabei liegt der Fokus in den Bereichen Energie-Effizienz von IT-Konzepten, -Geräten und -Systemen, aber auch in solchen Bereichen der Energietechnik, in denen die vorhandene Expertise des Programms zu elektronischen Materialien, Phänomenen und Methoden genutzt werden kann. Die Vision des Programms FIT ist es, die riesige Lücke in der Energieeffizienz zwischen Supercomputern und hocheffizienten Systemen, wie dem menschlichen Gehirn zu verringern. Dazu adressiert es die Entwicklung von verbesserten Bauteilen wie „Steep-Slope“ Transistoren, neuartige Funktionen wie memristive und spinbasierte Elemente und entwickelt alternative Ansätze zu von-Neumann-Architekturen, wie Rechenkonzepte basierend auf neuromorphen oder Quantenkonzepten.

Zusätzlich zu den grundlegenden physikalischen Fragestellungen aus den Bereichen „Alternativen zur CMOS Technologie“ und „emergente Quantenphänomene und Quanten-Informationsverarbeitung“ erforscht das Programm neue Wege zur Fabrikation und Charakterisierung auf der atomaren Ebene. Das Programm FIT betreibt dazu bereits herausragende Infrastrukturen und Plattformen, wie die Helmholtz Nano Facility, das Ernst Ruska-Centrum für Elektronenmikroskopie und -spektroskopie, bzw. etabliert neue Plattformen wie das Jülich Short Pulse and Particle Center (JuSPARC).

Im Übergang zur PoF IV haben sich die Zentren und die am Programm beteiligten Forschenden bereits auf die neuen Fokusthemen und Strukturen eingestellt. Neue Schwerpunkte liegen in den Anwendungsfeldern Quantencomputing und Neuromorphes Computing. Dazu wurde die strategische Vernetzung mit den Partnern in der PoF IV bereits stark vorangetrieben.

Im Bereich des Neuromorphen Computings wurden kürzlich zwei wichtige Drittmittelprojekte mit hoher Industrierelevanz im Zuge des Sofortprogramms Rheinisches Revier (NeuroTec) und im Rahmen der Ausschreibung Cluster4Future (NeuroSys) eingeworben, an denen Forschende des FIT-Programms maßgeblich beteiligt sind. Diese Projekte werden in Kooperation mit Forschenden des Programms DtHB und der RWTH Aachen und mit Mitarbeitenden überwiegend regionaler Unternehmen bearbeitet. Darüber hinaus wurden in Jülich in 2020

zwei Institutsbereiche zur Entwicklung neuromorpher Computertechnologien im Peter Grünberg-Institut (PGI) gegründet, deren Leitungspositionen mit zwei international renommierten US-amerikanischen Wissenschaftlern besetzt werden.

Im Bereich Quantencomputing wurden ebenfalls zwei neue Institutsbereiche im PGI in Jülich gegründet. Eines konnte bereits zum 01. Juli mit Prof. F. Wilhelm-Mauch, dem Koordinator des EU Flagship-Projekts OpenSuperQ, besetzt werden. Der Physiker wurde gemeinsam mit der Universität des Saarlandes berufen und forscht an der Schnittstelle von Festkörperphysik und Quanteninformation. Zur Besetzung des zweiten Institutsbereichs laufen die Verhandlungen noch. Der Aufbau des Helmholtz Quantum Centers, eine HGF-Ausbauinvestition, wurde ebenso 2020 in Jülich gestartet. Jülich wird damit ein Technologielabor für Quantencomputer einrichten und dazu ein neues Laborgebäude bauen.

Forschende des Programms haben zudem die Helmholtz Quantum Plattform im Auftrag des Präsidenten organisiert. Helmholtz Quantum (helmholtz.de/quantum) vernetzt alle Zentren und Forschungsbereiche innerhalb der HGF zum Thema Quantentechnologien. Damit wird sowohl eine wissenschaftliche Abstimmung und Vernetzung, sowie eine stärkere nationale Positionierung erreicht.

Highlight 1: Computersimulationen konnten zeigen, dass gezielt eingebrachte Materialdefekte die Leistung einer bestimmten Klasse von Datenspeichern verbessern. Die so genannten „Race-Track Memory“-Chips sind ein Konzept für zukünftige leistungsfähige und energiesparende Datenspeicher. Sie sollen einmal Daten in Form winziger Magnetwirbel, so genannter Skyrmionen, speichern. Die Wirbel bewegen sich innerhalb des Speichers und werden an Sensorstellen mittels elektrischer Widerstandsmessung ausgelesen. Bereits 2015 wurde das Konzept am PGI entwickelt. Dabei zeigten Berechnungen, dass sich damit die Integrationsdichte von Daten um den Faktor 500 bei gleicher Zugriffsgeschwindigkeit steigern lassen sollte. Skyrmionen kommen an der Oberfläche oder Grenzfläche dünner Metallfilme vor und gehören mit einer Größe von einigen wenigen Nanometern zu den kleinsten bekannten stabilen magnetischen Formen. Die Forschenden um Samir Lounis fanden nun heraus, dass einzelne atomare Defekte in den Metallfilmen zu deutlich stärkeren Signalen beim Auslesen der Skyrmionen führen können.

Imara Lima Fernandes, Mohammed Bouhassoune, Samir Lounis; Defect-implantation for the all-electrical detection of non-collinear spin-textures, Nature Communications 2020, DOI: [10.1038/s41467-020-15379-6](https://doi.org/10.1038/s41467-020-15379-6)

Highlight 2: Können Fabrikationsprinzipien, wie das gezielte Zusammensetzen von Einzelteilen, auch auf der Nanoskala angewendet werden? Zu den Herausforderungen zählt, dass Menschen keine Intuition für die Mechanik von Molekülen haben und quantenmechanische Simulationen komplexer Fabrikationsprozesse auch die Leistung von Supercomputern übersteigen. Forschende des PGI-3 und der TU Berlin schufen jetzt eine künstliche Intelligenz, die einzelne Moleküle autonom zu vorgegebenen Strukturen anordnet. Dabei verbessert sich der Algorithmus durch Reinforcement Learning, einer Variante des maschinellen Lernens, die auf Belohnungen und dem Prinzip „Versuch und Irrtum“ basiert, selbständig. Es gelang den Forschenden, die Lerngeschwindigkeit so weit zu steigern, dass ein Einsatz unter den Bedingungen des realen Experiments möglich wurde. Damit kann dieser Ansatz Wegbereiter sein, für die robotergestützte, automatische Konstruktion funktioneller, supramolekularer Strukturen, beispielsweise von molekularen Transistoren und Speicherzellen – in einer Geschwindigkeit, Präzision und Ausdauer, die die derzeitigen Möglichkeiten weit übertreffen.

Philipp Leinen, Malte Esders, Kristof T. Schütt, Christian Wagner, Klaus-Robert Müller, F. Stefan Tautz; Autonomous robotic nanofabrication with reinforcement learning, Science Advances, Vol. 6, no. 36, DOI: [10.1126/sciadv.abb6987](https://doi.org/10.1126/sciadv.abb6987)

3. Science and Technology of Nanosystems (STN)

Ziel des Programms STN ist es, Nanosysteme mit einzigartigen Funktionalitäten zu realisieren. Die gezielte Gestaltung und Manipulation von Materialien von der atomaren und molekularen über die nano- und mikro- bis zur makroskaligen Dimension ist die zentrale Triebfeder der STN-Forschung. Besonders das Potenzial von Materialien mit Strukturgrößen von wenigen Nanometern ist noch weitgehend unerschlossen. Zwei Aspekte spielen dabei eine Rolle. Zum einen unterscheiden sich die Eigenschaften einzelner Nanostrukturen von denjenigen eines Festkörpers. Hier liegt die Herausforderung darin, diese Nanostrukturen in ein Nanosystem zu integrieren, in dem sich jedes Bauteil individuell ansprechen lässt. Zum anderen lassen sich über die Zusammenstellung vieler Nanoelemente ähnlicher oder identischer Natur zu einem Nanomaterial neuartige Eigenschaften des Festkörpers erzeugen. Im Laufe der PoF III rückten sowohl auf Material- als auch auf Systemebene das virtuelle Materialdesign verstärkt in den Fokus sowie die Forschung zu Quantenmaterialien. Die Forschungsstrategie besteht darin, neuartige Phänomene zu entdecken, sie im Sinne einer Schlüsseltechnologie für vielfältige Einsatzmöglichkeiten zu entwickeln, und schließlich ihre Eignung für praktische Anwendungen anhand von Prototypen zu demonstrieren. Die Arbeiten profitieren von der Ausstattung und Expertise der Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMF) zur Nanofabrikation und Charakterisierung, die sowohl technologisch als auch personell eng mit dem Programm STN verknüpft ist.

Im letzten Jahr der PoF III wurden keine Änderungen der Struktur des Programms STN notwendig. Zusätzlich zu den beschriebenen Förderungen aus dem IVF der Helmholtz-Gemeinschaft und dem Innovationspool des Forschungsbereichs wurden die zukünftigen Schwerpunkte Quantencomputing und Virtuelles Materialdesign in PoF IV mit Eigenmitteln des KIT zusätzlich gezielt budgetiert und die beteiligten Gruppen gestärkt.

Zur Vorbereitung der Arbeiten im zukünftigen Topic 5 des Programms MSE, Materials Information Discovery, wurde schon 2019 begonnen, eine neue Arbeitsgruppe zum Thema „Datenintensive korrelative Materialcharakterisierung“ überinstitutionell aufzubauen. Die Gruppe von Postdocs und Promovierenden konnte unter Leitung von Prof. Dr. Jan G. Korvink am Institut für Mikrostrukturtechnik und Prof. Dr. Christian Kübel am Institut für Nanotechnologie etabliert werden. Sie wird sich in der PoF IV sowohl im Programm MSE als auch im Joint Lab MDMC (Integrated Model and Data Driven Material Characterization) einbringen.

Highlight 1: Schnellster hochpräziser 3D-Drucker

3D-Drucker, die im Millimeterbereich und größer drucken, finden derzeit Eingang in die unterschiedlichsten industriellen Produktionsprozesse. Viele Anwendungen benötigen jedoch einen präzisen Druck im Mikrometermaßstab und eine deutlich höhere Druckgeschwindigkeit. Forschende am KIT haben ein System entwickelt, mit dem sich in bisher noch nicht erreichter Geschwindigkeit hochpräzise, cm-große Objekte mit μm -großen Details drucken lassen. So wurde eine 60 mm^3 große Gitterstruktur mit Details bis in den μm -Maßstab gedruckt, die mehr als 300 Milliarden Voxel enthält.

V. Hahn, P. Kiefer, T. Frenzel, J. Qu, **E. Blasco**, **C. Barner-Kowollik**, **M. Wegener**, Rapid Assembly of Small Materials Building Blocks (Voxels) into Large Functional 3D Metamaterials, Adv. Funct. Mat. 30 (26) 1907795 (2020)

Highlight 2: Terahertz-Empfänger für 6G-Mobilfunknetze

Zukünftige Mobilfunknetze der sechsten Generation (6G) werden aus vielen kleinen Funkzellen bestehen. Um sie drahtlos zu verbinden, bieten sich Frequenzen im Terahertz-Bereich

(THz) an. Am KIT ist es in Kooperation mit dem Diodenhersteller Virginia Diodes (VDI) in Charlottesville/USA gelungen, ein neuartiges Konzept für einfache und kostengünstige Terahertz-Empfänger zu entwickeln, die aus einer einzigen Diode bestehen und diese mit einem speziellen Signalverarbeitungsverfahren kombinieren. Damit lässt sich im Experiment eine Datenübertragungsrate von 115 Gbit/s auf einer Trägerfrequenz von 0,3 THz über eine Entfernung von 110 m erreichen.

T. Harter, C. Füllner, J.N. Kemal, **S. Ummethala**, J.L. Steinmann, M. Brosi, J.L. Hesler, E. Bründermann, A.-S. Müller, W. Freude, S. Randel, **C. Koos**, Generalized Kramers-Kronig Receiver for Coherent THz Communications, *Nature Photonics*, 14, 601 (2020).

4. Advanced Engineering Materials (AEM)

Die im Programm AEM ausgewählten neuartigen Werkstoffe zeichnen sich durch ein multi-sektorales Anwendungsspektrum aus und stellen Schlüssel für neue innovative Systemlösungen für viele Technologiebereiche dar. Damit tragen sie dazu bei, den Wirtschaftsstandort Deutschland im Sinne der High-Tech Strategie zu sichern. Auswahl und Entwicklung der Werkstoffe orientiert sich an wissenschaftlichen Herausforderungen und technischen Bedürfnissen, die übergreifend für viele Anwendungsbereiche zentral sind, sowohl hinsichtlich mechanischer Eigenschaften als auch (multi)funktionaler Eigenschaften.

Ende 2020 werden die Arbeiten des Programms AEM nahezu vollständig in das Programm 3 „Materials Systems Engineering“, Topic 4 „Scale-Bridging Designed Materials: From Fundamentals to Systems“ im FB Information überführt, das gemeinsam mit Beiträgen des KIT in der PoF IV gestaltet wird. Dementsprechend wurden bereits in den Jahren 2018 und 2019 seitens AEM intensive Vorbereitungen auf die PoF IV getroffen, die die oben genannten Themen mit Arbeiten in Modellierung und Simulation, maschinellem Lernen und datengetriebenen Ansätzen verstärken, die künftig wesentlich für die virtuelle Materialentwicklung sind.

In Vorbereitung auf PoF IV wurden im FB Information Innovationspool-Projekte bewilligt, um in den beiden Joint Labs MDMC (Integrated Model and Data Driven Material Characterization) und VMD neben den bereits laufenden Projekten zentrenübergreifende Zusammenarbeiten zu initiieren. Im Rahmen des JL MDMC wird HZG zusammen mit KIT und FZJ an zwei Teilprojekten mitarbeiten, die sich mit korrelativer Charakterisierung und Softwareentwicklung für multimodale Datenauswertung (federführend) befassen. Zudem wird es in diesem Projekt einen HZG-Anteil, der aus dem FB Materie finanziert wird, geben, der sich u.a. auch mit der Entwicklung von Hochgeschwindigkeitsdetektoren befasst. Im JL VMD wird eine Plattform für die Entwicklung, Bereitstellung und Speicherung von Workflows aufgebaut, in die die beteiligten Zentren ihre spezifischen Softwareentwicklungen integrieren können. Das HZG trägt hier den Code 4C bei und hat eine erste Demo-Anwendung in die Workflow-Software des KIT zur Simulation von nanoporösen Metallen implementiert.

Highlight 1: Amorphes Titandioxid als Korrosionsschutzschicht für die photoelektrochemische Wasserstoffgewinnung: Dünne Schichten aus amorphem Titandioxid ($\square$ -TiO₂), die mittels Atomlagenabscheidung („Atomic Layer Deposition“, ALD) aufgetragen werden, wurden in den letzten Jahren für den Korrosionsschutz von Photoanoden und Photokathoden verwendet. Diese Schutzfilme sind jedoch nicht gegen Degradation immun. Mittels spektroskopischer Ellipsometrie wurde der graduelle Verlust von $\square$ -TiO₂ quantifiziert und Bedingungen identifiziert, insbesondere in Bezug auf den pH-Bereich, unter denen amorphe Titandioxid-Schutzschichten langlebige Zellkomponenten für die solare Wasserstoffherzeugung ermöglichen.

Kriegel, H., Kollmann, J., Raudsepp, R., Klassen, T. & Schieda, M.: Chemical and photoelectrochemical instability of amorphous TiO₂ layers quantified by spectroscopic ellipsometry. *J. Mater. Chem. A* 8, 18173–18179 (2020). DOI: 10.1039/D0TA04878J (IF: 11.301).

Highlight 2: Hürde zur Anwendung von Sintertechnologien bei Implantaten aus Titan-Betalegierungen überwunden: Die Herstellung neuartiger Titanimplantate mittels Metallpulverspritzgießen MIM oder additiver Techniken wie Fused Filament Fabrication („3D-Druck“), die auf der Formgebung eines Gemisches aus Metallpulver und einem Polymerbinder mit anschließendem Sintern beruhen, eröffnet interessante Möglichkeiten bei der Funktionalitätsoptimierung, aber auch zur Kostenreduktion. Bei der Verarbeitung von Pulvern aus sogenannten Titan-Betalegierungen, die ausschließlich aus nicht-toxischen Elementen aufgebaut sein können und mechanisch dem Knochen ähnlicher als konventionelle Titanwerkstoffe sind, kommt es aber typischerweise zu einer Versprödung. Grund ist eine Reaktion des Titans mit dem Polymerbinder zu Karbidteilchen. Diese Karbide konnten durch eine spezielle Prozessierung von einer schädlichen länglichen Form in eine unschädliche sphärische umgewandelt werden. Zudem sind die Karbide nun gleichmäßig im Material verteilt und nicht mehr an den Korngrenzen fokussiert. In einer Ti-Nb-Zr-Y Legierung konnte damit die Duktilität um über 100% auf einen Wert von 8,3% gesteigert werden. Damit wird die Anwendung moderner Fertigungstechnologien auf die Herstellung verbesserter Permanentimplantate ermöglicht.

Xu, F.Pyczak, M.Yan, W.Limberg, R.Willumeit-Römer, T.Ebel, Tensile toughening of powder-injection-molded β Ti-Nb-Zr biomaterials by adjusting TiC particle distribution from aligned to dispersed pattern. Applied Materials Today 19:100630. DOI: 10.1016/j.apmt.2020.100630 (open access).

5. BioSoft – Fundamentals for Future Technologies in the fields of Soft Matter and Life Sciences

Interdisziplinäre Forschung zwischen Biologie, Physik, Chemie und Ingenieurwissenschaften kann Grundlagen für neue technologische Entwicklungen wie funktionale Nano-Verbundwerkstoffe und neue therapeutische Strategien schaffen. Ziel von BioSoft ist ein quantitatives und theoretisches Verständnis der komplexen Strukturen und Mechanismen, die das Verhalten synthetischer weicher Materie und biologischer Systeme bestimmen. Das komplexe Wechselspiel von Makromolekülen in lebenden Zellen bestimmt die biologische Informationsverarbeitung. Hier sind das Verständnis und die Kontrolle von Fehlfunktionen von besonderer Bedeutung, da diese Grundlagen der Entstehung vieler Krankheiten sind. Anwendungen der Forschung in BioSoft ergeben sich in der „Soft Nanotechnology“, der „Nano-Biotechnology“, der Biosensorik und der Medizin.

Es ergeben sich Verbindungen zu anderen Programmen der HGF innerhalb und außerhalb des FB, z.B. „Schlüsseltechnologien – BioInterfaces“, „Materie – From Matter to Materials and Life“, und „Schlüsseltechnologien – Decoding the Human Brain“. Die Forschung in „BioSoft“ wird teilweise mit Auslaufen der PoF III abgeschlossen, zu größeren Teilen refokussiert und weiterentwickelt und in der PoF IV im Forschungsbereich Information im Programm P2 „Natural, Artificial and Cognitive Information Processing“ aufgenommen und dort weitestgehend in Topic 4, „Molecular and Cellular Information Processing“, integriert. Diese Reorientierung bereitet die Schwerpunktbildung der zukünftigen Arbeiten auf dem Gebiet der biologischen Informationsverarbeitung vor.

Als erste Maßnahme zur Refokussierung des IBI ist die Neuausrichtung des IBI-4 (Biomakromolekulare Systeme und Prozesse) im Rahmen der Nachbesetzung der Institutsleitung vorgesehen. Eine Strukturkommission wird Vorschläge für die fachliche und strategische Ausrichtung des IBI-4 erarbeiten, in die auch die Perspektive des IBI insgesamt und des zu gründenden IBI-9 (Arbeitstitel: Molecular Simulations) einfließen.

Highlight 1: Synthetische Zellen: Formen und Bewegungen steuern

Lebende Zellen können unterschiedlichste Formen annehmen, etwa um sich fortzubewegen, um sich durch Engstellen zu schlängeln oder um Nährstoffe aufzunehmen. Wir haben die physikalischen Grundlagen dieser komplexen Prozesse mit einem neuen Modellsystem untersucht. Dazu wurde die Zelle durch ein Lipid-Vesikel, das komplexe Zellskelett, das in lebenden Zellen von innen Kräfte auf die Membranen ausübt und dadurch Bewegungen und Formänderungen auslöst, durch aktive, chemisch angetriebene Teilchen ersetzt. Experimentelle und numerische Untersuchungen des Systems mit unterschiedlichen Partikelkonzentrationen und Antriebskräften zeigen eine überraschende Vielfalt unerwarteter Vesikelformen fern des Gleichgewichts. Für die umfangreichen Simulationen der Formen und dynamischen Formänderungen war die Entwicklung eines Algorithmus notwendig, der eine hohe räumliche Auflösung der Membranformen und -deformationen ermöglicht. Die Ergebnisse helfen, biologische Vorgänge besser zu verstehen. Sie können wichtig für die Entwicklung synthetischer Zellen sein, die etwa als Miniaturfabriken dienen oder als Mikro-Roboter arbeiten sollen.

H. R. Vutukuri, **M. Hoore**, **C. Abaurrea-Velasco**, L. van Buren, A. Dutto, **T. Auth**, **D.A Fedosov**, **G. Gompper**, J. Vermant. *Active particles induce large shape deformations in giant lipid vesicles*. Nature **586** (7827), 52-56 (2020).

Highlight 2: Plasmonenverstärkte Fluoreszenz zum Nachweis von Malaria

Malaria ist weltweit die tödlichste Infektionserkrankung, die durch Parasiten ausgelöst wird. Obwohl Malaria relativ einfach zu behandeln ist, steigen die Infektionszahlen trotz großer globaler Anstrengungen in den letzten Jahren. Für die Bekämpfung von Malaria empfiehlt die WHO eine „Test, Treat and Track“-Strategie, die eine einfache und empfindliche Detektion von Malaria-Biomarkern in Blutproben erfordert. Wir haben ein Sensorverfahren entwickelt, dass Malaria-Biomarker (*PfLDH*) mit einer Nachweisgrenze von 1 pg/mL detektieren kann, mehrere Größenordnungen niedriger als kommerzielle Malariaschnelltests. Der Sensor nutzt die plasmonische Verstärkung des emittierten Lichtes eines Fluoreszenzmarkers, der an dem Aptamerrezeptor (Cy5 Aptamer) befestigt ist und an den Malaria-Biomarker bindet. Die hierfür benötigten Oberflächenplasmonen werden durch Nanopartikelfelder (AuNP) erzeugt, die hinsichtlich ihrer Plasmoneneigenschaften genau auf die Charakteristika des Fluoreszenzmarkers maßgeschneidert wurden. Der Nachweis kann direkt in Vollblutproben ohne komplizierte Probenvorbehandlung erfolgen. Die Sensoren können einfach hergestellt werden und sind potentiell auf Hochdurchsatzverfahren erweiterbar.

Minopoli, A., Della Ventura, B., **Lenyk, B.**, Gentile, F., Tanner, J. A., **Offenhäusser, A.**, **Mayer, D.**, Velotta, R. *Ultrasensitive antibody-aptamer plasmonic biosensor for malaria biomarker detection in whole blood*. Nature communications, **11**(1), 1-10 (2020).

6. Biointerfaces in Technology and Medicine (BIFTM)

Übergeordnetes Ziel des Programms ist die Kontrolle lebender Systeme. Diese werden auf der zellulären Ebene durch Wechselwirkungen an molekularen und zellulären Grenzflächen gesteuert, welche daher die logischen Ansatzpunkte für Strategien zur Beeinflussung des Zellverhaltens sind. Neue Konzepte für innovative Materialien und Technologien zur Steuerung solcher Kontrollmechanismen werden entwickelt. Hierfür arbeiten die Forschenden des Programms in transdisziplinären Kooperationen von den Grundlagen über die Technologieentwicklung bis zu anwendungsreifen Prototypen und Verfahren für verschiedene Gebiete im Bereich Lebenswissenschaften und Medizin.

Im Hinblick auf die Neuausrichtung und Neustrukturierung des Forschungsbereichs in der kommenden PoF IV wurden verstärkt Themen der biologischen Informationsverarbeitung und der Digitalisierung und Biologisierung von Materialien und Materialdesign angegangen.

Am KIT wurde das bisherige „Institut für Toxikologie und Genetik“ (ITG) umbenannt in „Institute for Biological and Chemical Systems“ (IBCS), um dem geänderten Schwerpunkt Rechnung zu tragen. Organisatorisch wurde das Institut in zwei Teilinstitute gegliedert mit den Schwerpunkten „Biological Information Processing“ (IBCS-BIP) und „Functional Molecular Systems“ (IBCS-FMS), die in PoF IV zu den Programmen „Natural, Artificial and Cognitive Information Processing“ bzw. „Materials Systems Engineering“ beitragen werden.

Im Zuge des zentrumsinternen Umstrukturierungsprozesses „HZG neu“ wurde beschlossen, das bisherige „Institut für Biomaterialforschung“ in „Institut für Aktive Polymere“ umzubenennen. Zugunsten einer stärkeren wissenschaftlichen Ausrichtung auf die POF IV-Ziele und mit Blick auf Data Science sollen zwei neue Abteilungen, „Mehrdimensionale Polymercharakterisierung“ sowie „Biomaterialmodellierung“ eingerichtet werden. Prof. Dr. Christof Stamm, Charité, Deutsches Herzzentrum Berlin, konnte für das HZG gewonnen werden. Er wird zukünftig die Translationsprojekte im Bereich der kardialen Implantate begleiten.

Highlight 1: Enorme Beschleunigung für die Medikamentenforschung

Kernspinresonanz ist ein wichtiges Instrument für die Arzneimittelforschung, da sie die Bindung von Wirkstoffen an Zielstrukturen quantifizieren und räumlich auflösen kann. Doch bislang fehlen der Kernspinresonanz Empfindlichkeit und Durchsatz, um große Wirkstoffbibliotheken effizient zu scannen. Die Forschungsteams um Professor Jan Gerrit Korvink und Dr. Benno Meier vom KIT entwickeln im Projekt „HiSCORE“ (Highly Informative Drug Screening by Overcoming NMR Restrictions) zusammen mit Partnern eine Methode, um Wirkstoff-Screenings mit hohem Durchsatz zu ermöglichen. Das Projekt führt die innovativsten Bereiche – unter anderem Hyperpolarisation, Mikrospulen, Mikrofluidik, parallele Erfassung und Maschinelles Lernen – zusammen, um diese pharmakologische Herausforderung zu meistern. So lassen sich die Prozesse zehntausendfach beschleunigen. Der Europäische Forschungsrat (ERC) fördert das Projekt mit einem Synergy Grant.

Highlight 2: Künstliche-Muskel-Folien trainieren Stammzellen zu Knochenzellen

Gezielt programmierte Materialien können Stammzellen unter bestimmten Bedingungen dazu anregen, sich zu Knochenzellen zu differenzieren. Dazu wurde hier eine Polymerfolie im Sinne eines künstlichen Muskels eingesetzt: Die Folie weist die ungewöhnliche Funktion auf, bei einer vorgegebenen Temperaturänderung die Form reversibel zu verändern. Bei Abkühlung von Körpertemperatur, also 37 Grad Celsius, auf 10 Grad Celsius dehnt sich die Muskelfolie in einer Richtung aus. Bei erneuter Erwärmung zieht sie sich wieder zusammen. Anschließend wurden die Muskelfolien mit Stammzellen besiedelt und die sich verändernde Form des Gitternetzes auf der Unterseite der Folie und der Zellen beobachtet. Ein physikalisches Signal, nämlich die Temperaturänderung, konnte somit genutzt werden, um ein weiteres mechanisches Signal gleichzeitig an die Stammzellen zu senden. Damit genügte eine Temperaturänderung in Kombination mit der wiederholten Bewegung der Folie, um die Stammzellen zur Differenzierung in Knochenzellen anzuregen.

Deng Z, Wang W, Xu X, Gould OEC, Kratz K, Ma N, Lendlein A (2020) Polymeric sheet actuators with programmable bioinstructivity. *PNAS* 117:1895.

7. Decoding the Human Brain (DtHB)

Ziel des Programms „Decoding the Human Brain“ (DtHB) ist die Entwicklung eines realistischen 3D-Modells des Gehirns auf Basis von Hirnstruktur und -funktion. Sowohl Hirnstruktur als auch -funktion ändern sich auf unterschiedlichen Zeitskalen und können moduliert werden. Unter anderem werden innovative Neurobildgebung und Methoden des High-

Performance Computing (HPC) eingesetzt, um die Wissensbasis für ein solches Modell bereitzustellen. Daher ist DtHB in enger Abstimmung mit dem Programm „Supercomputing & Big Data“. Ein realistisches und biologisch sinnvolles Modell des menschlichen Gehirns hat das Potenzial, ein innovatives Tool sowohl für die Grundlagenforschung als auch für die präklinische und klinische Forschung zu sein.

In DtHB werden die neuronalen Mechanismen, die Kognition und Verhalten unter gesunden sowie pathologischen Bedingungen zugrunde liegen, auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen untersucht. In unserem Forschungsprogramm wird eine Top-down-Perspektive mit Elementen eines Bottom-up-Ansatzes verbunden, um die verschiedenen Ebenen der Hirnorganisation und ihre Wechselbeziehungen zu erforschen.

Für die Schwerpunkte des PoF IV-Programms konnten bereits Forschungsbeiträge publiziert werden und das INM-3 hat in Kooperation mit der Klinik und Poliklinik für Neurologie der Uniklinik Köln die innovative TMS-EEG-Methode entwickelt. Es gelang der Nachweis, dass sich TMS-evozierte EEG-Signale zur Charakterisierung von Schlaganfall-bedingten Störungen der motorischen Netzwerke eignen (Tscherpel et al., 2020). Das INM-5 verfügt über zwei Beschleuniger (Babyzyklotron BC 17120, PETtrace 800 Zyklotron, GE), die nach der Inbetriebnahme des neuen PET-Zentrums in der PoF IV durch das Hochleistungs-Zyklotron von IBA (Cyclone 30) erweitert werden. Es ermöglicht u.a. die Untersuchung von Struktur und Funktion von informationsverarbeitenden Systemen mittels innovativer multimodaler Neurobildgebung. Im INM-9 werden 2021 die Forschungslinien biomolekulare Simulation (insbesondere in der computergestützten Massenspektrometrie) und translationale Medizin sowie Simulation von neuronalen Ionenkanälen und Transportern (Zusammenarbeit mit dem IBI-1) personell gestärkt.

Das Joint Lab „Supercomputing and Modeling for the Human Brain“ (SMHB) knüpft an die erfolgreiche assoziierte Programmpartnerschaft der Programme DtHB und SCBD der PoF III an und wird in der PoF IV als Joint Lab der Programme 1 und 2 fortgesetzt. Hierbei spielt die weitere Entwicklung im Bereich Big Data und Machine Learning als Schnittstelle zwischen neurowissenschaftlicher Grundlagenforschung, klinischer Forschung und der Entwicklung von Modellen zu normaler und gestörter Hirnfunktion eine wichtige Rolle.

Prof. Dr. Markus Diesmann und Prof. Dr. Achim Streit (KIT) leiten eine Arbeitsgruppe zum Thema Research Software Engineering. Im Pilotprojekt „ACA: towards multi-scale natural-density Neuromorphic Computing“ wurden 2020 wichtige Grundlagen für das Forschungsgebiet des Neuromorphic Computing erarbeitet, das in der PoF IV im Programm 2 Topic 3 ein wichtiger Forschungsschwerpunkt ist.

Highlight 1: Julich-Brain: Der neue 3D-Gehirnatlas „Julich-Brain“, den Forschende des Programms im Juli in *Science* präsentiert haben, bildet erstmals die Variabilität der Gehirnstruktur auf der Mikro-Ebene ab. Etwa 250 strukturell unterschiedliche Bereiche sind bis jetzt kartiert, jeder auf der Analyse von 10 Gehirnen basierend.

Dafür entwickelten Neurowissenschaftler/innen und Computerexpert/innen neue Methoden zur Erkennung von Grenzen zwischen Hirnarealen und zur Verarbeitung großer Datenmengen auf verschiedenen räumlichen Skalen. Der Atlas folgt dem Konzept einer „Living Map“ aus der Geographie, um in komplexen Räumen navigieren zu können. Im Human Brain Project ist Julich-Brain ein Kernelement des Hirnatlas von EBRAINS, einer wissenschaftlichen Infrastruktur für die Hirnforschung. Als 3D-„Interface“ ermöglicht er, verschiedene Arten neurowissenschaftlicher Daten zu verknüpfen und liefert Informationen für Modellierung und Simulation.

Amunts, Mohlberg, Bludau, Zilles. *Science*. 369(6506): 988-992 (2020).

Highlight 2: Die Datenanalyse beeinflusst wissenschaftliche Schlussfolgerungen: Nahezu 200 Forschende aus aller Welt sowie verschiedenen Disziplinen, darunter drei Teams des Programms, haben untersucht, wie die Art der Datenanalyse die Ergebnisse beeinflusst. Verwendet wurden Daten der bildgebenden Hirnforschung, die von jedem Team unabhängig voneinander hinsichtlich vordefinierter Hypothesen zum Zusammenhang zwischen Entscheidungsfindung und Hirnaktivität analysiert wurden. Die Ergebnisse der Teams variierten erheblich. Eine Metaanalyse, bei der Zwischenergebnisse von verschiedenen Teams kombiniert und gemeinsam ausgewertet wurden, führte wiederum zu ähnlichen Resultaten.

Die Studie belegt zum ersten Mal, dass die Art der Analyse komplexer Neuroimaging-Datensätze einen starken Einfluss auf das Ergebnis haben kann – trotz identischer Ausgangsdaten und festgelegter Fragestellungen. Metaanalysen, die durch die gemeinsame Analyse von Zwischenergebnissen einzelner Forschungsgruppen zu konvergenteren Ergebnissen führen, könnten in Zukunft nicht nur die Hirnforschung, sondern zahlreiche datenbasierte Wissenschaftsdisziplinen auf Basis von Kooperation und Transparenz voranbringen.

Botvinik-Nezer, Holzmeister, Camerer, Dreber, Huber, [...], **Camilleri**, [...], **Cieslik**, [...], **Dukart**, [...], **Eckhoff**, [...], **Genon**, [...], **Hoffstaedter**, [...], **Langner**, [...], **Patil**, [...], **Weis**, [...]. Nature. 582(7810): 84-88 (2020).

8. Key Technologies for the Bioeconomy

Ziel der Bioökonomie ist „eine am natürlichen Stoffkreislauf orientierte, nachhaltige bio-basierte Wirtschaft, deren vielfältiges Angebot die Welt ausreichend und gesund ernährt sowie uns mit hochwertigen Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen versorgt wird“ (Bioökonomie-Strategie). Im Zentrum des Programms stehen die biologischen Ressourcen der Bioökonomie – Pflanzen und Mikroorganismen.

Im Berichtszeitraum lagen die Schwerpunkte neben den wissenschaftlichen Arbeiten in der

- Integration der Arbeiten des Programms in den Forschungsbereich Erde und Umwelt
- damit verbundenen weiteren Schärfung des Profils des Profils des Instituts für Bio- und Geowissenschaften (IBG) als strategisches Thema des Forschungszentrums Jülich
- Gründung des IBG-4 Bioinformatik Ende 2019 (Leitung Prof. Dr. Björn Usadel, bislang IBG-2)
- Entwicklung eines Konzeptes, das in der Region bioökonomische Themen und Lösungswege zur Umgestaltung in eine Modellregion BioökonomieRevier etablieren wird.

Strukturell wurde mit der Gründung des IBG-4 die Bioinformatik signifikant ausgebaut. Seit Ende 2020 steht auch durch Beschluss des Bundestags fest, dass die Förderung des deutschen Bioinformatik-Netzwerks den.bi unter dem Dach des FZJ verstetigt und weiterentwickelt wird.

IBG-1 und IBG-2 starten ein gemeinsames Forschungsthema, in dem es um das Verständnis der Dynamik der Wechselwirkungen zwischen Pflanze, Bakterien und Bakteriophagen zur Verbesserung der Pflanzenleistung geht. Weiterhin wurde die Kooperation in den Datenwissenschaften – insbesondere des Datenmanagements und der Bildverarbeitung – u.a. im Rahmen von HDS-LEE intensiviert. IBG-2 führt und koordiniert europäische Großprojekte zur Pflanzenphänotypisierung. Im Projekt zur Einrichtung der Forschungsinfrastruktur zur Pflanzenphänotypisierung EMPHASIS wurde der Übergang zur Implementation Phase vollzogen. Das Europäische Pflanzen-Phänotypisierungsnetzwerk (EPPN2020) hat 2020 seinen letzten Call for Access durchgeführt. Des Weiteren wurde eine deutsch-französische Kooperation zwischen dem IBG-1 und dem Institut Pasteur durch die Bewilligung eines Projekts in der

DFG-Ausschreibung „German French Cooperation Projects in Natural, Life and Engineering Sciences“ intensiviert. Die Berufung von Prof. Dr. Nick Wierckx an das IBG-1 erweitert das Portfolio an Plattformorganismen um mehrere pro- und eukaryotische Mikroorganismen.

Die Zusammenarbeit mit der Industrie wird in einer Vielzahl von Forschungsprojekten dokumentiert. InnoLabs vernetzen die Forschung mit regionalen Firmen und das Koordinationsprojekt BioökonomieREVIEW-KOM verstärkt die Zusammenarbeit mit Landwirten und Züchtern weiter. Ferner wurde die Partnership for Plant Sciences mit dem Helmholtz Zentrum München zur Pflanzenforschung inhaltlich weiterentwickelt.

Highlight 1: Die Entwicklung und Anwendung von Transkriptionsfaktor-basierten Biosensoren für die intrazelluläre, semi-quantitative Messung biotechnologisch interessanter Metabolite in einzelnen Zellen ist ein wichtiger Aspekt der Forschungsarbeiten in Topic 1 und Grundlage von Hochdurchsatz-Screenings im Rahmen der mikrobiellen Stamm- und Enzymentwicklung. Die Ligandenspezifität ist ein wesentlicher Parameter bei der Nutzung solcher Biosensoren und deren gezielte Veränderung ein sehr lohnendes Ziel. Mit Hilfe von Methoden des semi-rationalen Protein Engineerings ist es gelungen, das Ligandenspektrum eines Biosensors zu verändern, der natürlicherweise alle drei basischen proteinogenen Aminosäuren Lysin, Arginin und Histidin erkennt (Della Corte et al., 2020). Durch einen einzigen Aminosäureaustausch in der Ligandenbindedomäne dieses Biosensors konnte die Spezifität für Lysin gezielt eliminiert werden, ohne die Biosensorantwort für Arginin und Histidin zu verändern. Mit der Brigham Young University (Provo, UT, USA), dem IBI-7 des Forschungszentrums Jülich und den Universitäten Bochum und Bielefeld wurden die strukturellen Konsequenzen der Aminosäuresubstitution untersucht und der neue Biosensor erfolgreich für die Entwicklung eines Histidin-überproduzierenden Stammes von *Corynebacterium glutamicum* genutzt.

Highlight 2: Flugzeugmessungen auf größerer Skala (Auflösung 1 Meter) wurden durch den intensiven Ausbau von drohnengestützten (UAVs) Messsystemen ergänzt, wodurch multiskalige Datensätze aufgenommen werden konnten. Durch diese weltweit einzigartigen Daten konnte die Regulation der drei relevanten Photosyntheseprozesse das erste Mal durch Fernerkundung quantitativ abgeleitet werden und ein konzeptionelles Modell erstellt werden, das die Basis für die Produktentwicklung der FLEX-Satellitenmission bildet.

9. Technology, Innovation and Society (TIS)

Die Arbeiten im Programm liefen wie geplant. Eine ausführliche Darstellung findet sich in den Berichten des Forschungsbereichs Energie.

A.2.2.1.3 Strategische Themen

1. Nachwuchsförderung

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.

Im Programm Supercomputing und Big Data (SCBD) beteiligte sich das FZJ über das Jülich Supercomputing Centre (JSC) im Jahr 2020 am PRACE-Programm „Summer of HPC“, das für Studierende Praktikumsplätze an europäischen HPC-Zentren zur Verfügung stellt. Daneben nahm das JSC erneut an der CAMMP week Pro 2020 (Computational and Mathematical

Modeling Program) teil, die gemeinsam von RWTH Aachen und FZJ organisiert wurde. Das Konzept der CAMMP week Pro wurde durch Wissenschaftler/innen des KIT entwickelt. Von DtHB wurden Studierende der RWTH im Drug Design Lab ausgebildet und im Rahmen der CAMMP-Schule an den Bereich computergestützte mathematische Modellierung herangeführt. DtHB-Wissenschaftler:innen koordinieren außerdem den Masterstudiengang „Translational Neuroscience“, der in Kooperation mit der HHU Düsseldorf und dem Forschungszentrum Jülich angeboten wird. Der Masterstudiengang „Clinical and Experimental Neuroscience“ wird gemeinsam mit der Universität zu Köln angeboten.

Im EU-Promotionsprogramm „Simulation in Multiscale Physical and Biological Systems“ (STIMULATE) ist das JSC Partner und fördert Promovierende durch Ausbildung im Supercomputing, maßgeschneiderte F&E-Projekte und Forschungsaufenthalte bei Partnereinrichtungen. Zusammen mit dem Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf und dem Helmholtz Federated IT Services Software Cluster (HIFIS) organisierte das JSC erneut einen fünftägigen Helmholtz GPU-Hackathon. Weiterhin sind verschiedene Institutsbereiche des FZJ, u. a. auch das JSC mit der RWTH Aachen an Promotionsprogrammen der „School for Simulation und Data Science“ (SSD) des JARA-Instituts „Center for Simulation and Data Science“ (CSD) sowie der Helmholtz Information & Data Science Graduiertenschule HDS-LEE beteiligt. Sprecher der HDS-LEE ist Prof. Dr. Wiechert (IBG-1) aus dem Programm BioEconomy, der im Rahmen der Helmholtz Information & Data Science Academy (HIDA) eine strukturierte Doktorandenausbildung mit regelmäßigen Seminaren, Retreats und Soft-Skills Kursen mit aufbaute. JSC und SCC stellten außerdem personelle Unterstützung und GPU-Ressourcen für den „HIDA Datathon for Grand Challenges on Climate Change“ bereit.

Das HZG arbeitet mit der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel in der zweiten Promovierendengeneration des Kollegs „M4B – Materials for Brain“ (DFG GRK 2154) mit 12 Doktorand/innen an neuen Werkstoffsystemen. Das Helmholtz-Kolleg „BioSoft“ (IHRS BioSoft) in Jülich wird gemeinsam mit den Universitäten in Aachen, Düsseldorf und Köln, sowie dem Forschungszentrum caesar in Bonn erfolgreich betrieben. Ende 2020 hatte das Kolleg 38 Promovierende, davon 18 internationale. Seit 2011 wird zusätzlich ein Gaststudierendenprogramm durchgeführt, im Rahmen dessen exzellente Masterstudierende ein jeweils zehnwöchiges Forschungsprojekt zusammen mit Doktorand/innen des Kollegs bearbeiten. 2020 wurden erstmalig, zusätzlich zu drei Vor-Ort-Projekten, drei virtuell betreute Projekte, sowie ein Mentoring-Programm und virtuelle Kurstage für ca. 20 Teilnehmende weltweit angeboten. Im Helmholtz-Mentoringprogramm „Advance – a Year for your Career“ hat das STN-Programmmanagement zudem die Funktion der Mentorin übernommen. Mentee ist eine junge Postdoktorandin der Physik aus dem Bereich „Optik & Photonik“ am Forschungszentrum Jülich. Im Programm BioEconomy wurde der NRW-weite Graduiertentag Bioökonomie mittlerweile zum fünften Mal vom IBG-2 in Kooperation mit fünf Graduiertenschulen in NRW durchgeführt und beim Global Bioeconomy Summit 2020 erreichte ein Workshop zu Education in Bioeconomy große Aufmerksamkeit.

Die Vielzahl der erfolgreichen Karriereschritte junger Forschender im gesamten Bereich Schlüsseltechnologien lässt nur eine enge Auswahl zu:

Am HZB wurde im Zusammenhang mit der Berufung auf eine S-W2-Professur an der FU Berlin die Abteilung „Theorie von Quantenmaterialien“ unter der Leitung von Prof. Johannes Reuther gegründet. Dr. Felix Büttner ist dort im März 2020 mit einer neuen Helmholtz-Nachwuchsgruppe (YIG) „MaXRay: Magnetism and Coherent X-Ray Imaging“ gestartet. Ebenfalls im Bereich der Nachwuchsgruppen hatte Dr. Benedikt Sabass vom FZJ („Physics and the Micromechanics of Life“) 2019 ein ERC Starting Grant erreicht. Am 01. August 2020 trat er dann eine W2-Professur mit tenure track im Fachbereich Veterinärmedizin der LMU München an. Dr. Nils Lakomek aus Jülich bekam eine DFG-Heisenberg-Stelle. Dr. Hector

Sanchez-Iranzo hat eine zweijährige YIG Prep Pro-Förderung des KIT zur Vorbereitung eines Antrags auf eine drittmittelgeförderte Nachwuchsgruppe erhalten. Andrii Hrebonkin (Ukraine) erhielt einen über den Impuls- und Vernetzungsfonds geförderten Aspirant Grant des KIT, durch den er vor Ort am Gastinstitut seine Promotion am KIT vorbereiten konnte. DtHB förderte darüber hinaus den Ausbau der Georgian-German Science Bridge (GGSB), einer Kooperationsplattform des FZJ mit verschiedenen georgischen Partneruniversitäten (AUG, ISU, GTU and TSU) sowie dem MES (Ministry of Education, Science, Culture and Sport of Georgia) und der SRNSF Stiftung.

Im Berichtszeitraum hat weiterhin Junior-Professorin Dr. Simone Vossel (FZJ) einen Ruf auf eine W2-Professur für Kognitive Neuropsychologie an der Universität zu Köln erhalten und Herr apl. Prof. Dr. Norbert Galldiks einen Ruf auf eine W2-Professur für Translationale Bildgebung in der Neuro-Onkologie an der Universität zu Köln. Herr Professor Dr. Markus Axer hat einen Ruf auf eine W2-Professur für Bildgebende Verfahren in der medizinischen Forschung und Diagnostik an der Universität Wuppertal erhalten. Junior-Professor Dr. Andreas Forstner erhielt eine W1-Professur für Brain Genomics an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Prof. Dr. Dr. Giulia Rossetti hat einen Ruf auf eine W2-Professur für Computational Molecular Medicine an der RWTH Aachen erhalten. Dr. Lisa Wagens erhielt einen Ruf auf eine W1-Professur für Social and Affective Neuroscience an der Medizinischen Fakultät der RWTH Aachen.

2. Chancengleichheit

Das FZJ bietet mit der RWTH Aachen und dem KIT das anspruchsvolle Personalentwicklungsprogramm TANDEMplus an. Es soll geeignete Nachwuchswissenschaftlerinnen für herausfordernde Positionen vorbereiten und ihre Vernetzung in der wissenschaftlichen Gemeinschaft fördern. "Diversity is a fact – inclusion is an act": Seit Oktober 2020 ist ein umfassendes Projekt zum Thema Diversity & Inclusion am FZJ gestartet. Ziel ist es, im Lauf des Jahres 2021 eine faktenbasierte D&I-Strategie vorzulegen und daraus Maßnahmen abzuleiten, die das Forschungszentrum im internationalen Wettbewerb um die besten Köpfe stärkt und zudem durch gute Rahmenbedingungen und adäquate Prozesse dazu beiträgt, dass alle Mitarbeitendengruppen ihr volles Potenzial entwickeln und einbringen können. Dies gilt in besonderen Maße auch für die Förderung von Frauen und die Rekrutierung und Begleitung internationaler Mitarbeitenden. Bedingt durch die Pandemie wird der Kontakt des Netzwerks „Women in HPC“ zum JLESC-Workshop erst in 2021 vertieft. In BioEconomy liefen die etablierten Maßnahmen zur Förderung von Frauen in der Wissenschaft weiter. 2020 wurde beispielsweise der Preis des DECHEMA-Zukunftsforums und der Friedrich-Wilhelm-Preis der RWTH an Laura Helleckes sowie der DECHEMA-Studierendenpreis an Laura Grabowski vergeben.

Im KIT ist Chancengleichheit ein durchgängiges Leitprinzip in allen Handlungsfeldern und daher in die Dachstrategie KIT 2025 sowie im Struktur- und Entwicklungsplan eingebettet. Flexible Arbeitszeitmodelle, umfangreiche Kinderbetreuungsmaßnahmen und vier Kinderbetreuungseinrichtungen mit insgesamt 205 Vollzeit- und Teilzeit-Betreuungsplätzen für Kinder im Alter von drei Monaten bis zum Schuleintritt stehen bereit. Prof. Achim Streit ist darüber hinaus weiterhin Mitglied der Kommission „Chancengleichheit & Diversity“ des KIT-Senats. Das Forschungszentrum Jülich hat zur besseren Vereinbarkeit von Beruf und Familie seine Aktivitäten auch in 2020 weiter vorangetrieben, beispielsweise durch einen flexiblen Gleitzeitrahmen, Möglichkeiten zur Telearbeit und dem Mobilen Arbeiten. Des Weiteren gibt es einen Kindergarten mit 122 Plätzen sowie das Mobile Eltern-Kind-Arbeitszimmer (MobEKA). Zum Thema Pflege werden regelmäßig Informationsveranstaltungen angeboten und gut von der Belegschaft angenommen.

Ein weiterer Aspekt ist das Dual Career-Angebot des FZJ. Hier erhalten Partner/innen schon während des Bewerbungsverfahrens Beratung und Informationen über den regionalen Arbeitsmarkt, und es werden, wenn möglich berufsbezogene Kontakte hergestellt.

Das HZB durchläuft als erste außeruniversitäre Forschungseinrichtung das Diversity-Audit des Stifterverbandes. Die Auftaktveranstaltung fand online sehr erfolgreich statt. Seit einem weiteren Workshop im Oktober 2020 läuft die Umsetzungsphase, im Frühjahr 2021 folgt eine Evaluierung des Implementierten sowie die Zertifizierung durch den Stifterverband. Das FZJ unterstützt zusätzlich zu Personalentwicklungsmaßnahmen zum Beispiel einen LGBTIQ+ & Friends Networking-Lunch für alle Mitarbeitenden, die sich im Themengebiet engagieren. DtHB-Wissenschaftlerinnen unterstützen aktiv Maßnahmen für Diversity und Inclusion, beispielsweise im neuen Diversity- und Inclusion-Projekt am FZJ. Dessen Sounding Group, zu der Dr. Sarah Genon und Dr. Paola Mengotti gehören, ist eine Gruppe von Fürsprechenden und Expert/innen, die das Thema am Forschungszentrum vorantreiben. Darüber hinaus sind Prof. Dr. Abigail Morrison und Prof. Dr. Sacha van Albada im Diversity and Equal Opportunities Committee des Human Brain Projects (HBP).

Im Programm STN war Dr. Maria Asplund von der Universität Freiburg mit ihrem Projektantrag „Seamlessly tissue Integrated Micron scale Neurotechnology in 3D – Seaming MinD“ im HGF-Förderprogramm „Förderung der Erstberufung“ exzellenter Wissenschaftlerinnen (W2/W3)“ erfolgreich. Sie wird mit ihrer Professur für „Bioelectronic Microtechnology“ Implantate aus neuronalen Elektrodenarrays auf subzellulären Längenskalen entwickeln, die höchste Ansprüche an Funktionalität, Biokompatibilität und MEMS-Prozessierbarkeit erfüllen. Überdies erhielt sie 2020 den Bertha-Ottenstein-Preis, mit dem die Universität Freiburg besondere Initiativen in der Frauenförderung und Gleichstellung würdigt. Ebenfalls in STN und im selben Förderprogramm war Prof. Dr. Silvia Vignolini von der Universität Cambridge mit ihrem Antrag „Sustainable material manufacturing with cellulose: from nature to applications“ erfolgreich. Sie soll mit einer Professur für „Sustainable and Bio-inspired Materials for Photonics“ am KIT auf Lichtmanagementstrategien der Natur beruhende Konzepte des Energiematerialdesigns nutzen und bio-inspirierte Materialien für den Energiesektor produzieren.

Zur Förderung von Frauen in Führungspositionen hat STN Personalmittel für Vernetzungsprojekte unter Leitung herausragender Wissenschaftlerinnen vergeben. So erhielt Prof. Dr. Jasmin Aghassi Unterstützung für eine Postdoc-Stelle, die ein Projekt aus Exzellenz-Initiative-Mitteln des KIT synergetisch komplementiert. Bei DtHB wurde Prof. Dr. Dr. Svenja Caspers zur Prodekanin für Lehre und Studienqualität der Medizinischen Fakultät der HHU Düsseldorf gewählt. Zahlreiche DtHB-Wissenschaftlerinnen haben im Berichtszeitraum außerdem erfolgreich ein Berufungsverfahren abgeschlossen oder die Leitung einer Abteilung übernommen: Vier der sechs im Jahr 2020 gegründeten Abteilungen und Teams werden von Wissenschaftlerinnen geleitet. Prof. Dr. Katrin Amunts wurde des Weiteren als wissenschaftliche Direktorin des HBP zum dritten Mal wiedergewählt. AEM hat für die dritte Förderperiode des Sonderforschungsbereichs 986 verstärkt Teilprojekte zur Leitung durch talentierten Postdoktorandinnen angelegt. Außerdem wurden geeignete Perspektiven in Richtung einer Habilitation oder Juniorprofessur in die Karriereplanung aufgenommen. Der SFB wurde im Dezember 2020 bewilligt und die Talentförderung von den Gutachter:innen ausdrücklich gelobt. Anträge für Tenure-Track-Professuren, die dazu an der TUHH im Rahmen des Bundes-Länder-Programms gestellt wurden, sind in 2019 bewilligt worden und die Ausschreibungsverfahren wurden in 2020 angestoßen.

Durch erfolgreiche Bleibeverhandlungen des KIT mit Prof. Dr. Anne Kristin Kaster konnte in BIFTM ein externer Ruf abgewehrt und die Institutsleitung erhalten werden. Ebenfalls in Bio-Interfaces wird im Rahmen des Research Seed Capital Projekts „Biomechanics of cancer cell extravasation“ am KIT Dr. Carmen Martinez Dominguez beim Aufbau einer Nachwuchs-

gruppe unterstützt. Die im YIG Prep Pro-Programm geförderten Dr. Gudrun Gygli und Dr. Kristen Kozielski wurden durch zusätzliche Sachmittel und Coaching stark unterstützt, um ihnen eine optimale Ausgangsposition für die Einwerbung einer Nachwuchsgruppe zu ermöglichen.

3. Vernetzung

Die internationale Vernetzung profitierte u.a. von der vielfältigen Zusammenarbeit des Programms SCBD mit China. Ein vom Office of China Postdoc Council finanzierter Postdoc forscht für zwei Jahre am KIT zur HPC-Simulation von Solarkraftwerken, während drei Postdocs durch das gleiche Programm am JSC in den Bereichen der Klimaforschung und der laserbasierten Teilchenbeschleunigung finanziert werden. Des Weiteren haben beim „Joint Laboratory for Extreme Scale Computing“ 22 Wissenschaftler/innen des JSC sowie von Partner-Universitäten am jährlichen Workshop für gemeinsame Projekte teilgenommen. Zwei dieser Projekte wurden 2020 von JSC-Mitarbeitenden geleitet, mit Partnern aus RIKEN R-CCES (Japan) und Barcelona Supercomputing Center (Spanien). Unter den zahlreichen Kooperationen im Programm AEM befasst sich ein Forschungsprojekt mit Südkorea mit der Entwicklung neuartiger hochfester Yttrium und Calcium-haltiger Magnesiumlegierungen, die eine hohe Umformbarkeit bei niedrigen Temperaturen aufweisen, nicht brennbar sind und eine hohe Korrosionsbeständigkeit besitzen.

Mit HIBALL, dem Helmholtz International Big Brain Analytics and Learning Laboratory, nahm bei DtHB ein neues Leuchtturmprojekt an der Schnittstelle von Hirnforschung, AI und Computing von Partnern aus dem INM-1, INM-7, JSC mit kanadischen Partnern an der McGill Universität und dem MILA in Montreal, seine Arbeit auf. Das Konsortium aus ca. 50 Forschenden hat bereits hunderte Follower, die es mit ihren Methoden und Daten bereichern und zum HBP sowie zur kanadischen „Healthy Brain for Healthy Life“ – Initiative beitragen.

Die europäische Vernetzung fördert in AEM beispielweise das EU-Projekt „Membranes and catalysts beyond economic and technological hurdles“ mit 25 Partnern, um das Membranreaktorkonzept der Prozessintensivierung für vier Beispiele in die Anwendung zu überführen. Im 2020 gestarteten EU-Projekt „Open INNOvation Test Bed for nano-enabled MEMbranes“ sind 19 Partner vernetzt, um Infrastrukturen für die Membranherstellung KMU zugänglich zu machen und somit die Lücke zwischen Erfindung und Markteinführung zu schließen.

Im Programm BioSoft hervorzuheben ist das EU-Network of Excellence „Soft Matter Composites – an approach to nanoscale materials“ (G. Gompfer, IBI-5, FZJ) mit 30 europäischen Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie fünf großen Unternehmen, die sich mit „weichen“ Materialien beschäftigen. Damit vereinigt es einen wesentlichen Teil der hochrangigen europäischen Forschung auf diesem Gebiet. Das EU-Infrastruktur-Projekt „European Soft Matter Infrastructure“ (J. Dhont, IBI-4, FZJ) ist ein Netzwerk aus 17 Europäischen Institutionen, die gemeinsam europäischen Forschenden den Zugang zu und die Nutzung von einzigartigen Instrumenten und Simulationsanlagen ermöglichen.

Das EU-Projekt Growbot im Programm BioInterfaces stellte erstmals Proben von Kletterpflanzen aus dem atlantischen Regenwald Brasiliens durch den Kooperationspartner French National Centre for Scientific Research (CNRS) bereit und analysierte sie auf Morphologie und Biomechanik. Am binationalen Netzwerk „From Precision Soft Matter Synthesis to Gradient Polymeric Materials“, ist Prof. Dr. Patrick Théato vom KIT beteiligt, Projektpartner sind hier Freiburg und Strasbourg.

DtHB-Forschende haben zur strategischen Zusammenarbeit zwischen dem CEA (Frankreich) und Jülich auf den Gebieten Computational Science, Exascale Computing, AI, Data Analytics und Scalable Simulation das Joint Virtual Lab „AIDAS“ gegründet. Außerdem wur-

de die Zusammenarbeit des INM-7 mit der Parietal Group, Neurospin (Frankreich), mit der Veröffentlichung eines neuen funktionellen Neuroimaging-Datensatzes weiter ausgebaut (Pinho et al., 2020). Es wurden ferner Kooperationen für kombiniertes MRT-TMS-Struktur-Funktions-Mapping mit dem Institute of Neuroscience, Université catholique de Louvain und der Abteilung für Erwachsenenpsychiatrie, Cliniques Universitaires Saint-Luc (Belgien), initiiert.

Nationale Vernetzung Im Programm STN steht die Karlsruhe NMR Facility (KNMR) als neue Großforschungsinfrastruktur aktuell in der Vorbegutachtung zur Aufnahme in die Helmholtz-Roadmap bzw. nachfolgend in die Nationale Roadmap. Die STN-Forschenden sind über die Exzellenzcluster „3D Matter Made to Order“ (Universität Heidelberg) und „Post Lithium Storage“ (Universität Ulm) regional eng mit Kooperationsuniversitäten und komplementär zu den programmatischen Forschungsansätzen ideal vernetzt. Zur Förderung der anwendungsorientierten Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und Industrie im Bereich der Nanotechnologie und Materialien dient das Netzwerk für Materialien der Nanotechnologie, dessen Geschäftsstelle am KIT die erfolgreiche Arbeit in der PoF IV fortsetzen wird. Ferner wurde das Direktorat der NFDI am FIZ Karlsruhe auf dem KIT Campus eingerichtet. Innerhalb der NFDI ist NFDI4Chem eine Initiative zum Aufbau einer offenen Infrastruktur für Forschungsdatenmanagement. Dort sind Vertreter/innen aus dem Programmen STN und BIFTM maßgeblich beteiligt. Im Programm DtHB haben Forschende der INM-6,7,10 den Antrag „NFDI-Neuro – National Research Data Infrastructure for Neuroscience“ mit eingereicht.

Als wichtiges Instrument für die HGF-interne Vernetzung nahm die Helmholtz Metadata Collaboration (HMC) 2020 an Fahrt auf. Der Hub Information am FZJ wurde im September vom Leiter des neugegründeten IAS-9 übernommen. SCBD-Forschende partizipierten erfolgreich am HIDA-Sommeraustauschprogramm sowie mit drei erfolgreichen Anträgen am ersten Call von Helmholtz AI: Im Projekt „Protein Folding by Learning“ arbeiten das SCC gemeinsam mit dem DLR-Institut für Simulation und Software Technologie an einem datengetriebenen, ML-basierten Ansatz zur Strukturvorhersage von Proteinen. Bei „AlphaNumerics Zero“ arbeiten Teams vom JSC und SCC an einem neuartigen Verfahren zum Design numerischer Verfahren auf Supercomputern. Bei DeGeSim arbeiten DESY und FZJ/JSC auf der Basis von Deep-Learning-Verfahren an schnellen und präzisen Simulationen von Teilchenphysikexperimenten am LHC. Aus dem Impuls- und Vernetzungsfond wurde das Projekt SSQC verlängert und ausgebaut. Am Projekt zur Entwicklung von festkörperbasierten Quantencomputingbauteilen, insbesondere Qubits und deren Integration, ist in der Verlängerungsphase neben KIT und FZJ auch das HZB beteiligt.

Im Programm STN werden aus dem Innovationspool des FB Schlüsseltechnologien am KIT seit 2019 die Verbundprojekte „Virtual Materials Design (VMD)“ und „Solid State Quantum Computing and Networking (SSQCN)“ gefördert. Beide werden 2021 fortgeführt, ebenso das Projekt „Integrated Model and Data Driven Material Characterization (MDMC)“. Sowohl VMD als auch MDMC sind in der PoF IV als Joint Labs des FB Information zentrale Vernetzungselemente. Das Helmholtz-Zukunftsprojekt „Scalable Solid State Quantum Computing“ von KIT und FZJ wurde fortgeführt. Zusammen mit der Förderung von SSQCN aus dem Innovationspool, ab der PoF IV im Programm Natural, Artificial and Cognitive Information Processing (NACIP), wird die Kooperation zwischen den Zentren gestärkt.

An der Helmholtz-Klimainitiative HI-CAM beteiligen sich von AEM das Institut für Polymerforschung sowie das Teilinstitut Werkstofftechnologie, die gemeinsam mit den Helmholtz-Zentren KIT, UFZ, HZB und DLR im Projekt-Cluster 1 „Net-Zero-2050“ an der Entwicklung von Technologien arbeiten, um den CO₂-Ausstoß bis 2050 auf netto null zu senken. AEM beteiligt sich außerdem an der computerbasierten Entwicklung abbaubarer Mg-basierter Implantatmaterialien als Teilprojekt von VirMat (KIT, HZB, FZJ). Die Forschung zu Materialien

für die Wasserstofftechnologie ist hingegen eingebettet in die HGF-Plattformen HEMCP und HEMF.

Regional strukturbildend wirken im Programm AEM der SFB 986 (siehe 3.4) sowie das GRK 2154 „M4B – Materials for Brain“. Letzteres verbindet die Aktivitäten von CAU Kiel und HZG auf dem Gebiet der abbaubaren Mg-Legierungen und Therapien auf drei typischen gehirnbezogenen Indikationen. Über Förderung vom Bundesland Hamburg werden Reaktortechnologien für nachhaltige chemische und biotechnologische Syntheseprozesse von HZG mit der TUHH und DESY untersucht. BioSoft unterstützt über das bio-NMR-Netzwerk NRW (bio-N3MR) eine Vernetzung der Forschungsaktivitäten im Bereich der NMR-Spektroskopie biologisch und medizinisch relevanter Makromoleküle in Nordrhein-Westfalen. An bio-N3MR sind Jülich, das Max-Planck-Institut für Molekulare Physiologie sowie die Universitäten Duisburg-Essen, Düsseldorf und Bochum beteiligt. Für das Programm DtHB relevant ist die Absicht des BMBF, ein Deutsches Zentrum für Psychische Gesundheit zu etablieren. Im zweistufigen Bewerbungsverfahren konnte sich das Cluster der ABCDJ-Region in der ersten Stufe durchsetzen. Außerdem wurde die Kooperation von INM-2 und DLR zu „Schlafphysiologie und neuronale Netzwerke“ erfolgreich fortgesetzt. Aus der Kooperation zwischen INM-3 und IBI-2 des FZJ ist eine zertifizierte Struktur entstanden, das „Concussion Center Rheinland“.

4. Drittmittelinwerbungen

Die folgenden Drittmittelaktivitäten im Forschungsbereich stellen aufgrund der Vielzahl erfolgreicher Initiativen in allen Programmen eine sehr restriktive Auswahl dar.

Im Rahmen des EU Clean Sky2-Projektes MICROFORM werden ein Umformverfahren für die Herstellung von Tragflächenbeplankungen sowie unterstützende Simulationswerkzeuge zur Senkung von Treibstoffverbrauch und Schadstoffemission entwickelt. Im EU-EMMC-Netzwerk „OntoTrans – Ontology driven open translation environment“ werden Technologietransfer-Aspekte von Materialsimulationen für die europäische Industrie beleuchtet. Außerdem erhielten die Forschungsteams um Prof. Dr. Jan G. Korvink (KIT) und Dr. Benno Meier ein Synergy Grant für „HiSCORE“ um zusammen mit Partnern in Paris und Nimwegen eine Methode für Wirkstoff-Screenings mit hohem Durchsatz (HTS) zu ermöglichen. Im Rahmen des Human Brain Projects (18,1 Mio. Euro für das FZJ) sowie der European Open Science Cloud (EOSC-Future) waren die ST-Forschenden ebenfalls erfolgreich. Zur Verstärkung der Dateninfrastruktur EBRAINS wurde ein Antrag für die ESFRI Roadmap 2021 mit der politischen Unterstützung von 11 EU-Mitgliedsstaaten und über 100 Unterstützungsschreibern von Wissenschaftsinstitutionen, Fachgesellschaften und Unternehmen eingereicht. Forschende des Programms DtHB sind am seit 2020 geförderten Projekt „H2020-SC1-PHE-CORONAVIRUS-2020: EXaScale smArt pLatform Against paThogEns for Corona Virus“ beteiligt. Neu starteten auch im Rahmen von Horizon 2020 die Verbundprojekte GlaucoS und MixUp des Programms BioEconomy.

Im Bereich der DFG-Förderung sind zahlreiche Beteiligungen an der nationalen Forschungsdateninfrastruktur zu nennen, z.B. an NFDI-Neuro, NFDI4Ing und NFDI4Chem. Im Jahr 2020 gelang es den Forschenden außerdem, den SFB 1451 „Schlüsselmechanismen physiologischer und krankheitsbedingt gestörter motorischer Kontrolle“ einzuwerben. Als weitere SFBs sind zu nennen der SFB 1173 „Wave Phenomena“, der SFB 985 „Functional Microgels and Microgel Systems“, der SFB 1208 „Identität und Dynamik von Membransystemen“ sowie der SFB 986 „Multiskalige Maßgeschneiderte Materialsysteme“. Der SFB 1441 „Tracking the Active Site in Heterogeneous Catalysis for Emission Control“ widmet sich atompräzise designten Edelmetall-Katalysatoren während Forschende des KIT im SFB/TRR 288 „Elastisches Tuning und elastische Reaktion elektronischer Quantenphasen der Materie“ neuartige physikalische Phänomene von Festkörpern analysieren und das Anwendungspotenzial er-

forschen. Bei Schwerpunktprogrammen sind Wissenschaftler/innen in den SPP 2262 „Memristive Devices Toward Smart Technical Systems und SPP 2041 „Computational Connectomics“ aktiv – Koordinatorin des SPP „Neue Konzepte der Virus-Wirt-Interaktion in Prokaryoten“ ist Prof. Frunzke (FZJ). Darüber hinaus werden im SPP 2262 intelligente Sensoranwendungen für das zukünftige Internet der Dinge entwickelt: Diese Projekte werden in enger Zusammenarbeit mit Strukturwandelprojekten durchgeführt, was ihre personelle Schlagkraft erhöht und die deutschlandweite Vernetzung stärkt. Beteiligungen an Forschergruppen umfassen beispielsweise FOR 2518 „Functional dynamics of ion channels and transporters – Dynlon“ und FOR 5046 „Integrale Analyse epithelialer SLC26 Anionentransporter“ (beide C. Fahlke, J.-P. Machtens) Ferner wurde im Heisenberg-Programm eine Professorenstelle (Dr. Sarah Genon, FZJ) eingeworben.

Beim BMBF waren Forschende der Schlüsseltechnologien beispielsweise mit dem „BioÖkonomie Revier Rheinland“ und mit dem Strukturwandelvorhaben NEUROTEC erfolgreich. Außerdem wird das Quantencomputing 3 Mio. Euro Förderung im Verbundprojekt German Quantum Computer based on Superconducting Qubits (GeQCoS) erhalten. Mit Förderung des Projekts MENZYPOL durch das BMBF und das kolumbianische Wissenschaftsministerium wurde ferner bilateral die Grundlage für ein translationales Netzwerk für Forschung und Innovation in mikrobieller Biodiversität, Enzymtechnologie und Polymerwissenschaft gelegt. Unter Beteiligung von Forschenden des Programms DtHB, JARA-CSD, dem Artificial Intelligence Center der RWTH Aachen und der TU Darmstadt wurde das Projekt „National HPC Center for Computational Engineering Sciences – Simulation Data Lab Digital Patient“ mit einer Fördersumme von circa 2,4 Mio. Euro eingeworben.

Das BMW fördert im Projekt „27plus6“ effizientere von Perowskit-Silizium-Solarzellen mit 3,2 Mio. Euro. Im Verbundprojekt „Entwicklung und Demonstration eines autonomen Umform- und Richtverfahrens mittels Laser-Peen-Forming / PEENCOR“ wird das Nachformen von gekrümmten Flugzeugbauteilen aus Titan erforscht. Das Ziel des Verbundprojektes „Automotive Verfahren und autonome Prozesse für metallische Luftfahrtbauteile“ sind Prozesse für die hochratenfähige, kosteneffiziente und ressourcenschonende Fertigung von metallischen Bauteilen für die Luftfahrt. Das BMW-Projekt „Wasserstoffbasierte Notstromversorgung mit integriertem Regelkraftwerk mittels flexibler Sektorkopplung und Metallhydridspeichern“ schließlich vereinigt das HZG, die HSU, Altran Stromnetz Hamburg, Hochbahn Hamburg und Gasnetz Hamburg im Konsortium.

Im Bereich der HGF-Förderung sind sehr erfolgreiche Beteiligungen an den Calls der Inkubator-Plattformen Helmholtz.AI, HMC, HIP zu verzeichnen. Seit 2020 wird darüber hinaus am FZJ die Helmholtz.AI Local Unit für den FB Information mit jährlich 871.875 Euro gefördert. Die Einheit wird durch eine Forschungsgruppe am INM-1 und ein AI Consultant Team am JSC in Zusammenarbeit mit dem bestehenden Cross-Sectional Team Deep Learning implementiert. Im Sommer 2020 wurde das Helmholtz International BigBrain Analytics and Learning Laboratory (HIBALL) eingeweiht und vom IuF mit 1,5 Mio. Euro über fünf Jahre gefördert, der gleiche Betrag wird durch Eigenleistung und weitere 3 Mio. Euro durch die kanadischen Projektpartner eingebracht.

Mit Partnern aus der Industrie werden beispielsweise Simulationsvorhaben (IANUS Simulations GmbH), Computermodelle für die KI-gestützte Wartung von maritimen Infrastrukturen (TAIFUN) und Technologietransferprojekte zu Fertigungsstrategien für Mg-ZX-Blechwerkstoffe (Automobilsektor) entwickelt. Desweiteren wird das EU-ITN-Projekt „Physics of Microbial Motility“ mit 15 europäischen Partnern aus Industrie, Forschungseinrichtungen und Universitäten vom FB Schlüsseltechnologien koordiniert (Prof. G. Gompfer, FZJ). Das HZG und die Bundeswehr kooperieren mit der TUHH und AIRBUS Operations für eine Studie zum Hochlauf der Wasserstoffversorgungsinfrastruktur in der industriellen Produktion am

Beispiel des Flugzeugproduktionsstandortes Hamburg-Finkenwerder. Wissenschaftler/innen des Programms BioInterfaces warben gemeinsam mit der Lumobiotics GmbH das EU-Projekt „Antibody Light-Induced Selectivity Enhancement (ALISE)“ ein. Ein besonderer Schwerpunkt waren bei BioEconomy die Projekte für den Strukturwandel im Rheinischen Revier bzw. für den verstärkten Wissens- und Technologietransfer in der Region: zuvorderst das im Sofortprogramm eingeworbene Projekt BioökonomieREVIER (Fördersumme 24.8 Mio Euro), das u.a. Studien zum Status quo und zu weiteren Potentialen der Bioökonomie im Rheinischen Revier veröffentlichte. BioökonomieRevier-INNO führte InnoLabs mit regionalen und überregionalen Wirtschaftspartnern durch – beispielsweise AutoBiotech, UpRePP, SL_BioDig, Marginal Field Labs, Brainergy Field Labs, AgroPV 2.0, AlgaeSolarBoxes sowie das Innovationsmanagement Inno-Manage.

5. Wissens- und Technologietransfer

In SCBD wurden am JSC die Kooperationen zur Technologieentwicklung weiter vorangetrieben. Die seit 2012 existierende Zusammenarbeit mit NVIDIA hat sich zur Vorbereitung auf den JUWELS-Booster bewährt und eine gute gemeinsame Betreuung der 14 Teams ermöglicht, die am Early-Access-Programm teilgenommen haben. Eine weitere Zukunftstechnologie für HPC sind rekonfigurierbare Recheneinheiten, wie etwa FPGAs. In diesem Bereich wurde die Zusammenarbeit mit der Firma Maxeler im Rahmen des EU-geförderten Projekts EXA2PRO fortgesetzt. Auch das Programm DtHB hat die Zusammenarbeit mit der Industrie gestärkt. Hervorzuheben sind die Bereiche Computational Biomedicine mit ChemCom (Belgien), Enyo (Frankreich) und AiCuris (Deutschland) sowie Mikroskopie mit Zeiss Microscopy (Fokus: Big Data Handling). Außerdem wurde ein Verfahren zur Positions- und Energiebestimmung in Szintillationsdetektoren erfolgreich zum Patent angemeldet (German Patent DE102019007136).

Im Bereich Industriekooperation sowie Wissenstransfer in die Industrie verzeichnete der Industry Hub des JSC (IRT) 2020 eine anhaltend gute Nachfrage. So konnte der vom IRT betreute Kundenstamm auf 13 Firmen ausgebaut werden, von mittelständischen Ingenieurbüros bis zu Weltkonzernen wie SIEMENS oder BASF. Das EuroHPC Projekt „European Competence Center“ des IRT erhält seit 1.9.2020 eine Förderung und unterstützt die Bildung nationaler Kompetenzzentren – in Deutschland über GCS sowie mit 33 europäischen Partnern. Des Weiteren erhielt das Strukturwandelvorhaben „Agentur für kognitives Rechnen“ (ACC) den zweiten Stern als antragsreifes Projekt im Sofortprogramm PLUS. ACC strebt an, die Digitalisierung in der rheinischen Region, unter Nutzung von KI-Methoden, voranzutreiben, Dienstleistungen in diesen Bereichen der lokalen Wirtschaft anzubieten und junge Erwachsene in den zugehörigen Bereichen auszubilden.

Im Programm STN ist der ZEISS Innovation Hub@KIT ein Meilenstein der langjährigen Partnerschaft von ZEISS und KIT. Ein Neubau auf dem KIT-Campus ermöglicht ZEISS die Ansiedlung von Hochtechnologie- und Digital-Start-ups und treibt Innovations- und Neugeschäftsaktivitäten voran. Der Hub hat den Betrieb im Januar 2020 aufgenommen. Die Veranstaltungen und Initiativen des Innovationsclusters NanoMat am KIT sind darauf angelegt, insbesondere den Dialog zwischen Forschungseinrichtungen und der Industrie zu fördern. Trotz der coronabedingten Einschränkungen wurde die u.a. zusammen mit der DECHEMA e.V. erstmals als digitales Symposium organisierte NanoVision 2020 unter dem Titel „Sense of Materials“ ein großer Erfolg.

Im Programm AEM wurde eine vom HZG entwickelte Membranmodul-Simulationssoftware eingesetzt, um die Trennleistung verschiedener Membranprozesse zu berechnen und auf diese Weise HZG-Lizenznehmer wie Flowserve SIHI bei der Anwendung von Membrantechnologien zu beraten. Die vom HZG entwickelten K100 Membranmodule für den Einsatz in

Kleinanlagen wurden von verschiedenen innovativen Unternehmen bezogen. Beispielhafte Einsätze sind die Abtrennung von CO₂ aus Abgasströmen, z.B. in der Stahl- und der Energieindustrie. Mit SIEMENS wurden Untersuchungen zur membranbasierten Aufbereitung von Isoliergasen für elektrische Schaltanlagen durchgeführt. Ferner werden die in der strategischen Partnerschaft mit Volkswagen entwickelten Mg-Blechwerkstoffe mit VW durch Zulegierungskonzepte auf temperaturabhängige Verformungseigenschaften optimiert. Aus dem BMBF-Projekt „Entwicklung einer Material-Auswahlbox zur Herstellung von Hochleistungsmembranen für die Wasseraufbereitung ging ein Projekt mit BASF SE hervor.

Das Gründerteam des Spin-offs ChemZyme hat den Wettbewerb des KIT-internen Accelerator-Programms upCAT (Startup Catalyst) gewonnen und eine Förderung durch das Ausgründungsprogramm Helmholtz Enterprise erhalten. Technologieentwicklungen aus dem Bereich der Zellmodifikation in Topic 3 des Programms BioInterfaces bildeten die Grundlage für Arbeiten im Bereich mRNA Synthese/-delivery, die im Rahmen der Zusammenarbeit und Auftragsforschung mit einem Biotech Startup aus Brandenburg umgesetzt wurde.

Bei BioSoft hatte der Austausch und Transfer innerhalb der Wissenschaft hohe Priorität: Die DPG-Fachverbände Biologische Physik, Dynamik und Phasenübergänge, Chemische und Polymer Physik, und Sozioökonomische Physik entschlossen kurzfristig, eine gemeinsame virtuelle Veranstaltung durchzuführen, die mit 250 Teilnehmenden ein großer Erfolg wurde. Des Weiteren startete im Dezember 2020 ein Kooperationsprojekt des Forschungszentrums Jülich mit der Charité Berlin zum am IBI-7 entwickelten Alzheimer-Wirkstoffkandidaten RD-2 mittels Förderung durch die Agentur für Sprunginnovation (SPRIN-D). Im Rahmen dieser Kooperation erfolgt eine klinische Studie 1b an 20 Patienten der Charité Berlin unter Führung von Professor Oliver Peters. Die NEST-Konferenz (INM-6) und die Bernstein Konferenz (BCOS/INM-6) im Programm DtHB fanden 2020 erfolgreich online statt. Im Programm FIT markierte die Autumn-School on Correlated Electrons 2020 unter der Leitung von Eva Pavarini vom IAS-3 und Erik Koch vom JSC das zehnjährige Jubiläum der Reihe: Über 100 Teilnehmende weltweit partizipierten an den Vorlesungen per Videokonferenz.

Für den Wissenstransfer in die Gesellschaft präsentierten Prof. Dr. Dubourdieu und Prof. Dr. Calarco aus dem Programm FIT auf der HGF-Jahrestagung 2020 in einer spannenden Podiumsdiskussion Zukunftsfragen des Quantencomputing einer breiten Öffentlichkeit per Livestream. Im Februar 2020 wurde in Athen der jährliche HBP Open Day mit ca. 700 Teilnehmenden veranstaltet. Hierbei handelt es sich um eine Ausstellung sowie Vorträge, um über das Projekt selbst und die neuesten Ergebnisse und Entwicklungen zu informieren.

Außerdem wird ein im Programm BIFTM optimiertes Verfahren zur Probenaufbereitung von Nukleinsäuren für die PCR über Magnetpartikel inzwischen weltweit eingesetzt und hat aktuell in Deutschland und anderen europäischen Ländern einen Marktanteil von 25 Prozent und darüber bei Systemen zur Probenvorbereitung für PCR-Corona-Tests. Des Weiteren waren DtHB-Forschende maßgeblich an der Entwicklung eines Geruchs- und Geschmackstests für jedermann beteiligt. Weiterhin hat die Beteiligung an einem interdisziplinären Expert/innenkreis der HGF beigetragen, Wissen zu COVID-19 der Gesellschaft in allgemeinverständlicher Form zur Verfügung zu stellen. Schließlich wurden die ethischen Konflikte in der Corona-Pandemie beleuchtet und mit der Ad-hoc-Empfehlung „Solidarität und Verantwortung in der Corona-Krise“ des Deutschen Ethikrates ein Leitfaden erarbeitet.

A.2.2.1.4 Quantitative Indikatoren

	Einheit	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Veränderung 2020 zu 2019 absolut	Veränderung 2020 zu 2019 prozentual
ISI oder SCOPUS zitierte Publikationen	Anzahl	1.873	2.094	2.138	2.080	2.198	2.241	2.191	-50	-2%
Drittmittelträge	TEUR	70.066	69.975	68.515	68.990	90.002	89.923	125.992	36.069	40%
abgeschlossene Dissertationen	Anzahl	196	167	189	210	201	171	165	-6	-4%
Nachwuchsgruppen	Anzahl	35	28	30	31	30	23	20	-3	-13%
ausgewählte koordinierte nationale und intern. Förderprogramme	Anzahl	126	133	136	143	169	170	179	9	5%
Kooperationen mit der Wissenschaft	Anzahl	617	625	475	485	499	526	547	21	4%
Kooperationen mit der Wirtschaft	Anzahl	172	184	201	196	234	248	254	6	2%
prioritätsbegründende Patentanmeldungen	Anzahl	35	39	44	39	42	36	34	-2	-6%
Kapazität der grundfinanzierten Wissenschaftler	PJ	800	840	849	851	879	929	962	33	4%
Kapazität der drittmittel-finanzierten Wissenschaftler	PJ	301	299	320	350	385	402	442	40	10%
Summe Wissenschaftler	PJ	1.101	1.139	1.170	1.202	1.264	1.331	1.404	73	5%

Die ISI oder SCOPUS-zitierten Publikationen bewegen sich im Forschungsbereich nahezu auf Vorjahresniveau und konnten ungeachtet dessen in den Programmen „Future Information Technology“ (+19%) und „Advanced Engineering Materials“ (+14%) gesteigert werden.

Ein starker Aufwuchs ist im Jahr 2020 bei den Drittmittelträgen (+36 Mio. Euro, +40%) erreicht worden, welche damit um 80% höher liegen als zu Beginn der Förderperiode. Wesentlichen Anteil hat hieran in 2020 insbesondere das Programm „Supercomputing & Big Data“ (+36,5 Mio. Euro, +131%) durch bedeutsame Akquirierungen von Tier-1 und Tier-2.

Gegenüber dem Vorjahr ist die Anzahl der abgeschlossenen Dissertationen (-6) und den Nachwuchsgruppen (-3) leicht zurückgegangen.

Weiterhin auf hohem Niveau liegen die Anzahl ausgewählter koordinierter nationaler und internationaler Kooperationen. Im Vergleich zum Beginn der Förderperiode sind diese um 42% gestiegen.

Ebenso konnten die Anzahl der Kooperationen mit der Wissenschaft (+4%) als auch die Anzahl der Kooperationen mit der Wirtschaft (+6%) im Berichtsjahr 2020 wiederum gesteigert werden (im Programm „Science and Technology of Nanosystems“ betrug die Steigerung der Kooperationen mit der Wirtschaft in 2020 +75%). Die Anzahl der Kooperationen mit der Wirtschaft liegen damit um annähernd 50% höher als zu Beginn der Förderperiode.

Während insgesamt im Forschungsbereich die Anzahl der prioritätsbezogenen Patentanmeldungen einen leichten Rückgang gegenüber dem Vorjahr verzeichnet, ist im Programm „BioSoft“ eine deutliche Steigerung erreicht worden (+4, +200%).

Die Kapazität der grundfinanzierten Wissenschaftler/innen ist im Forschungsbereich im Berichtsjahr leicht angestiegen (+4%), im Vergleich zum ersten Jahr der Förderperiode um +20%. (Im Berichtsjahr 2020 sind die Programme „Advanced Engineering Materials“, „BioSoft“ sowie „BioInterfaces for Technology and Medicine“ jeweils um rd. 10% gestiegen.)

Der Anstieg der Kapazität der drittmittelfinanzierten Wissenschaftler/innen ist in 2020 gegenüber dem Vorjahr um 10% angewachsen, dies insbesondere für die Programme „Supercomputing & Big Data“ (+27%) und „Science and Technology of Nanosystems“ (+13%).

Die Drittmittelquote für alle am Forschungsbereich beteiligten Wissenschaftler beträgt im Jahr 2020 90 TEuro (2019: 68 TEuro).

A.2.2.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien

Im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien beteiligt sich das KIT an vier der neun Helmholtz-Programme, und zwar an den Programmen SBD, STN, BIFTM und TIS. Die Kompetenzen des KIT liegen in den Gebieten Bio- und Nanotechnologie, Mikro- und Nanoelektronik, Optik und Photonik, Mikrosystemtechnik und Werkstofftechnik sowie Informationstechnologie. Zudem betreibt das KIT in diesem Forschungsbereich ein Forschungsgroßgerät: Die Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMF) bietet einen offenen Zugang zu einem breiten Portfolio von wichtigen und wesentlichen High-End-Geräten, die komplexe Prozessketten zur Strukturierung und Charakterisierung von funktionalen Materialien, Komponenten und Systemen im Mikro- und Nanobereich erschließen. Der Forschungsbereich Schlüsseltechnologien befindet sich aktuell in einem Prozess einer strategischen Neuausrichtung hin auf das Thema „Information“.

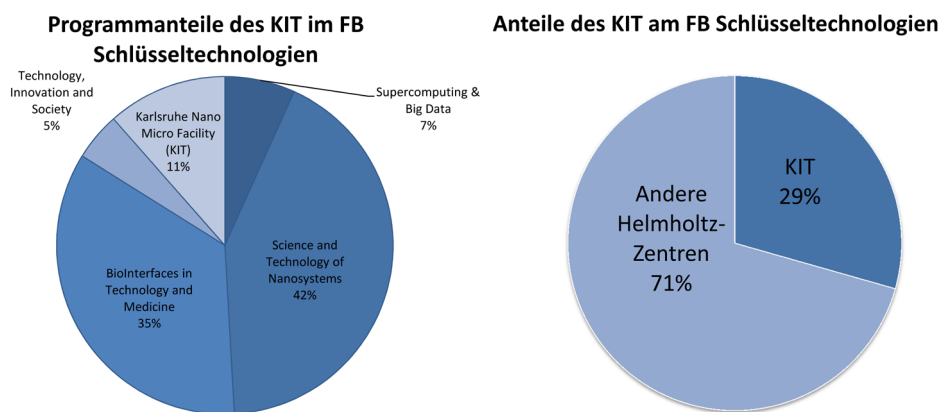


Abbildung 10: Programmanteile des KIT im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien

Im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien wurde ab 2017 unter Koordination des KIT mit der Realisierung der Forschungsdateninfrastruktur „Helmholtz Data Federation (HDF)“ begonnen. Die Föderation basiert auf drei Kernelementen: innovative Software für das Forschungsdatenmanagement, exzellente Nutzer/innenunterstützung und topaktuelle Speicher- und Analyse-Hardware. Um dem erhöhten Bedarf an Datenspeicherplatz und Datenanalysekapazitäten gerecht zu werden, soll diese Dateninfrastruktur innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft in mehreren Zentren betrieben und dem gesamten deutschen Wissenschaftssystem zur Förderung exzellenter Wissenschaft zur Verfügung gestellt werden.

Im Rahmen des Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft werden derzeit ein Zukunftsthema sowie ein Pilotprojekt aus dem Helmholtz-Inkubator „Information & Data Science“ für insgesamt drei Jahre gefördert. Das „Helmholtz Analytics Framework“ (Federführung KIT/FZJ, Partner: HMGU, DLR, DKFZ, DESY) ist ein datenwissenschaftliches Pilotprojekt, das systematische Entwicklungen von fachspezifischen Data-Analytics-Techniken im Co-Design-Verfahren mit Fachwissenschaftler/innen und Informatiker/innen betreiben wird. Ziel ist es, die Datenwissenschaften innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft weiterzuentwickeln und voranzutreiben. Es stellt somit eine sinnvolle Erweiterung der HDF in Richtung Data-Analytics dar.

Durch das Zukunftsthema „Scalable solid state quantum computing“ soll unter Federführung des FZ Jülich und unter Beteiligung von KIT und RWTH Aachen das Thema „Quantencomputing“ gestärkt werden, um im Rahmen der PoF IV weitergeführt zu werden.

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 werden. 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.

Supercomputing & Big Data (SBD)

Hauptziel des aus den Topicthemen „Computational Science and Mathematical Methods“, „Data-Intensive Science and Federated Computing“ und „Supercomputer Facility“ bestehenden Programms SBD ist die Bewältigung einer Daueraufgabe, nämlich im Rahmen nationaler und europäischer Strukturen unverzichtbare Instrumente und Infrastrukturen für das Höchstleistungsrechnen (HPC) sowie das Management und die Analyse extrem großer Datensätze für die deutsche und europäische Wissenschaft zur Verfügung zu stellen. Entsprechend geht es zum einen um die Entwicklung von Methoden und Werkzeugen, die zur Optimierung von Anwendungen benötigt werden. Eine Schlüsselrolle nehmen dabei fachspezifische Simulationslaboratorien (SimLabs) ein. Zudem bringt das KIT seine Expertise bei der Erforschung und Entwicklung von Methoden zum Management und zur Analyse großer Datenmengen sowie um föderierte Systeme zum Betrieb europaweiter Dateninfrastrukturen ein. In fachspezifischen Data Life Cycle Labs (DLCL) wird Expertise generiert, die dann zusammen mit Anwender/innen eingesetzt und weiterentwickelt wird. Das KIT ist an zwei von drei Programmthemen beteiligt.

Science and Technology of Nanosystems (STN)

Übergeordnetes Ziel des Programms STN ist es, Nanosysteme mit einzigartigen Funktionalitäten zu realisieren und das Potential neuartiger Funktionalitäten von Materialien auf der atomaren und molekularen bis zur makroskopischen Ebene zu erschließen. Die Arbeiten in den hierzu gehörenden Topicthemen „Condensed Matter and Molecular Building Blocks“, „Nanomaterials – Function and Manufacturing“ und „Optics & Photonics“ reichen von der Grundlagenforschung bis zu Hochtechnologien und integrierten Systemen. Die Forschungsstrategie besteht darin, neuartige wissenschaftliche Phänomene zu entdecken, sie im Sinne einer Schlüsseltechnologie für vielfältige Einsatzmöglichkeiten zu entwickeln und schließlich ihre Eignung für praktische Anwendungen anhand von Prototypen zu demonstrieren. Die Forschung erfolgt hierbei in den drei Programmthemen „Condensed Matter and Molecular Building Blocks“, „Nanomaterials – Function and Manufacturing“ sowie „Optics & Photonics“. Das KIT ist an allen drei Programmthemen beteiligt. Zur Stärkung der Programmaktivitäten im Hinblick auf die vierte Förderperiode (PoF IV) unterstützt STN die Initiative VirtMat (siehe Kapitel A.3.1).

Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMF)

Insbesondere die Arbeiten des Programms STN profitieren von der Ausstattung und Expertise der KNMF zur Nanofabrikation und Charakterisierung, die sowohl technologisch als auch personell eng mit STN verknüpft ist. Die Nutzer/inneneinrichtung KNMF am KIT bietet den

Anwender/innen aus Industrie und Wissenschaft einen offenen Zugang zu speziellen Werkzeugen aus der Mikro- und Nanotechnologie.

BioInterfaces in Technology and Medicine (BIFTM)

Viele technische und medizinische Herausforderungen, mit denen unsere Gesellschaft konfrontiert ist, haben ihren Ursprung im bislang begrenzten Verständnis der molekularen Lebensvorgänge und somit unzureichenden Methoden, lebende Systeme wirkungsvoll zu kontrollieren. Übergeordnetes Ziel des Programms ist daher die Kontrolle lebender Systeme. Es besteht aus den Topics „Biological Networks and Synthetic Regulators“, „Cell Populations on Biofunctional Surfaces“ sowie „Multifunctional Polymers and Regenerative Medicine“. Lebende Systeme werden auf der zellulären Ebene durch Wechselwirkungen an molekularen und zellulären Grenzflächen gesteuert. Diese Grenzflächen sind daher die logischen Ansatzpunkte für Strategien zur Beeinflussung des Zellverhaltens. Neue Konzepte für innovative Materialien und Technologien zur Steuerung solcher Kontrollmechanismen werden entwickelt. Hierfür arbeiten die Wissenschaftler/innen des Programms in transdisziplinären Kooperationen an Projekten von der Grundlagenforschung über Technologieentwicklung bis zu anwendungsreifen Prototypen und Verfahren für verschiedene Anwendungsgebiete auf dem Gebiet Lebenswissenschaften/Medizin. Das KIT ist an zwei von drei Programmthemen beteiligt. Zur Stärkung der Programmaktivitäten im Hinblick auf die vierte Förderperiode (PoF IV) unterstützt BIFTM die Initiative VirtMat (siehe auch Kapitel A.3.1).

Technology, Innovation and Society (TIS)

Siehe hierzu den Bericht über die Rolle des Zentrums im Forschungsbereich Energie.

A.2.2.3 Programmanteil BioInterfaces in Technology and Medicine (BIFTM)

A.2.2.3.1 Das Programm im Überblick

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

Viele technische und medizinische Herausforderungen unserer Gesellschaft haben ihren Ursprung im bislang begrenzten Verständnis der molekularen Lebensvorgänge und somit unzureichender Methoden, lebende Systeme wirkungsvoll zu kontrollieren.

Übergeordnetes Ziel des Programms ist daher die Kontrolle lebender Systeme. Lebende Systeme werden auf der zellulären Ebene durch Wechselwirkungen an molekularen und zellulären Grenzflächen gesteuert. Diese Grenzflächen sind daher die logischen Ansatzpunkte für Strategien zur Beeinflussung des Zellverhaltens. Neue Konzepte für innovative Materialien und Technologien zur Steuerung solcher Kontrollmechanismen werden entwickelt. Hierfür arbeiten die Wissenschaftler/innen des Programms in transdisziplinären Kooperationen an Projekten von der Grundlagenforschung über Technologieentwicklung bis zu anwendungsreifen Prototypen und Verfahren für verschiedene Anwendungsgebiete in Lebenswissenschaften und Medizin.

Im Hinblick auf die Neuausrichtung und Neustrukturierung des Forschungsbereichs in der kommenden PoF-Periode wurden verstärkt Themen der biologischen Informationsverarbei-

tung und der Digitalisierung und Biologisierung von Materialien und Materialdesign angegangen.

Programmstruktur

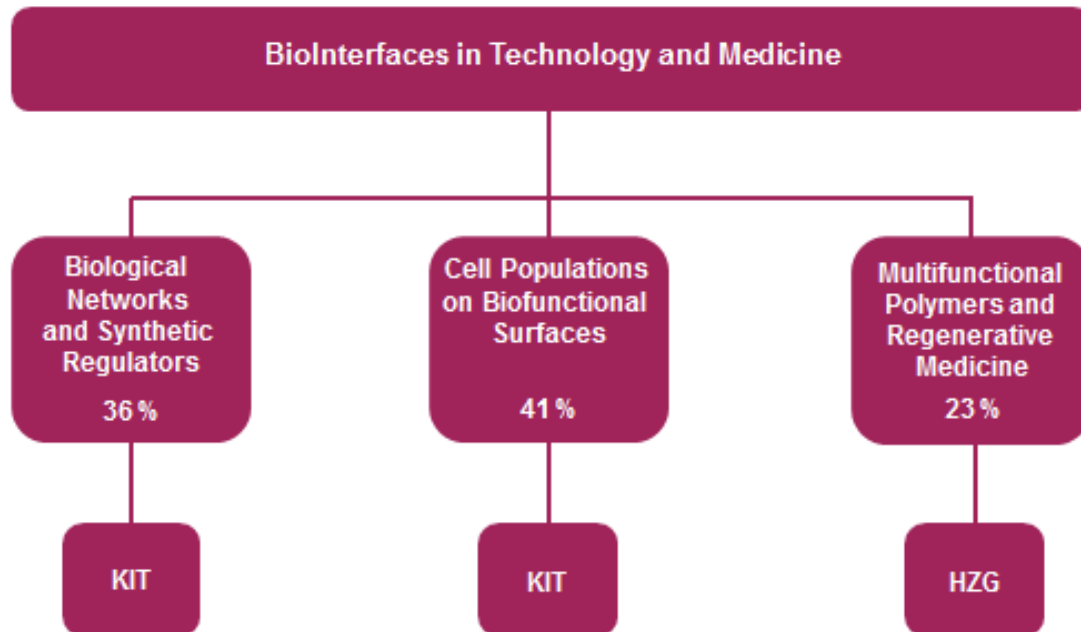


Abbildung 11: Programmstruktur BIFTM

Das Programm BIFTM gliedert sich am KIT in:

Programmthema 1: „Biological Networks and Synthetic Regulators“ (Sprecher: Prof. Dr. Uwe Strähle)

Ziel ist die Entwicklung neuartiger Ansätze und Werkzeuge, um Zellen im Organismus oder im Bioreaktor gezielt zu beeinflussen. Chemisch- oder synthetisch-biologische Verfahren werden genutzt, um an den Beispielen Muskel, Nervensystem und angeborenem Immunsystem im Modellorganismus Zebrafisch Gewebeformung, Reparatur und Regeneration spezifisch zu steuern. Dies erfolgt exemplarisch an den Beispielen von Muskel und Nervensystem sowie an spezifischen Aspekten des angeborenen Immunsystems, welches bei der Reparatur und Regeneration von Geweben eine Rolle spielt. Als Modellorganismus dient der Zebrafisch, der über ein exceptionelles Regenerationsvermögen verfügt.

Programmthema 2: „Cell Populations on Biofunctional Surfaces“ (Sprecher: Prof. Dr. Christof Niemeyer)

Im Thema werden hochentwickelte Kultursysteme zur Kontrolle und Manipulation von eukaryotischen (Stamm-)Zellen und von mikrobiellen Biofilmen ausgearbeitet („3rd generation biotechnology“). Dies beinhaltet innovative Bioreaktoren zur Nachbildung von Gewebe-/Organsystemen oder zur Stammzellexpansion/-differenzierung wie auch für die Kultivierung mikrobieller Multispezies-Konsortien unter definierten hydrodynamischen Bedingungen. Darüber hinaus werden rationale Modifikationen von technischen Oberflächen entwickelt, um die Biofilmbildung zu kontrollieren oder zu verhindern.

A.2.2.3.2 Programmergebnisse

Highlights

Enorme Beschleunigung für die Medikamentenforschung

Kernspinresonanz ist ein wichtiges Instrument für die Arzneimittelforschung, da sie die Bindung von Wirkstoffen an Zielstrukturen quantifizieren und räumlich auflösen kann. Doch bislang fehlen der Kernspinresonanz Empfindlichkeit und Durchsatz, um große Wirkstoffbibliotheken effizient zu scannen. Die Forschungsteams um Professor Jan Gerrit Korvink und Dr. Benno Meier vom KIT entwickeln im Projekt „HiSCORE“ (Highly Informative Drug Screening by Overcoming NMR Restrictions) zusammen mit Partnern eine Methode, um Wirkstoff-Screenings mit hohem Durchsatz zu ermöglichen. Das Projekt führt die innovativsten Gebiete – unter anderem Hyperpolarisation, Mikrospulen, Mikrofluidik, parallele Erfassung und Maschinelles Lernen – zusammen, um diese pharmakologische Herausforderung zu meistern. So lassen sich die Prozesse zehntausendfach beschleunigen. Der Europäische Forschungsrat (ERC) fördert das Projekt mit einem Synergy Grant.

Wissenschaftliche Ergebnisse

Programmthema 1 „Biological Networks and Synthetic Regulators“

CD44 und VLA-4 sind Zelloberflächenmoleküle, die die Bindung von Blutstammzellen im Knochenmark vermitteln. Bei Leukämiezellen (Akute Myeloische Leukämie, AML) wurde ein neuer, nicht-klassischer CD44-vermittelter Aktivierungsweg für VLA-4 aufgeklärt. AML-Zellen binden über aktiviertes VLA-4 an Stromazellen im Knochenmark. Enger Kontakt mit Stromazellen wiederum induziert in AML-Zellen Signalwege, die diese gegen die Wirkung von Chemotherapeutika schützt. Die Kenntnis dieses neuen Bindungsmechanismus kann den Weg zu Kombinationstherapien gegen AML eröffnen.

Gutjahr JC, Bayer E, Yu X, Laufer JM, Höpner JP, Tesanovic S, Härzschel A, Auer G, Rieß T, Salmhofer A, Szenes E, Haslauer T, Durand-Onayli V, Ramspacher A, Pennisi SP, Artinger M, Zaborsky N, Chigaev A, Aberger F, Neureiter D, Pleyer L, Legler DF, Orian-Rousseau V, Greil R, Hartmann TN (2020) CD44 engagement enhances acute myeloid leukemia cell adhesion to the bone marrow microenvironment by increasing VLA-4 avidity, *Haematologica* DOI 10.3324/haematol.2019.231944.

Bei Herzinfarkten und Schlaganfällen muss die Blutversorgung möglichst schnell wieder hergestellt werden, um größere körperliche Schäden zu vermeiden. Ein neuer Ansatz zielt darauf, nicht die Zahl der Blutgefäße in dem betroffenen Gewebe zu erhöhen, sondern vorhandene Arterien zu erweitern. Das Protein VEGF ist als Schlüsselprotein in der Modellierung des Gefäßsystems bekannt. Es wurde ein Mechanismus aufgezeigt, mit dem sich die Menge an VEGF lokal dosieren lässt und in Kombination mit anderen Faktoren eine kontrollierte Größenzunahme der Endothelzellen, welche die Blutgefäßinnenwand bilden, bewirkt. Dadurch erweitert sich der Durchmesser der Arterien. Dieser Ansatz kann langfristig zu einer Verbesserung der Behandlung akuter Herz-Kreislauf-Erkrankungen beitragen.

Klems A, van Rijssel J, Ramms AS, Wild R, Hammer J, Merkel M, Derenbach L, Préau L, Hinkel R, Suarez-Martinez I, Schulte-Merker S, Vidal R, Sauer S, Kivelä R, Alitalo K, Kupatt C, van Buul JD, le Noble F (2020) The GEF Trio controls endothelial cell size and arterial remodeling downstream of Vegf signaling in both zebrafish and cell models. *Nat Commun* 11: 5319.

Chemotion, ein Repositorium für Forschungsdaten aus der Chemie, bietet praktikable Lösungen für die aktuellen Herausforderungen zur Speicherung von Forschungsdaten. Es er-

möglicht den Erhalt domänenspezifischer Informationen in maschinenlesbarem Format. Seine umfassende Funktionalität bietet Optionen zur Sammlung, Aufbereitung und Wiederverwendung von Daten mit disziplinspezifischen Methoden und Datenverarbeitungswerkzeugen. Automatisierte Verfahren zur Prüfung ausgewählter analytische Daten erleichtern die Kuratierung dieser Daten. Chemotion bietet Funktionen für einen einfachen Datenveröffentlichungsprozess, einschließlich automatisierter DOI-Generierung, Peer-Review-Workflows für die Begutachtung der Einreichungen und das Setzen von Embargo-Zeiten. Diese Entwicklungen wurden genutzt, um eine Forschungsdateninfrastruktur für ein neues, gemeinschaftsgetriebenes Repositorium als umfassende Alternative zu kommerziellen Datenbanken aufzubauen.

Tremouilhac P, Lin C-L, Huang P-C, Huang Y-C, Nguyen A, Jung N, Bach F, Ulrich R, Neumair B, Streit A, Bräse S (2020) The Repository Chemotion: Infrastructure for Sustainable Research in Chemistry, *Angew Chem Int Ed* 59: 22771.

Droplet Microarrays (DMA) sind eine Plattform für miniaturisierte, material- und kostensparende Hochdurchsatz-Testsysteme. Für die Anwendung mit Bakterien wurde ein schneller Prozess zur Herstellung von Bakterienarrays etabliert sowie ein einfacher kolorimetrischer Nachweis entwickelt und am Beispiel eines multi-resistenten Keims validiert. Damit lassen sich schnell Substanzbibliotheken auf neue Antibiotikakandidaten testen oder synergistische Wirkungen von Wirkstoffkombinationen screenen.

Eine Weiterentwicklung zum Ultrahochdurchsatz-Testsystem gelang mit der Reduzierung der Tröpfchengröße auf 20 nl (2187 Tröpfchen je Objektträger). Tests mit menschlichen Zelllinien lieferten die gleichen Ergebnisse wie mit konventionellen Mikrotiterplatten, allerdings mit einer Kostenreduzierung um einen Faktor von ca. 2.500.

Lei W, Demir K, Overhage J, Grunze M, Schwartz T, Levkin PA (2020) Droplet-Microarray: Miniaturized Platform for High-Throughput Screening of Antimicrobial Compounds, *Adv Biosys* 4: 2000073.

Liu Y, Tronser T, Peravali R, Reischl M, Levkin PA (2020) High-Throughput Screening of Cell Transfection Enhancers Using Miniaturized Droplet Microarrays; *Adv Biosys* 4: 1900257.

Programmthema 2 „Cell Populations on Biofunctional Surfaces“

Erstmalig wurde eine postsynthetische hybridisierungs-basierte Funktionalisierung von weichen DNA-Nanokomposit-Materialien mit Proteinen demonstriert. Der Aufbau solcher proteinmodifizierter, hierarchisch strukturierter Nanokomposite ermöglicht die gezielte Entwicklung von Grenzflächen zu lebenden Zellen, wie anhand von Materialien, die mit Agonisten oder Antagonisten des EGFR funktionalisiert sind, gezeigt wurde. Von besonderer Bedeutung ist die hohe Modularität des Konstruktionsprinzips, die sowohl die hochpräzise Anordnung von Liganden auf der unteren Nanometer-Längenskala als auch die gezielte Einstellung der mesoskaligen mechanischen und viskoelastischen Eigenschaften der Matrices erlaubt. Derartige komplexe biohybride Materialsysteme können für neue Anwendungen in der Biotechnologie genutzt werden.

Hu Y, Domínguez CM, Christ S, Niemeyer CM (2020) Postsynthetic Functionalization of DNA-Nanocomposites with Proteins Yields Bioinstructive Matrices for Cell Culture Applications, *Angew Chemie Int Ed* 59: 19016.

Wesentliche zelluläre Prozesse werden durch die mechanischen Eigenschaften ihrer Mikroumgebung reguliert. Durch 3D Laserlithographie hergestellte stimuli-responsive Komposit-Gerüste wurden genutzt, um Einzelzellen in maßgeschneiderten 3D-Mikroumgebungen zu dehnen. Schlüsselmaterial ist ein stimuli-responsiver Photoresist, der Vernetzungen enthält, die durch nicht-kovalente, gerichtete Wechselwirkungen zwischen β -Cyclodextrin (Wirt) und

Adamantan (Gast) gebildet werden. Dies ermöglicht eine reversible Aktivierung durch Zugabe von löslichen kompetitiven Gästen. Zellen in diesen Gerüsten bauen initiale Zugkräfte von ~80 nN auf. Nach einer äquibiaxialen Dehnung von bis zu 25 % bauen die Zellen ihr Aktin-Zytoskelett um, verdoppeln ihre Traktionskräfte und äquilibrieren innerhalb von 30 min an einem neuen dynamischen Sollwert. Wird die Dehnung aufgehoben, nehmen die Zugkräfte allmählich bis zum ursprünglichen Sollwert wieder ab. Hemmung oder Deletion von nicht-muskulärem Myosin 2A verhindert diese Anpassungen, was darauf hindeutet, dass die zelluläre Spannungshomöostase stark von funktionierenden Myosinmotoren abhängt.

Hippler M, Weißenbruch K, Richler K, Lemma ED, Nakahata M, Richter B, Barner-Kowollik C, Takashima Y, Hara A, Blasco E, Wegener M, Tanaka M, Bastmeyer M (2020) Mechanical stimulation of single cells by reversible host-guest interactions in 3D microscaffolds, *Sci Adv* 6: eabc2648.

Die Immobilisierung von Enzymen in Polymerhydrogelen ist ein Ansatz, um deren Stabilität und Nutzen in biotechnologischen/biomedizinischen Anwendungen zu verbessern. 3D-Jetwriting von wasserbasierten Biotinten, die vorgeladene Enzyme enthalten, wurde eingesetzt, um Hydrogel-Gerüste mit wohldefinierten, mosaikartigen Mikroporen herzustellen. Anschließend wurden die Gerüste durch Photopolymerisation chemisch modifiziert, um die mechanische Stabilität zu gewährleisten. Die Enzymbeladung und -aktivität in den Hydrogelen bleibt über 3 Tage vollständig erhalten. Solche enzymbeladenen Hydrogel-Gerüste lassen sich für eine breite Palette von Anwendungen, einschließlich Diagnostik und enzymatische Kaskadenreaktionen, weiterentwickeln.

Steier A, Schmiege B, von Brenndorff YI, Meier M, Nirschl H, Franzreb M, Lahann J (2020) Enzyme Scaffolds with Hierarchically Defined Properties via 3D Jet Writing, *Macromol Biosci* 20: 2000154.

Angesichts zunehmender Antibiotikaresistenz bei Bakterien kann ein Verständnis des lytischen Zyklus von Bakteriophagen bei der Entwicklung einer Phagentherapie helfen. Im Bakteriophagen $\phi 21$ löst das integrale Membranprotein Pinholin S2168 die Lyse durch die Bildung kleiner "Nadellöcher" aus. Mit einem rekonstituierten Modellsystem wurde das Postulat, dass die zweite Transmembranhelix (TMD2) ausreicht, um diese Poren mit etwa 2 nm Durchmesser zu bilden, bestätigt. Mittels NMR wurde die Struktur von TMD2 bestimmt, sowie die Membraneinbettung und -ausrichtung. Dies zeigte ein rechtshändiges Glycin-Reißverschluss-Motiv in einer bevorzugten Position für homo- und heteromere Helix-Helix-Wechselwirkungen. Molekulare Modellierungen veranschaulichen, wie sich die Poren über inaktive und aktive Dimere aufbauen.

Steger LME, Kohlmeyer A, Wadhvani P, Bürck J, Strandberg E, Reichert J, Grage SL, Afonin S, Kempfer M, Görner AC, Koch J, Walther TH, Ulrich AS (2020) Structural and functional characterization of the pore-forming domain of pinholin S2168, *Proc Natl Acad Sci USA* 117: 29637.

Es wurde ein multiskaliger Polydimethylsiloxan (PDMS)-Chip entwickelt, der ein Array von mesoskaligen offenen Vertiefungen für die Zellkultivierung und als einzigartiges Merkmal ein Array von mikroskaligen 1 μm tiefen Kanälen zur fluidischen Verbindung benachbarter Vertiefungen bietet. Wie mit SH-SY5Y-Zellen demonstriert, verhindern die kleinen Abmessungen der Kanäle die Migration des Zellkörpers, ermöglichen aber physikalische Kontakte, die durch das Auswachsen protoplasmatischer Fortsätze zwischen Zellen in benachbarten Kavitäten entstehen. Ein weiteres wichtiges Merkmal ist die Montierbarkeit des Chips auf festen Substraten, wie z.B. Glas. Dies ermöglicht die Verwendung von Substraten, die zuvor mit Biomolekülen strukturiert wurden. Die vielseitige Adressierbarkeit von Zellen durch oberflächengebundene oder tintenstrahlbasierte Verabreichung bioaktiver Substanzen prädestiniert

diesen Reaktor für die Erforschung von Zell-Zell-Kommunikationsnetzwerken, zum Beispiel bei neurodegenerativen Erkrankungen wie Alzheimer.

Schneider AK, Scharnweber T, Cammann D, Rapp B, Giselbrecht S, Niemeyer CM (2020) Multiscale Microstructure for Investigation of Cell–Cell Communication, *Small Methods* 4: 2000647.

Strategische Themen

Nachwuchsförderung

Zur Erhöhung der Zahl an Nachwuchsgruppen hat das KIT 2019 ein Programm „YIG Prep Pro“ zur Förderung der Vorbereitung von Anträgen eingerichtet. Dr. Hector Sanchez-Iranzo hat eine zweijährige YIG Prep Pro-Förderung des KIT zur Vorbereitung eines Antrags auf eine drittmittelgeförderte Nachwuchsgruppe erhalten.

Andrii Hrebonkin (Ukraine) erhielt einen über den Impuls- und Vernetzungsfonds geförderten Aspirant Grant des KIT durch den er vor Ort am Gast-institut seine geplante Promotion am KIT vorbereiten konnte.

Chancengleichheit

Im Rahmen ihres „Research Seed Capital (RiSC)-Projekts „Biomechanics of cancer cell extravasation“ am KIT wird Dr. Carmen Martinez Dominguez beim Aufbau und Einwerben einer Nachwuchsgruppe unterstützt. Die im YIG Prep Pro-Programm geförderten Dr. Gudrun Gygli und Dr. Kristen Kozielski wurden durch zusätzliche Sachmittel und Coaching stark unterstützt, um ihnen eine optimale Ausgangsposition für die Einwerbung einer hochkompetitiven Nachwuchsgruppen zu ermöglichen.

Durch erfolgreiche Bleibeverhandlungen mit Frau Prof. Dr. Anne Kristin Kaster konnte ein externer Ruf erfolgreich abgewehrt und die Institutsleitung erhalten werden.

Vernetzung

Das Exzellenzcluster „3D Matter Made to Order“ ist ein gemeinsames Cluster der Universität Heidelberg und des KIT, zu dem einige Arbeitsgruppen von BIFTM beitragen. Das Cluster hat seine Wurzeln in der Strategischen Partnerschaft HEiKA, in deren Forschungsbrücken 2020 wiederum drei neue bilaterale Projekte zu den Feldern Synthetic Biology und Advanced Imaging Platform gefördert wurden.

Ein weiteres Themenfeld eröffnet die Graduiertenschule HIDSS4Health im Rahmen des Helmholtz Inkubators „Information & Data Science“, das Data Science- und Life Science-Gruppen des KIT und der Universität Heidelberg vernetzt und auch das DKFZ miteinschließt. Das Innovationscluster „NanoMat“ am KIT fördert den Dialog zwischen Forschungseinrichtungen und der Industrie auf dem Feld Materialien der Nanotechnologie. Im November 2020 wurde zusammen mit der DECHEMA e.V. der Online-Workshop „NANOvision 2020 – Sense of Materials“ veranstaltet, zu dem zahlreiche Wissenschaftler/innen des Programms beitrugen.

Am binationalen Netzwerk „From Precision Soft Matter Synthesis to Gradient Polymeric Materials“, das über Eucor Seed Money finanziert wird, ist Prof. Patrick Théato beteiligt (KIT mit Freiburg und Strasbourg). Prof. Thomas Schwartz ist Mitglied des Konsortiums „Antibiotic Resistance in Urban Water Systems: Linking patterns and mechanisms“ das plant, einen DFG Sonderforschungsbereich aufzubauen.

Drittmittelinwerbungen

Am KIT wurde mit Beteiligung von Wissenschaftler/innen des Programms und der Ausgründung Lumobiotics GmbH das EU-Projekt „Antibody Light-Induced Selectivity Enhancement (ALISE)“ (MSCA RISE) eingeworben sowie das H2020 Projekt PrecisionTOX.

Auf nationaler Ebene wird vom BMBF das neue Projekt „GLYMIK“ finanziert und vom BMWi über die AIF das ZIM Projekt „MitO2S“.

Im Rahmen einer Industriekollaboration des Screening Centers finanziert BASF das Projekt “Mode of action determination of insecticidal screening hits using Zebrafish embryos and suitable arthropods: development of an integrated phenotypic evaluation protocol”.

Wissens- und Technologietransfer

Das Gründungsteam des Spin-offs ChemZyme hat den Wettbewerb des KIT-internen Accelerator-Programms upCAT (Startup Catalyst) gewonnen und eine Förderung durch das Ausgründungsprogramm Helmholtz Enterprise erhalten.

Ein optimiertes Verfahren zur Probenaufbereitung von Nukleinsäuren für die PCR über Magnetpartikel wird weltweit eingesetzt und hat aktuell in Deutschland und anderen europäischen Ländern einen Marktanteil von 25 Prozent und darüber bei Systemen zur Probenvorbereitung für PCR-Corona-Tests.

Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Es wurden keine Änderungen in der Struktur oder an der Planung von BIFTM vorgenommen.

Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Da die Empfehlungen mit Ende der dritten Programmperiode bereits umgesetzt wurden bzw. dauerhaft in der Umsetzung sind, sind diese im letzten Übergangsjahr zur PoF IV nicht mehr aufgeführt

A.2.2.3.3 Künftige Programmentwicklung

BIFTM hat im Verlängerungsjahr der PoF III-Periode seine Forschung programmgemäß weitergeführt. Dabei wurden aber bereits die Schwerpunkte auf Themen und Projekte gelegt, die die Ausrichtung der Forschungsbereichs Information in der PoF IV bestimmen werden. Am KIT wurde das bisherige „Institut für Toxikologie und Genetik“ umbenannt in „Institute for Biological and Chemical Systems“ (IBCS), um dem geänderten Schwerpunkt Rechnung zu tragen. Organisatorisch wurde das Institut in zwei Teilinstitute gegliedert mit den Schwerpunkten „Biological Information Processing“ (IBCS-BIP) und „Functional Molecular Systems“ (IBCS-FMS), die in PoF IV zu den Programmen „Natural, Artificial and Cognitive Information Processing“ bzw. „Materials Systems Engineering“ beitragen werden.

A.2.2.3.4 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2020 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2020. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2020.

A.2.2.4 Programmanteil Science and Technology of Nanosystems (STN)

A.2.2.4.1 Das Programm im Überblick

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

Übergeordnetes Ziel des Programms Science and Technology of Nanosystems (STN) ist es, Nanosysteme mit einzigartigen Funktionalitäten zu realisieren. Die gezielte Gestaltung und Manipulation von Materialien von der atomaren und molekularen über die nano- und mikro- bis zur makroskaligen Dimension ist die zentrale Triebfeder der STN-Forschung. Besonders das Potenzial von Materialien mit Strukturgrößen von wenigen Nanometern ist noch weitgehend unerschlossen. Zwei Aspekte spielen dabei eine Rolle. Zum einen unterscheiden sich die Eigenschaften einzelner Nanostrukturen von denjenigen eines Festkörpers. Hier liegt die Herausforderung darin, diese Nanostrukturen in ein Nanosystem zu integrieren, in dem sich jedes Bauteil individuell ansprechen lässt. Zum anderen lassen sich über die Zusammenstellung vieler Nanoelemente ähnlicher oder identischer Natur zu einem Nanomaterial neuartige Eigenschaften des Festkörpers erzeugen. Im Laufe der PoF-Periode rückten sowohl auf Material- als auch auf Systemebene das virtuelle Materialdesign verstärkt in den Fokus sowie die Forschung zu Quantenmaterialien. Prinzipiell besteht die Forschungsstrategie darin, neuartige wissenschaftliche Phänomene zu entdecken, sie im Sinne einer Schlüsseltechnologie für vielfältige Einsatzmöglichkeiten zu entwickeln und schließlich ihre Eignung für praktische Anwendungen anhand von Prototypen zu demonstrieren. Die Arbeiten profitieren von der Ausstattung und Expertise der Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMF) zur Nanofabrikation und Charakterisierung, die sowohl technologisch als auch personell eng mit dem Programm STN verknüpft ist.

Programmstruktur

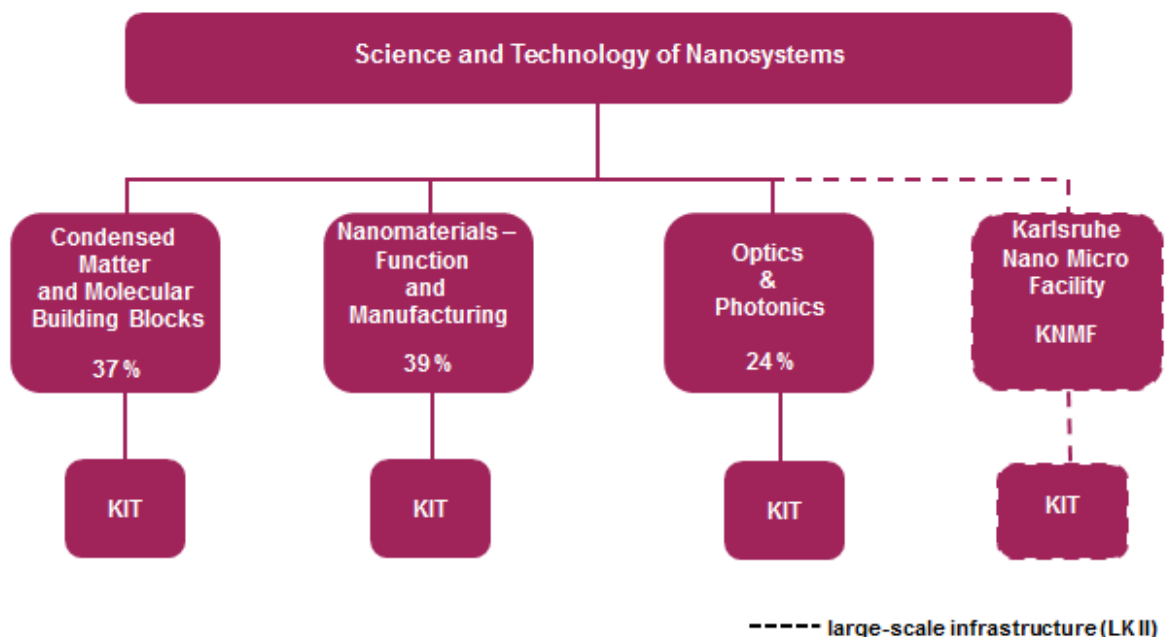


Abbildung 12: Programmstruktur STN

Die Programmstruktur und das Forschungsportfolio wurden im Berichtszeitraum nicht verändert. Die angegebene Verteilung orientiert sich am PoF III-Antrag. Das Programm Science and Technology of Nanosystems gliedert sich in

Topic 1: „Condensed Matter and Molecular Building Blocks“ (Sprecher: Prof. Dr. Manfred Kappes, Co-Sprecher: Prof. Dr. Jörg Schmalian)

Elektronische Eigenschaften kondensierter Materie und von Nanostrukturen werden in Systemen untersucht, bei denen Quantenkorrelationen und elektronische Wechselwirkungen auch die makroskopischen Quantenphänomene wie z.B. Magnetismus und Supraleitung bestimmen. Größen-selektierte molekulare Einheiten wie Graphen, graphenbasierte Heterostrukturen, Kohlenstoff-Nanoröhren (CNT) und Cluster werden hergestellt und charakterisiert, um auf deren Basis neuartige Materialien und nanoskalige Baugruppen zu generieren.

Topic 2: „Nanomaterials – Function and Manufacturing“ (Sprecher: Prof. Dr. Jan-Dierk Grunwaldt, Co-Sprecher: Prof. Dr.-Ing. Horst Hahn)

Neuartige Nanomaterialien werden entwickelt, ihre Eigenschaften kontrolliert und ihr Anwendungspotential erschlossen. Das den Arbeiten zugrundeliegende Konzept ist die gezielte Ausnutzung des verstärkten Einflusses von Grenzflächeneffekten bei Nanomaterialien. Ihre maßgeschneiderten Grenzflächen dienen dem gezielten Design für optimierte makroskopische Funktionalitäten.

Topic 3: „Optics and Photonics“ (Sprecher: Prof. Dr. Martin Wegener, Co-Sprecher: Prof. Dr. Uli Lemmer)

Das Topic umfasst die Forschung zu dreidimensionaler optischer Laserlithographie und Mikroskopie, zu Röntgenoptiken für die medizinische Diagnostik und Materialanalytik, zur optischen Datenübertragung und Telekommunikation im THz-Bereich (Teratronik) sowie zur energieeffizienten Beleuchtung und Solarenergie.

A.2.2.4.2 Programmsergebnisse

Wissenschaftliche Ergebnisse

Highlight 1: Schnellster hochpräziser 3D-Drucker

3D-Drucker, die im Millimeterbereich und größer drucken, finden derzeit Eingang in die unterschiedlichsten industriellen Produktionsprozesse. Viele Anwendungen benötigen jedoch einen präzisen Druck im Mikrometermaßstab und eine deutlich höhere Druckgeschwindigkeit. Forschende am KIT haben ein System entwickelt, mit dem sich in bisher noch nicht erreichter Geschwindigkeit hochpräzise, cm-große Objekte mit μm -großen Details drucken lassen. So wurde eine 60 mm^3 große Gitterstruktur mit Details bis in den μm -Maßstab gedruckt, die mehr als 300 Milliarden Voxel enthält.

V. Hahn, P. Kiefer, T. Frenzel, J. Qu, E. Blasco, C. Barner-Kowollik, M. Wegener, Rapid Assembly of Small Materials Building Blocks (Voxels) into Large Functional 3D Metamaterials, Adv. Funct. Mat. 30 (26) 1907795 (2020).

Highlight 2: Terahertz-Empfänger für 6G-Mobilfunknetze

Zukünftige Mobilfunknetze der sechsten Generation (6G) werden aus vielen kleinen Funkzellen bestehen. Um sie drahtlos zu verbinden, bieten sich Frequenzen im Terahertz-Bereich (THz) an. Am KIT ist es in Kooperation mit dem Diodenhersteller Virginia Diodes (VDI) in

Charlottesville/USA gelungen, ein neuartiges Konzept für einfache und kostengünstige Tera-hertz-Empfänger zu entwickeln, die aus einer einzigen Diode bestehen und diese mit einem speziellen Signalverarbeitungsverfahren kombinieren. Damit lässt sich im Experiment eine Datenübertragungsrate von 115 Gbit/s auf einer Trägerfrequenz von 0,3 THz über eine Ent-fernung von 110 m erreichen.

T. Harter, C. Füllner, J.N. Kemal, S. Ummethala, J.L. Steinmann, M. Brosi, J.L. Hesler, E. Bründermann, A.-S. Müller, W. Freude, S. Randel, C. Koos, Generalized Kramers-Kronig Receiver for Coherent THz Commu-nications, *Nature Photonics*, 14, 601 (2020).

Programmthema “Condensed Matter and Molecular Building Blocks”

Die Arbeiten zu Quantenkorrelationen in Kondensierter Materie umfassen Quanteneffekte in Festkörper- und nanoskaligen Materialien, die sich u.a. in Ladungsquantelung und Elektron-Elektron-Wechselwirkungen sowie in Interferenz- und Lokalisationsphänomenen äußern. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt liegt auf Quanteneigenschaften anwendungsrelevanter Nanostrukturen wie topologischen Isolatoren, Quantenpunkten und molekularen Nanostruk-turen. Weiterhin sind Kohlenstoff-Nanosysteme aus einwandigen Kohlenstoffnanoröhren (SWCNT), Graphen und graphenoiden Strukturen im Fokus. Im Arbeitsgebiet „Molekulares Design“ werden Theorie und Experiment kombiniert, um hybride molekulare Einheiten zu entwickeln.

SrIrO_3 gilt als ein Kandidat für ein korreliertes Dirac-Halbmetall. Das nun über Raman-Streuung ermittelte dynamische Verhalten der Elektronen und Löcher in diesem Material kann gut mit der phänomenologischen Theorie der marginalen Fermi-Flüssigkeit mit fre-quenzunabhängigen Streuraten nahe dem Planck’schen Limit beschrieben werden.

K. Sen, D. Fuchs, R. Heid, K. Kleindienst, K. Wolff, J. Schmalian, M. Le Tacon, Strange semimetal dynamics in SrIrO_3 , *Nat. Commun.* 11, 4270 (2020).

Für FeSe und $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ ($x = 0.03, 0.06$) wurde mittels inelastischer Röntgenstreuung die Dispersion des weichen transversal-akustischen Phonons gemessen und daraus die nematische Korrelationslänge ξ bestimmt. Die für alle Proben gefundene Temperaturabhän-gigkeit $\xi \propto (T-T_0)^{-0.5}$ zeigt zusammen mit früheren Arbeiten zum Curie-Weiss-Verhalten der nematischen Suszeptibilität ein Molekularfeld-Verhalten des nematischen Phasenübergangs. Dies weist auf eine beträchtliche nemato-elastische Kopplung hin, die sich wohl nachteilig auf die supraleitenden Eigenschaften auswirkt.

A. M. Merritt, F. Weber, J.-P. Castellan, T. Wolf, D. Ishikawa, A. H. Said, A. Alatas, R. M. Fernandes, A. Q. R. Baron, D. Reznik, Nematic Correlation Length in Iron-Based Superconductors Probed by Inelastic X-Ray Scatter-ing, *Phys. Rev. Lett.* 124, 157001 (2020).

Die Analyse der Beugungsintensitäten deutet darauf hin, dass es sich bei der resultierenden Phase um ein ungeordnetes, steinsalzartiges Material mit hohem Li-Gehalt, nahe $\text{Li}_{0.5}\text{Ni}_{0.5}\text{O}$, handelt, über das bisher noch nie berichtet wurde und das zur Li-Diffusion fähig ist. Unsere Ergebnisse zeigen, dass das Li-Ni-O-Phasendiagramm noch nicht vollständig erforscht ist, insbesondere im Hinblick auf die Herstellung neuer, vielversprechender Materialien durch Out-of-Equilibrium-Methoden.

In einer Kooperation mit den Forschenden des Gemeinschaftslabors BELLA (Battery and Electrochemistry Laboratory) des KIT und der BASF SE wurden die Methoden zur Röntgen-absorptionsspektroskopie zur Erforschung hochkapazitiver Batteriespeichermaterialien ein-gesetzt. Es wurde eine einfache Festkörpermethode zur Herstellung von Li_2NiO_3 und ande-ren Li-reichen Ni-Oxiden der Zusammensetzung $\text{Li}_{1+x}\text{Ni}_{1-x}\text{O}_2$ ($0 \leq x \leq 0,33$) vorgestellt. Ihre kristalline und elektronische Struktur, die einen hoch oxidierten Ni-Zustand und Defekte ver-

schiedener Natur (Li-Ni-Störungen, Stapelfehler, Sauerstoffleerstellen) aufweist, wurde charakterisiert. Die Verwendung von Li_2NiO_3 als kathodenaktives Material wurde untersucht und seine bemerkenswert hohe spezifische Kapazität aufgezeigt, die jedoch schnell nachlässt. Allerdings konnte über eine stabilisierte Phase mit einem großen Li/Ni-Verhältnis berichtet werden, die eine Lithiummobilität und damit elektrochemische Aktivität aufweist und über die bisher noch nie berichtet wurde. Die Studie zeigt, dass auf dem Gebiet der Li-reichen Ni-basierten Oxide noch neue Verbindungen mit spannenden Eigenschaften entdeckt werden können.

M. Bianchini, A. Schiele, S. Schweidler, S. Siculo, F. Fauth, E. Suard, S. Indris, A. Mazilkin, P. Nagel, S. Schuppler, M. Merz, P. Hartmann, T. Brezesinski, J. Janek, From LiNiO_2 to Li_2NiO_3 , Synthesis, Structures and Electrochemical Mechanisms in Li-Rich Nickel Oxides, Chem. Mater. 32 (21), 921 (2020).

Die Spektroskopie ist ein leistungsfähiges Werkzeug, mit dem chemische Spezies in vielen Einsatzgebieten identifiziert werden können. Normalerweise werden die Proben aus Ensembles gebildet, was die Auflösung, mit der die verschiedenen Spezies detektiert oder identifiziert werden können, einschränken kann. In Zusammenarbeit mit der University of Colorado (Boulder, USA) und der University of Science and Technology of China wurde eine optische Frequenzkammtechnik mit einem einzelnen Paar von gefangenen Ionen (Ca^+ und CaH^+) demonstriert, um das Rotationsspektrum eines einzelnen gefangenen Ions (CaH^+) zu erhalten. Da die Ionen isoliert sind und die Ensemble-Wechselwirkungen entfernt wurden, kann die Rotationsstruktur des gefangenen Molekül-Ions mit hoher Präzision bestimmt werden. Da der Prozess des Einfangens und der Manipulation allgemein ist, könnte diese Technik auf eine Reihe von chemischen Spezies für spezifische Zwecke angewendet werden.

C.W. Chou, A.L. Collopy, C. Kurz, Y. Lin, M.E. Harding, P.N. Plessow, T. Fortier, S. Diddams, D. Leibfried, D.R. Leibbrandt, Frequency-comb spectroscopy on pure quantum states of a single molecular ion, Science 367 (6485), 1458 (2020).

Supraleitende Quantenschaltungen stellen eine vielseitige Hardware-Plattform für die Entwicklung von Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie dar, die vor allem in der Quanteninformationsverarbeitung Anwendung finden. In jüngster Zeit wurde insbesondere daran geforscht, die einzigartigen Eigenschaften supraleitender Schaltkreise mit anderen Quantenfreiheitsgraden wie Molekularmagneten und Spin-Qubits zu kombinieren. Zu diesem Zweck ist es in diesen so genannten hybriden supraleitenden Schaltungen von entscheidender Bedeutung, nichtlineare induktive Elemente - eine wesentliche Voraussetzung für die Manipulation und Verstärkung kohärenter Zustände - zu identifizieren, die gegenüber Magnetfeldern unempfindlich sind. In Fortführung der im letzten Bericht beschriebenen Ergebnisse konnte nun zum ersten Mal gezeigt werden, dass die intrinsische Nichtlinearität eines ungeordneten Supraleiters mit einem kritischen Magnetfeld im Tesla-Bereich, nämlich körniges Aluminium, zum Aufbau eines supraleitenden Qubits genutzt werden kann.

P. Winkel, K. Borisov, L. Grünhaupt, D. Rieger, M. Spiecker, F. Valenti, A.V. Ustinov, W. Wernsdorfer, I.M. Pop, Implementation of a Transmon Qubit Using Superconducting Granular Aluminum, Phys. Rev. X 10, 031032 (2020).

Die herausragenden Leistungen von Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer für seine Beiträge zur Weiterentwicklung der Forschung in den Feldern Einzelmolekülmagnete, Magnetisierungstunneln und molekulare Spintronik wurden in 2020 mit der Verleihung des Dominique-Givord-Awards durch die European Magnetism Association gewürdigt. Außerdem erhielt er den mit 150.000 Euro dotierten Wissenschaftspreis der Hector-Stiftung und wurde als Mitglied in die Hector Fellow Academy aufgenommen.

Programmthema „Nanomaterials – Function and Manufacturing“

Die Forschungsarbeiten dieses Programmthemas befassen sich mit dem Design neuer Funktionalitäten von Materialien auf der Grundlage kontrollierter Nanostrukturen, skalierbarer Synthese und Verarbeitung sowie der Einbindung der neuartigen Funktionalitäten in Geräte und Systeme. Zwei Schwerpunkte der Anwendung liegen in der Nanokatalyse sowie in der Entwicklung neuartiger Konzepte für gedruckte Systeme wie z.B. von elektronischen Schaltungen.

Die Verwertung von Abwärme trägt wesentlich zu einer nachhaltigen Energieversorgung bei. In Kooperation mit der Universität Tōhoku (Japan) wird erfolgreich daran geforscht, Abwärme bei geringen Temperaturdifferenzen in Strom zu wandeln. Sogenannte Heusler-Legierungen – magnetische intermetallische Verbindungen – ermöglichen als Dünnschichten in thermomagnetischen Generatoren eine große temperaturabhängige Änderung der Magnetisierung und eine schnelle Wärmeübertragung. Auf dieser Grundlage basiert das neuartige Konzept der resonanten Selbstaktuierung. Selbst bei geringen Temperaturunterschieden lassen sich die Bauelemente zu resonanten Schwingungen anregen, die effizient in Strom gewandelt werden können. Jedoch ist die elektrische Leistung einzelner Bauelemente gering. Somit stellt die Hochskalierung höchste Ansprüche an Materialentwicklung und Bauweise. Die Ergebnisse ebnen den Weg zur Entwicklung maßgeschneiderter parallel geschalteter thermomagnetischer Generatoren, die das Potenzial zur Abwärmenutzung nahe Raumtemperatur besitzen.

J. Joseph, M. Ohtsuka, H. Miki, M. Kohl, Upscaling of Thermomagnetic Generators Based on Heusler Alloy Films, *Joule* 4, 2718 (2020).

Das Subtopic „Nanokatalyse“ hat 2020 gemeinsam mit weiteren Wissenschaftlern/innen des KIT sowie mit externen Partnern den SFB 1441 TrackAct eingeworben (s. Kap. 3.4). Dieser Erfolg zum Thema Nanokatalyse ist ein gelungenes Beispiel für die Aggregation verschiedener Expertisen von theoretischer Clusterforschung und Simulation atomarer Zustände über Beschichtungsvorgänge bis zur Auslegung prototypischer Reaktoren und zur Prozesssimulation, ein anwendungsbezogenes Forschungsthema von herausragender wissenschaftlicher Qualität. In der PoF IV wird die Nanokatalyse wegen der erzielten Anwendungsnähe gemeinsam in den Forschungsbereichen Information und Energie bearbeitet werden, um die Synergien zwischen den beiden Forschungsbereichen zu nutzen.

Zur Senkung des Edelmetallverbrauchs sollen zukünftig neuartige Katalysatoren zum Einsatz kommen, bei denen inerte Trägermaterialien gezielt mit geringen Mengen an Edelmetall-Atomen beschichtet sind. Um diese neuen Materialien gezielt designen zu können, muss der Reaktionsmechanismus aufgeklärt und mit theoretischen Vorhersagen kombiniert werden. Karlsruher Forscher/innen haben in einem komplementären Ansatz aus Dichtefunktionaltheorie-Berechnungen, in situ-Infrarotspektroskopie, operando-Fluoreszenz-Röntgenabsorptionsspektroskopie mit hoher Energieauflösung und katalytischer CO- (sowie C₃H₆- und CH₄-) Oxidation erstmalig die reaktionsgetriebene Strukturdynamik aufgeklärt und somit gezeigt, dass sich Edelmetallatome unter bestimmten Bedingungen zu Clustern zusammenschließen können, die reaktionsfreudiger sind als Einzelatome und so Abgase effizienter und umweltfreundlicher entfernen können.

F. Maurer, J. Jelic, J. Wang, A. Gänzler, P. Dolcet, C. Wöll, Y. Wang, F. Studt, M. Casapu, J.D. Grunwaldt, Tracking the formation, fate and consequence for catalytic activity of Pt single sites on CeO₂, *Nature Catalysis* 3, 824 (2020).

Kohlenstoff-Nanofasern (CNF), insbesondere verzweigte, stoßen auf großes Interesse wegen ihres Potenzials für die Nanoelektronik, die Darstellung von Katalysatoren und ihre An-

wendbarkeit als Trockenklebstoffe. Es wurde eine einfache Methode für das kontrollierte Wachstum von gewundenen lambda-förmigen Kohlenstoff-Nanofasern entwickelt, die auf einer offenen Ethanolflamme in einem Mikrokanal beruht. Eine umfassende Charakterisierung der CNFs erlaubt es, den Wachstumsprozess zu verstehen und ein Modell zu entwickeln, das die beobachteten Eigenschaften der Strukturen erklärt. Der einfache, aber kontrollierte Herstellungsprozess bietet einen vielversprechenden Weg für die gezielte Synthese einer neuartigen Kohlenstoffstruktur mit chiralen Subkomponenten für den experimentellen und anwendungstechnischen Einsatz wie beim ortsspezifischen Wachstum von verzweigten CNFs für die Nanoelektronik oder die lokale Darstellung von Katalysatoren.

C. Lutz, U. Bog, R. Thelen, J. Syurik, S. Malik, C. Greiner, H. Hölscher, M. Hirtz, Site-Specific Controlled Growth of Coiled Lambda-Shaped Carbon Nanofibers for Potential Application in Catalyst Support and Nanoelectronics, ACS Appl. Nano Mater. 3, 7899 (2020).

Programmthema „Optics and Photonics“

Innerhalb des Themas „Advanced Optical Microscopy and Lithography“ wurde ein Fotolack für den Zwei-Photonen-Mikrodruck entwickelt, mit dem erstmals dreidimensionale polymere Mikrostrukturen mit Hohlräumen in Nanogröße hergestellt werden können. Fotolacke sind Drucktinten, mit denen in der Zwei-Photonen-Lithographie kleinste Mikrostrukturen 3D-gedruckt werden können. Mit bisherigen Fotolacken war es lediglich möglich, transparente, glasartige Polymere zu drucken. Einen Fotolack für den 3D Laser-Mikrodruck, mit dem man „weißes“ Material drucken konnte, gab es bislang nicht. Da während des Drucks der Fotolack für den (roten) Laserstrahl transparent sein muss, können nicht einfach weiße Partikel in einen herkömmlichen Lack gemischt werden. In dem neu entwickelten Lack hingegen bewirken die zahlreichen winzigen Luftlöcher in den porösen Nano-Architekturen, dass diese weiß erscheinen.

F. Mayer, D. Ryklin, I. Wacker, R. Curticean, M. Čalkovský, A. Niemeyer, Z. Dong, P. A. Levkin, D. Gerthsen, R.R. Schröder, M. Wegener, 3D Two-Photon Microprinting of Nanoporous Architectures, Adv. Mater. 32 (32), 2002044 (2020).

Im Thema „Teratronik“ wird zum 3D-Nanodruck von freigeformten optischen Wellenleitern (auch „photonic wirebonding“, PWB, genannt) geforscht, der effiziente Kopplung photonischer Chips ermöglicht und damit eine attraktive und preisgünstige Alternative zu konventionellen optischen Verbindungstechniken darstellt. Die PWB-Technologie hat das Potential, eine Vielfalt von Anwendungen zu ermöglichen, von der Hochgeschwindigkeitskommunikation über ultraschnelle Signalverarbeitung bis zur optischen Sensorik und Quanteninformatik. Auf Basis von PWB konnten optische Kommunikationseinheiten aus Arrays von Silizium-Photonik-Modulatoren mit InP-Lasern und Monomode-Fasern demonstriert werden.

M. Blaicher, M.R. Billah, J. Kemal, T. Hoose, P. Marin-Palomo, A. Hofmann, Y. Kutuvantavida, C. Kieninger, P.-I. Dietrich, M. Lauermann, S. Wolf, U. Troppenz, M. Moehrle, F. Merget, S. Skacel, J. Witzens, S. Randel, W. Freude, C. Koos, Hybrid multi-chip assembly of optical communication engines by in situ 3D nano-lithography, Light Sci Appl 9, 71 (2020).

Lichtsensoren sind schon jetzt bei vielen Anwendungen z.B. in Kameras, Lichtschranken und Bewegungsmeldern nicht mehr wegzudenken. Zukünftig könnten diese Sensoren auch bei der Telekommunikation eine wichtige Rolle spielen, indem sie die Datenübertragung mittels Licht ermöglichen. Wissenschaftler/innen des Programmes STN ist am InnovationLab in Heidelberg ein entscheidender Entwicklungsschritt gelungen. Sie entwickelten druckbare Lichtsensoren auf Basis von Halbleitermaterialien, die auf Licht unterschiedlicher Wellenlängen reagieren, indem sich ihre Leitfähigkeit ändert und die Lichtintensität als elektrischer

Strom gemessen werden kann. Innerhalb dieser Klasse von Materialien gibt es zudem einige, die wie Druckertinte mit einem Drucker auf ein Trägermaterial aufgebracht werden können. So gelang es, eine Materialzusammensetzung zu finden, die sich für den Einsatz als wellenlängensensibler Lichtdetektor eignet und sich zudem auf flexible Träger aufdrucken lässt.

N. Strobel, N. Droseros, W. Köntges, **M. Seiberlich**, **M. Pietsch**, **S. Schliske**, F. Lindheimer, R.R. Schröder, **U. Lemmer**, M. Pfannmöller, N. Banerji, **G. Hernandez-Sosa**, Color-selective Printed Organic Photodiodes for Filterless Multichannel Visible Light Communication, *Adv. Mater.* 32 (12), 1908258 (2020).

Programmthemenübergreifende Aktivitäten

Innerhalb des Programms STN sind insbesondere das Programmtopic 2 „Nanomaterials“ und 3 „Optics and Photonics“ durch die Arbeiten an druckbaren Materialien und auf dem Gebiet „Nanophotonik zur Energieumwandlung“ wissenschaftlich eng verbunden. Die gezielte Förderung innerhalb der Initiative zum virtuellen Materialdesign (VirtMat) unterstützt die interdisziplinäre Kooperation von experimentellen und theoretischen Arbeitsgruppen aus allen Programmtopics. Die Arbeiten im Programm STN sind sowohl mit der LK2-Einrichtung KNMF technologisch und personell eng verzahnt (s. Teil B) als auch in Forschungsprojekten mit denjenigen im Programm BIFTM und des Forschungsbereichs Energie u.a. zu den Themen Energiespeicherung und Katalyse wissenschaftlich verbunden. Diese Konstellationen stellen die Basis der Zusammenarbeit in den Joint Labs VMD (Virtual Materials Design) und MDMC (Integrated Model and Data Driven Material Characterization) dar, wichtigen Forschungsplattformen in der PoF IV.

Im Rahmen einer Zusammenarbeit von Forschenden der Theorie, der Materialsynthese und -charakterisierung aus den STN-Topics 1 und 2 konnte eine Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit eines SURFMOF-Materials um acht Größenordnungen aufgezeigt werden. Umfangreiche DFT-Berechnungen zeigten, dass die endgültige Leitfähigkeit durch den Elektronentransfer zwischen den leitfähigen Oligomeren begrenzt ist.

S. Klyatskaya, A.B. Kanj, C. Molina-Jirón, S. Heidrich, L. Velasco, C. Natzeck, H. Gliemann, S. Heissler, P. Weidner, W. Wenzel, C.C. Bof Bufon, L. Heinke, C. Wöll, M. Ruben, Conductive Metal-Organic Framework Thin Film Hybrids by Electropolymerization of Monosubstituted Acetylenes, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 12, 27, 30972 (2020).

In Kooperation mit Forschenden aus dem Programm BIFTM wurde zusammen mit den Universitäten Heidelberg und Osaka eine Methode erforscht, mit der sich der Einfluss äußerer Kräfte auf einzelne Zellen analysieren lässt. Mit dem in STN entwickelten 3D-Druckverfahren wurden Mikrogerüste hergestellt, auf deren jeweils vier Pfeilern sich eine Zelle ansiedelt. Auf ein äußeres Signal hin schwillt ein Hydrogel im Inneren des Gerüsts an und drückt die Pfeiler auseinander, die Zelle muss sich also „strecken“. Die Zellen wirken den äußeren Kräften mit Motorproteinen aktiv entgegen und erhöhen so ihre Zugkräfte stark. Wird die externe Streckung aufgehoben, entspannen sich die Zellen wieder und kehren zu ihrem Ausgangszustand zurück.

M. Hippler, K. Weißenbruch, K. Richler, E.D. Lemma, M. Nakahata, B. Richter, C. Barner-Kowollik, Y. Takashima, A. Harada, E. Blasco, M. Wegener, M. Tanaka, M. Bastmeyer, Mechanical Stimulation of Single Cells by Reversible Host-Guest Interactions in 3D Micro-Scaffolds, *Science Advances* 6 (39), eabc2648 (2020).

Innerhalb der Zusammenarbeit zwischen Experiment und Theorie zum Thema Nanokatalyse, die einen Brückenschlag zum Forschungsbereich Energie darstellt und auch nach Übertritt der Gruppen am Institut für Katalysatorforschung und -technologie von STN zum Forschungsbereich Energie auch in der PoF IV weitergeführt werden wird, werden zur Verbesserung heterogener Katalysatoren die komplexen Prozesse an ihrer Oberfläche analysiert. Die

grundlegenden Schwächen bei Rechnungen mit der Dichtefunktionaltheorie (DFT) ließen sich mit Hybridfunktionalen überwinden, die DFT und Hartree-Fock-Methode, ein Näherungsverfahren in der Quantenchemie, miteinander kombinieren. Die hervorragende Übereinstimmung mit den experimentellen Systemen wurde anhand nanoskaliger Ceroxid-Katalysatoren demonstriert.

P.G. Lustenberg, P. Pleßow, Y. Wang, C. Yang, A. Nefedov, F. Studt, C. Wöll, M.V. Ganduglia-Pirovano, Vibrational Frequencies of Cerium-Oxide-Bound CO: A Challenge for Conventional DFT Methods, Phys. Rev. Lett. 125, 256101 (2020).

Strategische Themen

Nachwuchsförderung

Das Nachwuchsförderungs-Konzept von STN hatte den Schwerpunkt, außergewöhnliche Talente („high potentials“) zu identifizieren und in ihrer Karriere zu unterstützen. Die individuellen Maßnahmen umfassten die Übernahme von Publikationskosten bei eigenen Publikationen, Reisekosten zu eingeladenen Vorträgen und Zuschüsse zur Organisation von Seminaren und Konferenzen. Wie in den letzten Berichten ausgeführt wird Dr. Eva Blasco seit 2019 für drei Jahre ein STN-Budget zur Finanzierung einer Doktorand/innenstelle zur Verfügung gestellt, um eine eigene Nachwuchsgruppe am Institut für Nanotechnologie aufzubauen und eigenständig Drittmittel einzuwerben. Dr. Eva Blasco profilierte sich aufgrund dieser Unterstützung ihrer wissenschaftlichen Eigenständigkeit, so dass sie zum 01. Oktober 2020 als Juniorprofessorin für Funktionale Polymere Materialien an die Universität Heidelberg berufen wurde. Sie behält weiterhin eine Anbindung an das KIT, an dem auch der von STN finanzierte Doktorand tätig ist, damit ihre Expertise dem Programm STN bzw. in der PoF IV dem Programm Materials, Systems, Engineering (MSE) zugutekommen kann.

Im Oktober wurde ein in-house-Seminar zum Thema Projektmanagement für talentierte Wissenschaftler/innen aus dem Programm organisiert, ein weiteres Seminar ist für März 2021 geplant. Bei diesen Seminaren ist der Vernetzungsaspekt innerhalb des Programms ein zusätzlicher Mehrwert, der von den teilnehmenden Promovierenden und Postdocs sehr geschätzt wird. Der Vernetzungsaspekt wird zukünftig auch im FB Information eine zentrale Rolle im Nachwuchsförderungskonzept einnehmen.

Das KIT ist Partner der Max Planck School of Photonics. Fünf Forschungsgruppen des STN-Topics Optik & Photonik sind eingebunden. Die Max Planck School of Photonics bringt standortübergreifend mehr als 30 Wissenschaftler/innen aus Instituten der vier großen deutschen Forschungsorganisationen und sieben Universitäten zusammen.

Eine KIT-interne Förderung (KIT Junior Research Group) erhalten die Nachwuchsgruppenleiter Dr. Alexander Knebel (Poröse Membranen und Sensormaterialien) und Dr. Thomas Sheppard (Röntgenmikroskopie in der Katalyse), beide mit Anbindung an das Programm STN.

Chancengleichheit

Dr. Maria Asplund von der Universität Freiburg war mit ihrem Projektantrag „Seamlessly tissue Integrated Micron scale Neurotechnology in 3D - Seaming MinD“ im Helmholtz-Förderprogramm „Förderung der Erstberufung exzellenter Wissenschaftlerinnen (W2/W3)“ erfolgreich. Sie wird mit ihrer Professur für „Bioelectronic Microtechnology“ Implantate aus neuronalen Elektrodenarrays auf subzellulären Längenskalen entwickeln, die höchste Ansprüche an Funktionalität, Biokompatibilität und MEMS-Prozessierbarkeit erfüllen müssen. Ihre Arbeiten werden die geforderte Biologisierung der Material- und Technikwissenschaften

am KIT vorantreiben und somit dem Forschungsbereich Information wichtige neue Impulse geben. Da sie als Neuberufene eine solch wichtige strategische Rolle in der zukünftigen Forschung spielen wird, hat das Programm STN ihr aus strategischen Programmmitteln eine Doktorandinnenstelle für drei Jahre finanziert

Prof. Dr. Silvia Vignolini von der Universität Cambridge war im Helmholtz-Programm zur „Förderung der Erstberufung exzellenter Wissenschaftlerinnen (W2/W3)“ mit ihrem Projektantrag „Sustainable material manufacturing with cellulose: from nature to applications“ erfolgreich. Die hochkarätige Wissenschaftlerin soll mit ihrer neuen Professur für „Sustainable and Bio-inspired Materials for Photonics“ am KIT auf Lichtmanagementstrategien der Natur beruhende Konzepte des Energiematerialdesigns nutzen und so neue bio-inspirierte Materialien für Anwendungen im Energiesektor produzieren. Ihre Forschung wird sowohl im FB Information als auch im FB Energie angesiedelt sein, so dass sie eine wichtige und sichtbare Brückenfunktion in der Helmholtz-Forschung wahrnehmen wird.

Beide neuen Professorinnen werden nicht nur den Frauenanteil im Programm erhöhen, sondern auch Nachwuchswissenschaftlerinnen zu einer wissenschaftlichen Karriere ermutigen. Dr. Maria Asplund erhielt 2020 den Bertha-Ottenstein-Preis, mit dem die Universität Freiburg besondere Initiativen in der Frauenförderung und Gleichstellungsarbeit sowie hervorragende wissenschaftliche Leistungen in der Gender- und Diversity-Forschung würdigt.

Ein eigener Ansatz des Programms STN zur Frauenförderung war die Vergabe von Personalmitteln für Vernetzungsprojekte unter Leitung herausragender Wissenschaftlerinnen. Im Dezember 2020 erhielt Professorin Dr. Jasmin Aghassi Unterstützung für eine Postdoc-Stelle, die ein Projekt für Professorin Aghassi aus Exzellenz-Initiative-Mitteln des KIT komplementiert, um Synergien zwischen beiden Forschungsvorhaben zu nutzen. In ihrem Vernetzungsprojekt „Bioelectronic, flexible and hybrid neural devices and networks“ werden neuartige druckbare Materialien für Dünnschichten und Mikroelektrodenarrays entwickelt, die an lebende Neuronenzellen ankoppeln können. Ihre Forschung wird im Topic 1 des PoF-IV-Programms MSE eingebunden sein.

Das Helmholtz Mentoring-Programm „Advance – a Year for your Career“ unterstützt talentierte Mitarbeiter/innen, die sich in einer Orientierungsphase hinsichtlich ihrer weiteren beruflichen Laufbahn befinden. Es bietet den Teilnehmenden im Rahmen einer knapp einjährigen Laufzeit eine Kombination von Qualifizierungsangeboten, Mentoring und optionalem Coaching. Kernbestandteil des Programms ist das Mentoring-Tandem, die Verbindung von Nachwuchskräften mit erfahrenen und in Bezug auf Karriereziele vergleichsweise arrivierten Personen. Hier wurde vom Programmmanagement die Funktion einer Mentorin übernommen. Mentee ist eine junge Postdoktorandin der Physik aus dem Forschungsfeld „Optik & Photonik“ am Forschungszentrum Jülich.

Vernetzung

Das Helmholtz-Zukunftsprojekt „Scalable Solid State Quantum Computing“ aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds verbindet seit 2016 STN und seine Partner aus dem Forschungszentrum Jülich auf dem Gebiet der Forschung zu Quantencomputing. Dieses Projekt wurde 2020 im Rahmen der Verlängerung bis Ende der PoF III fortgeführt. Aus dem Innovationspool des Forschungsbereichs Schlüsseltechnologien werden am KIT seit 2019 die zwei Verbundprojekte „Virtual Materials Design (VMD)“ und „Solid State Quantum Computing and Networking (SSQCN)“ gefördert. Beide werden auch 2021 auf Basis von Folgeanträgen fortgeführt, ebenso wie das Projekt „Integrated Model and Data Driven Material Characterization (MDMC)“. Sowohl VMD als auch MDMC stellen in der PoF IV als Joint Labs des Forschungsbereichs Information zentrale Vernetzungselemente zwischen den Programmen und Zentren dar.

Das aus dem Impuls- und Vernetzungsfond der Helmholtz-Gemeinschaft seit 2017 finanzierte Projekt „Scalable Solid State Quantum Computing“ mit Beteiligung von KIT und FZJ wurde für das Jahr 2020 verlängert, so dass am KIT fünf weitere Teilprojekte mit 400 TEuro gefördert wurden. Zusammen mit der Förderung aus dem Innovationspool des Forschungsbereichs Schlüsseltechnologien zum Thema „Solid State Quantum Computing and Networking (SSQCN)“, ab der PoF IV-Periode im Programm Natural, Artificial and Cognitive Information Processing (NACIP), wird insbesondere die Kooperation zwischen den Zentren zusätzlich gestärkt.

Die STN-Wissenschaftler/innen sind über die Beteiligung an den Exzellenzclustern „3D Matter Made to Order“ (3DMM2O, mit der Universität Heidelberg) und „Post Lithium Storage“ (POLIS, mit der Universität Ulm) regional eng mit Kooperationsuniversitäten und komplementär zu den programmatischen Forschungsansätzen ideal vernetzt.

Zur Förderung der anwendungsorientierten Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und Industrie wurde das Netzwerk für Materialien der Nanotechnologie, NanoMat, schon 1997 durch das damalige Forschungszentrum Karlsruhe gegründet und seitdem fortlaufend eng verbunden mit den programmatischen Forschungsarbeiten weitergeführt. Zu seinen Mitgliedern zählen renommierte Partner aus Industrie und Wissenschaft, die die Forschung in der Nanotechnologie und Materialforschung durch gezielte Projekte voranzutreiben. Auch in der PoF IV-Periode wird die Geschäftsstelle am KIT diese erfolgreiche Organisation fortsetzen.

Die Bündelung der NMR-Forschung am KIT in einer zukünftigen Karlsruhe NMR Facility (KNMR) stellt eine Vernetzung von Forschungsgruppen aus dem Universitätsteil des KIT und verschiedenen Helmholtz-Programmen dar. Diese neue Großforschungsinfrastruktur befindet sich aktuell in der Vorbegutachtung zur Aufnahme in die Helmholtz-Roadmap Forschungsinfrastrukturen bzw. nachfolgend in die Nationale Roadmap.

Drittmittleinwerbungen

Zusammen mit der TU München und DESY wurde der SFB 1441 TrackAct (Tracking the Active Site in Heterogeneous Catalysis for Emission Control) eingeworben. Sprecher ist Professor Dr. Jan-Dierk Grunwaldt (KIT). Die Vision des SFB ist es, Edelmetall-Katalysatoren atompräzise zu designen und ihre Struktur bzw. das aktive Zentrum im Reaktor detailgenau zu verfolgen und zu steuern, auch in technisch angewandten Systemen. Ziel ist es u.a., alle Strukturen und Längenskalen auch mit theoretischen Modellen und Simulationen abzubilden.

Das KIT ist an dem SFB/TRR 288 „Elastisches Tuning und elastische Reaktion elektronischer Quantenphasen der Materie (ELASTO-Q-MAT)“ beteiligt, Sprecherin ist Professorin Dr. Maria-Roser Valenti von der Universität Frankfurt/Main, neben dem KIT mit Standortsprecher Professor Dr. Jörg Schmalian war die Universität Mainz antragstellend. Der SFB/TRR 288 analysiert neuartige physikalische Phänomene von Festkörpern, die sich aus einer besonders starken Kopplung zwischen den elastischen Eigenschaften des Materials und seinen elektronischen Quantenphasen ergeben. Auf der Basis der gewonnenen Erkenntnisse werden im SFB/TRR neue Quantenmaterialien mit außergewöhnlichen Eigenschaften hergestellt und das Anwendungspotenzial erforscht.

Zum Thema Quantencomputing konnten zwei Projekte im Rahmen einer Ausschreibung der Baden-Württemberg-Stiftung, beide mit Partnern an der Universität Stuttgart, Fördervolumen 420 TEuro, eingeworben werden: „MOLEcular TRIangles as Quantum SENSors“ (MOLTRIQUSENS, Prof. Dr. Mario Ruben, Prof. Dr. Wolfgang Wernsdorfer) und „Quantum Electrodynamics in High Impedance Networks“ (QEDHiNet, Dr. Ioan Pop). Dr. Ioan Pop ist zudem mit einem Teilprojekt mit 3 Mio. Euro Fördersumme im BMBF-Verbundprojekt Ge-

QCoS (German Quantum Computer based on Superconducting Qubits, Gesamtförderung 14,5 Mio. Euro) beteiligt. Koordiniert wird es von der Bayerischen Akad. der Wissenschaften (Walther-Meißner-Institut).

Im Projekt „27plus6“ sollen Wirkungsgrad und Energieausbeute von Perowskit-Silizium-Solarzellen gesteigert werden. Ziel ist es, Wirkungsgrade von bis zu 33 Prozent zu realisieren. Das Projekt wird vom Institut für Solarenergieforschung Hameln/Emmerthal (ISFH) koordiniert und vom BMWi mit 3,2 Mio Euro gefördert. Das KIT steuert seine umfangreichen Expertisen zur Perowskit-Zellentwicklung bei, wie die Realisierung „zweidimensionaler“ Perowskit-Kristallstrukturen unter den Kontaktschichten, um mit Hilfe des so entstehenden Offsets in der Energiebandstruktur den „dreidimensionalen“ Perowskit-Absorber zu passivieren.

Die Forschungsteams um Professor Dr. Jan G. Korvink und Dr. Benno Meier entwickeln im Projekt „HiSCORE“ zusammen mit Partnern in Paris und Nimwegen eine Methode, um Wirkstoff-Screenings mit hohem Durchsatz (HTS) zu ermöglichen. Der Europäische Forschungsrat (ERC) fördert das Projekt mit einem Synergy Grant.

Wissens- und Technologietransfer

In der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) sollen die Datenbestände von Wissenschaft und Forschung für das gesamte deutsche Wissenschaftssystem systematisch erschlossen, vernetzt und nachhaltig sowie qualitativ nutzbar gemacht. Das Direktorat wurde am FIZ Karlsruhe – Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur GmbH - auf dem KIT Campus eingerichtet. Innerhalb des NFDI ist NFDI4Chem eine Initiative zum Aufbau einer offenen Infrastruktur für das Forschungsdatenmanagement in der Chemie in Übereinstimmung mit den FAIR-Datenprinzipien. In NFDI4Chem sind Vertreter/innen aus dem Programmen STN und BIFTM in maßgeblicher Rolle beteiligt.

Der ZEISS Innovation Hub @ KIT ist ein Meilenstein der langjährigen Partnerschaft von ZEISS und dem KIT. In dem Neubau auf dem KIT-Campus Nord ermöglicht ZEISS die Ansiedlung von Hochtechnologie- und Digital-Start-ups und treibt eigene Innovations- und Neugeschäftsaktivitäten voran. Der ZEISS Innovation Hub @ KIT hat seinen Betrieb im Januar 2020 aufgenommen. Es haben sich bereits erfolgreiche Kooperationen und Projekte etabliert.

Die Veranstaltungen und Initiativen des Innovationscluster NanoMat am KIT sind darauf angelegt, insbesondere den Dialog zwischen Forschungseinrichtungen und der Industrie zu fördern. Trotz der Schwierigkeiten durch die corona-bedingten Einschränkungen wurde die u.a. zusammen mit der DECHEMA e.V. erstmals als digitales Symposium organisierte NanoVision, 2020 unter dem Titel „Sense of Materials“, ein großer Erfolg. Mit der NanoVision bietet NanoMat sowohl seinen Partnern als auch Interessenten aus Industrie, Wissenschaft und Öffentlichkeit ein Forum, sich über aktuelle Themen und zukünftige Trends in der Nanotechnologie auszutauschen und Kollaborationsmöglichkeiten aufzuzeigen. Die virtuelle Form hatte mit über 200 registrierten Teilnehmern aus 18 Nationalitäten eine große Reichweite. Schwerpunktthemen waren Bioelektronik, funktionale Oberflächen und intelligente Nanomedizin.

Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Im letzten Jahr der PoF III-Periode wurden keine Änderungen der Struktur des Programms STN notwendig.

Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Da die Empfehlungen mit Ende der dritten Programmperiode bereits umgesetzt wurden bzw. dauerhaft in der Umsetzung sind, sind diese im letzten Übergangsjahr zur PoF IV nicht mehr aufgeführt

A.2.2.4.3 Künftige Programmentwicklung

Das Programm STN hat seine Forschung wie in der PoF III-Periode angelegt konsequent auch im Jahr 2020 fortgeführt, indem es die Arbeiten im Sinne der ursprünglichen Planung fortsetzte, aber bereits konkrete Schwerpunkte auf die Ausrichtung der Forschung in der PoF IV setzte. Diese gezielte Förderung bestimmter Themen ist in den anderen Kapiteln ausführlich beschrieben.

Zusätzlich zu den beschriebenen Förderungen aus dem IVF der Helmholtz-Gemeinschaft und dem Innovationspool des Forschungsbereichs wurden die zukünftigen Schwerpunkte Quantencomputing, in PoF IV im Programm NACIP, sowie Virtuellem Materialdesign, Schwerpunkt im PoF IV-Programm MSE, mit internen Mitteln zusätzlich gezielt budgetiert und die beteiligten Gruppen gestärkt.

Zur Vorbereitung der Arbeiten im zukünftigen Topic 5 des Programms MSE, Materials Information Discovery, wurde schon 2019 begonnen, eine neue Arbeitsgruppe zum Thema „Datenintensive korrelative Materialcharakterisierung“ überinstitutionell aufzubauen. Die Gruppe von Postdocs und Doktoranden/innen konnte unter Leitung von Professor Dr. Jan G. Korvink am Institut für Mikrostrukturtechnik und Professor Dr. Christian Kübel am Institut für Nanotechnologie etabliert werden. Sie wird sich in der PoF IV sowohl im Programm MSE als auch im Joint Lab MDMC (Integrated Model and Data Driven Material Characterization) einbringen.

A.2.2.4.4 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2020 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2020. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2020.

A.2.2.5 Programmanteil Supercomputing & Big Data (SBD)

A.2.2.5.1 Das Programm im Überblick

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

Hauptziel des Programms „Supercomputing & Big Data“ ist die Bewältigung der fortwährenden Aufgabe, im Rahmen nationaler und europäischer Strukturen unverzichtbare Instrumente und Infrastrukturen für das Höchstleistungsrechnen (HPC) sowie das Management und die Analyse extrem großer Datenbestände (HPDA) für die deutsche und europäische Wissenschaft zur Verfügung zu stellen. Entsprechend geht es auf der einen Seite um die Entwicklung von Methoden und Werkzeugen, die zur Optimierung von Anwendungen benötigt werden. Dabei nehmen fachspezifische Simulationslaboratorien (SimLabs) eine Schlüsselrolle ein. In diesen arbeiten Fachwissenschaftler/innen und Computerexpertinnen zusammen mit Anwender/innen an der Lösung community-spezifischer HPC-Probleme. Auf der anderen Seite geht es um die Erforschung und Entwicklung von Methoden zum Management und zur

Analyse großer Datenmengen, KI-Verfahren sowie um föderierte Systeme zum Betrieb europaweiter Dateninfrastrukturen. In fachspezifischen Data Life Cycle Labs (DLCL) wird Expertise aufgebaut, die dann zusammen mit Anwender/innen eingesetzt wird und sich so verstärkt und weiterentwickelt. Ein drittes Feld „Supercomputer Facility“, umfasst Beschaffung, Installation und Betrieb von Supercomputern der höchsten Leistungsklasse in Jülich sowie der dazu notwendigen Infrastruktur in Abstimmung mit den nationalen und europäischen Partnern.

Das Programm hat einen inhärent interdisziplinären Charakter. Es ist sowohl innerhalb des Forschungsbereichs „Schlüsseltechnologien“ vernetzt, z.B. mit den Programmen „Decoding the Human Brain“, „Science and Technology of Nanosystems“ (STN) und „BioSoft“ über Simulations- und Datenlaboratorien, als auch durch Beziehungen zu anderen Forschungsbereichen, u. a. zu „Energie“ und insbesondere zu „Erde & Umwelt“ (über die separate Rechnerpartition auf JUWELS) und zu „Materie“ (über das John von Neumann-Institut für Computing und das Grid Computing Centre Karlsruhe, GridKa). Das Programm hat eine bedeutende Brückenfunktion zu externen Nutzern, z.B. an Universitäten, und Partnern in Deutschland, z.B. dem Gauss Centre for Supercomputing (GCS e. V.) und der Gauß-Allianz (GA e. V.), sowie zu internationalen Wissenschaftsorganisationen und Initiativen. Dazu gehören das European HPC Joint Undertaking (EuroHPC JU), die Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE; Programmsprecher Thomas Lippert war 2018–2020 Chair des PRACE Council), die European Technology Platform for High Performance Computing (ETP4HPC), die European Processor Initiative (EPI), die EU-Flagship-Projekte Human Brain Project (HBP) und An Open Superconducting Quantum Computer (OpenSuperQ), das Centre Européen de Calcul Atomique et Moléculaire (CECAM), die EUDAT Collaborative Data Infrastructure (EUDAT CDI), die European Open Science Cloud (EOSC) und die Mitgliedschaft über FZJ und KIT in der EOSC AISBL, die Big Data Value Association (BDVA), das virtuelle Labor AI, Data Analytics and Scalable Simulation (AIDAS) zwischen dem CEA, Frankreich, und dem FZJ sowie das Joint Laboratory on Extreme Scale Computing (JLESC). Die Programmpartner FZJ und KIT sind eng eingebunden in nationale und internationale Kompetenznetzwerke der Supercomputing-Zentren, der HPC-Nutzer, der Cloud- und Grid-Infrastrukturen und der Datenzentren.

Programmstruktur

Das Programm „Supercomputing & Big Data“ gliedert sich in

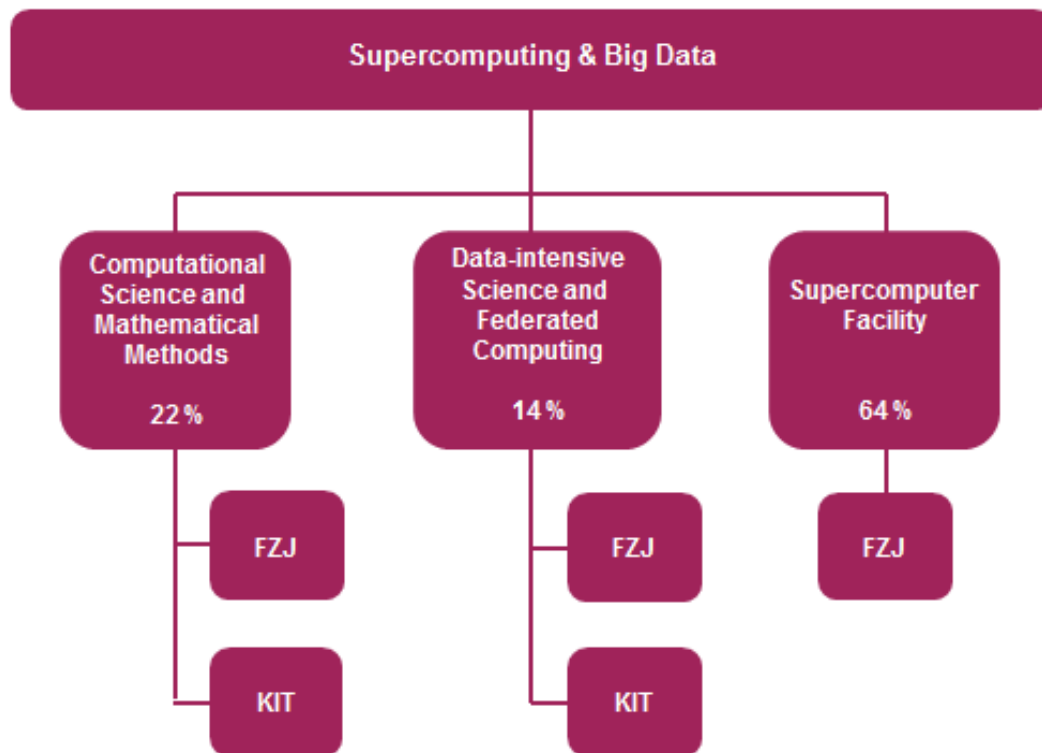


Abbildung 13: Programmstruktur SBD

Das Programm „Supercomputing & Big Data“ gliedert sich in

Programmthema 1: „Computational Science and Mathematical Methods“ (Sprecher: Prof. Dr. Paul Gibbon, FZJ)

Im Vordergrund stehen Betrieb und Weiterentwicklung einer exzellenten, fachrichtungsorientierten Anwendungsunterstützung durch innovative disziplinäre Simulationslaboratorien und fachübergreifende Querschnittsgruppen, flankiert von eigenen Forschungsgruppen und gemeinsamen Unternehmungen (z.B. Drittmittelinwerbung) mit Community-Gruppen.

Programmthema 2: „Data-Intensive Science and Federated Computing“ (Sprecher: Prof. Dr. Achim Streit, KIT)

Es werden Technologien, Methoden, Algorithmen und Werkzeuge für das Management und die Analyse wissenschaftlicher Daten in föderativen Infrastrukturen entwickelt, um die steigenden Anforderungen zu Big Data in allen wissenschaftlichen Disziplinen innerhalb und außerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft zu adressieren.

Im Berichtsjahr 2020 hat sich die Programmstruktur gegenüber dem PoF III-Antrag nicht geändert; es wurden keine Programmthemen aufgegeben, neu aufgegriffen oder umbenannt.

A.2.2.5.2 Programmsergebnisse

Highlight

Etablierung des in der PoF III vorgesehenen HPC-Ökosystems

Mit Ende der PoF III-Förderperiode hat das Programm die Erneuerung seiner HPC- und Datensysteme wie geplant abgeschlossen und ist nunmehr für kommende Aufgaben (u. a. die deutsche Bewerbung durch GCS in Europa um Exascale am JSC, NHR-Zentrum am SCC) gut gerüstet. Als letztes wurden am JSC die modularen Rechner aktualisiert, und zwar wurde die Cluster-Komponente von JURECA ersetzt durch ein datenzentriertes CPU-GPU-System (JURECA-DC) und JUWELS wurde ergänzt durch einen Booster, der JUWELS aktuell mit 85 PetaFlops zum leistungstärksten Rechner Europas macht. Das ebenfalls im Jahr 2020 installierte System Horeka am SCC ist mit 17 PetaFlops eines der leistungstärksten Tier-2-Systeme in Deutschland. Ihre Leistung schöpfen die Rechner vor allem aus tausenden Grafikkarten der neuesten Generation (NVIDIA A100). Die Supercomputer sind mit modernsten Methoden der IT-Sicherheit geschützt und in das aus nationalen und europäischen HPC-Infrastrukturen (z.B. GCS, GA/NHR und PRACE) gebildete HPC-Ökosystem eingebunden. Sie stellen damit bedeutende Eckpfeiler für die datenintensive Forschung wie z.B. in der NFDI, der EOSC oder in Helmholtz AI dar. Die Systeme ermöglichen durch hochskalierende Simulationen, KI und Datenanalytik die Adressierung drängendster Herausforderungen der Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft, z.B. die Entwicklung von Impfstoffen gegen neue Viren wie SARS-CoV-2, immer genauere Modelle für die Wettervorhersage und Prognose des Klimawandels oder die Entwicklung unserer künftigen CO₂-neutralen Energieversorgung.

Wissenschaftliche Ergebnisse

Programmthema „Computational Science and Mathematical Methods“

Das Programmthema 1 besteht aus sechs Unterthemen, in den zahlreiche herausragende Ergebnisse erzielt werden, von denen hier nur eine Auswahl vorgestellt werden kann. Im letzten Berichtsjahr des POF III-Programms sind wieder über 140 ISI- und SCOPUS-referenzierte Publikationen aus den diversen Forschungsgruppen, Simulation Labs und Querschnittsgruppen an beiden Standorten des Programmthemas 1 entstanden. Verständlicherweise wurde im Jahr 2020 der Erforschung des SARS-CoV-2 Virus besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Das neu eingerichtete SimLab „Epidemiologie und Pandemie“ beim Programmpartner in Jülich (Jülich Supercomputing Centre (JSC)) hat bereits im April 2020 in Zusammenarbeit mit dem Frankfurt Institute for Advanced Studies erste Simulationsergebnisse zum Verlauf der COVID-19-Epidemie in Deutschland präsentiert, die bereits die hohe Wahrscheinlichkeit für eine zweite Welle im Herbst aufzeigten. Diese Resultate gingen am 13. April 2020 in die Stellungnahme „Systemische Epidemiologische Analyse der COVID-19-Epidemie“ der Helmholtz-Gemeinschaft ein. Im weiteren Verlauf wurden diese Arbeiten vor dem Hintergrund einer sich dynamisch entwickelnden Datenlage mit Hochdruck fortgeführt und ausgebaut und tragen aktuell auch zum COVID-19-Forecast-Hub des KIT bei <https://kitmetricslab.github.io/forecasthub/forecast>. Weitere Arbeiten zum Thema, u. a. im Rahmen von ad-hoc bereitgestellter Rechenzeit für die Corona-Forschung, wurden am JSC und SCC verfolgt, wie zur Simulation des Bindens des Corona-Spike-Proteins an den ACE2-Rezeptor unter Betrachtung möglicher Inhibitoren. Im Rahmen des Pilot Lab Exascale Earth System Modelling (PL ExaESM) wurden die Erdsystemmodelle EMAC und ICON insbesondere im Hinblick auf parallelen I/O optimiert und das On-Demand-Dateisystem BeeOND er-

folgreich mit Performance-Gewinn eingesetzt. In der Atmosphärenforschung wurden Arbeiten zur Ozon-Erholung, zum Klimawandel, zur Quasi-zweijährigen Schwingung (QBO) und zur atmosphärischen Grenzschicht sowie – mit chinesischen Kooperationspartnern – eine Langzeitauswertung europäischer und amerikanischer Satellitendaten veröffentlicht. Das vom Topic 1 koordinierte Pilotprojekt Uncertainty Quantification, angesiedelt im Helmholtz-Inkubator „Information & Data Science“, ist erfolgreich gestartet, und es konnten bereits mehrere interdisziplinäre Publikationen eingereicht werden. Das vom KIT mitentwickelte Softwarepaket Ginkgo beinhaltet einige der weltweit besten Lineare-Algebra-Algorithmen für GPUs.

Programmthema „Data-Intensive Science and Federated Computing“

Im Programmthema 2 haben alle Unterthemen ebenfalls bemerkenswerte wissenschaftliche Ergebnisse erzielt und ihre jeweiligen Meilensteine erfüllt. Im Folgenden werden einige Ergebnisse beispielhaft dargestellt, die alle in Kooperationen zwischen Unterthemen, den beiden Programmpartnern FZJ und KIT oder zwischen Anwendungswissenschaftler/innen und Informationsexpert/innen realisiert wurden. Im Unterthema 1 Data Life Cycle Labs (DLCL) wurde im DLCL Klima die Promotion zur vorhersagebasierter Datenkomprimierung erfolgreich abgeschlossen. Neue Ergebnisse zum Clustering für Hydrologiesimulationen führten zu einem best paper award auf der ICCSA2020 Konferenz. Im Pilot Lab Exascale Earth System Modeling wurden Performancegewinne in Erdsystemmodellen durch den Einsatz paralleler ad-hoc Dateisysteme erzielt. Das DLCL Schlüsseltechnologien konnte erfolgreich das NFDI4Ing-Projekt einwerben. Außerdem wurden das EU-Projekt NFFA-Europe-Pilot (NEP) sowie eine Beteiligung am Berliner SFB 980 „Episteme in Bewegung“ erfolgreich eingeworben. Im DLCL Energie wurde im Rahmen der Helmholtz Metadata Collaboration (HMC) Plattform der Hub Energie erfolgreich aufgebaut und erste Arbeiten durchgeführt. Außerdem wurden die Generic Data Services (GDS) u. a. mit einem Visualisierungstool für Metadaten-Schemata und Ontologien weiterentwickelt. Im Unterthema 2 Generic Data Methods gewann ein Team des KIT den „Test-of-Time“ Award des European Symposium for Algorithms (ESA) für die parallele Suche nach kürzesten Wegen. Zur Weiterentwicklung massiv paralleler Algorithmen für grundlegende, breit einsetzbare Operationen (z.B. Sortieren, Graphpartitionierung) wurde ein ERC Advanced Grant durch einen im Topic beteiligten PI aus dem Universitätsbereich eingeworben. In der IT-Sicherheit wurde an starken und beweisbaren Privatheitsgarantien für Contact-Tracing-Anwendungen gearbeitet. In der Plattform Helmholtz AI konnten die neu etablierten AI-Consultant-Teams am FZJ und KIT bereits erste Erfolge in Kooperationen mit Anwendungswissenschaften erzielen, z.B. zur Verbesserung der Herstellungsprozesse von Perovskit-Solarzellen oder dem Verständnis der Sonnenaktivität. In Kooperation mit dem Projekt Helmholtz Analytics Framework (HAF) wurde eine neue Version des Helmholtz Analytics Toolkit (HeAT) als Open-Source-Software für KI auf Supercomputern veröffentlicht. Gemeinsam mit der NIC-Forschungsgruppe Computational Structural Biology des Topic 1 sowie dem DLR konnten die Projekte ProFiLE (Protein Folding by Learning) und DeGeSim (Deep Generative models for fast and precise physics Simulation) im Rahmen der Helmholtz-AI-Projektausschreibung eingeworben werden. Im Unterthema 3 Data Life Cycle Management wurden im Rahmen der HMC-Plattform erste generische Dienste aufgebaut. Gemeinsam mit dem Hub Energie im DLCL Energie wurde der „Metastore“ in die Generic Data Services (GDS) integriert. Im Rahmen der Helmholtz-Plattform HIFIS wurde die föderierte Authentifizierungs- und Autorisierungsinfrastruktur weiterentwickelt und entsprechend der AARC-Blueprint-Architektur implementiert. Die am KIT entwickelte RegApp wurde um eine SP-IdP-Proxy-Funktionalität, SSH-Key-Management und eine föderierbare Zweifaktor-Authentifizierung erweitert. FZJ und KIT haben gemeinsam die Leitung der HIFIS-

Arbeitsgruppe „Service Integration“ übernommen und koordinieren den Aufbau der ersten Version der Helmholtz Cloud. Das EU-Projekt DEEP-HybridDataCloud wurde erfolgreich abgeschlossen. Die neuen EU-Projekte EOSC-Pillar und EOSC-Synergy bauten die Infrastruktur aus und unterstützen erste themenspezifische Dienste. Erfolgreich eingeworben werden konnte eine Beteiligung an den EOSC-orientierten Projekten DICE, EOSC-Future sowie EGI-ACE, die allesamt im Jahr 2021 offiziell starten werden. Im Unterthema 4 Facilities & Federations wurde die Large Scale Data Facility (LSDF) am KIT um 8 PB erweitert sowie das Speichersystem-interne Infiniband-Netz ausgebaut. Darüber hinaus wurde die LSDF direkt an den Hochleistungsrechner bwUniCluster 2.0 über eine dedizierte Infiniband-Strecke zur hochperformanten Datenanalyse oder -ablage angebunden. Im Unterthema 5 Education & Outreach & Community Engagement wurde das starke Engagement in der Research Data Alliance (RDA) in den Arbeitsgruppen zu Metadata, Repository Interoperability, Research Data Architectures in Research Institutions, Data Fabric & FAIR Digital Objects, Material Science sowie in der Leitung der Organisation (Technical Advisory Board und Task Force Communities of Practice) fortgeführt. Mitwirkende aus dem HAF-Projekt und der Helmholtz-AI-Plattform an den Standorten FZJ und KIT haben gemeinsam in der Helmholtz-Graduiertenschule HDS-LEE einen Kurs zur Hyperparameter-Optimierung durchgeführt.

Programmthemenübergreifende Aktivitäten

Die wesentlichen programmthemen- und standortübergreifenden Aktivitäten in den anderen Kapiteln bereits zusammengestellt. Des Weiteren ist zu erwähnen, dass die im Programm verankerte Supercomputer- und Dateninfrastruktur von Programmbeteiligten an beiden Standorten gemeinsam genutzt wird.

Darüber hinaus fanden im Kontext der Neuaufstellung des Forschungsbereichs für die PoF IV und im Nachgang der erfolgreichen strategischen Begutachtung einige Workshops auf Forschungsbereichsebene statt, die vor allem eine stärkere Interaktion zwischen den künftig drei Programmen im Forschungsbereich Information, dem Nachfolger des Forschungsbereichs Schlüsseltechnologien, im Fokus hatten.

Weiterhin konnten erfolgreich Projekte im Rahmen des Innovationspools des Forschungsbereichs Information für die PoF IV-Laufzeit ab dem 1.1.2021 zur Unterstützung der Joint Labs im Forschungsbereich gemeinsam eingeworben werden; alle Projekte sind programmthemenübergreifend. Zuvorderst genannt sei das Projekt „Exascale Earth System Modelling (Exa-ESM) Booster“ unter Koordination von PD Dr. Martin Schultz aus diesem Programm (in Jülich) – hierin arbeiten das JSC und SCC eng mit dem Forschungsbereich Erde & Umwelt zusammen, um Skalierbarkeits- sowie Bandbreitengrenzen in der hierarchischen Datenhaltung moderner Simulationscodes zu überwinden sowie Komponenten von Erdsystemmodellen mittels Maschine Learning zu optimieren. Weiterhin gibt es noch entsprechende Projekte zur Unterstützung der Joint Labs VMD (virtuelles Materialdesign) sowie MDMC (Material-Charakterisierung), die innerhalb des Forschungsbereichs Information in der PoF IV eine Brücke zur Materialforschung darstellen.

Strategische Themen

Nachwuchsförderung

Zahlreiche Maßnahmen zur Nachwuchsförderung wurden im Berichtszeitraum fortgeführt, die sowohl die klassischen wissenschaftlichen Phasen vor wie auch nach der Promotion adressieren sowie bereits in der gymnasialen Oberstufe beginnen.

SCC und JSC stellten beide personelle Unterstützung und GPU-Ressourcen für den “HIDA Datathon for Grand Challenges on Climate Change” der Helmholtz Information & Data Science Academy (HIDA) bereit.

Gefördert durch das Projekt „Simulierte Welten“ hatten zwei Schüler/innen aus Gymnasien in der Region Karlsruhe erneut die Möglichkeit im SCC an wissenschaftlichen Projekten im Rahmen eines Förderstipendiums zu arbeiten. Gemeinsam mit der RWTH Aachen wurden mehr als 15 Tagesworkshops (CAMMP days) online durchgeführt, zudem die MINT-EC CAMMP week ebenfalls online mit 29 Schüler/innen; in allen Angeboten von CAMMP forschen mathematisch interessierte Schüler/innen an realen Problemstellungen.

In ähnlicher Weise fand im Rahmen des KIT-Zentrums „Mathematics in Sciences, Engineering and Economics“ (MathSEE) die „MathSEE Modeling Week“ statt. All diese Aktivitäten fanden 2020, bedingt durch die Pandemie, zu großen Teilen online statt, konnten so aber dennoch sehr erfolgreich weitergeführt werden.

Die 19. GridKa Summer School konnte corona-bedingt im Sommer 2020 nicht stattfinden und fiel aus. Eine Transformation in die virtuelle Welt wurde diskutiert, aber verworfen, da eine Sommerschule ganz maßgeblich vom persönlichen und spontanen Austausch zwischen Teilnehmenden und Lehrenden abseits des eigentlichen Kursprogrammes lebt.

Chancengleichheit

Die Chancengleichheit ist eine wichtige Querschnittsaufgabe und ein durchgängiges Leitprinzip in allen Handlungsfeldern des KIT und daher in die Dachstrategie KIT 2025 sowie im Struktur- und Entwicklungsplan eingebettet. Chancengleichheit wird am KIT als eine der insgesamt sechs Diversity-Dimensionen betrachtet, deren Handlungsfelder im Diversity-Konzept erfasst sind. Mehrere Maßnahmen sind in diesem Konzept enthalten, u. a. die Vereinbarkeit von Beruf und Familie. Dazu stehen flexible Arbeitszeitmodelle, umfangreiche Kinderbetreuungsmaßnahmen und vier Kinderbetreuungseinrichtungen mit insgesamt 205 Vollzeit- und Teilzeit-Kinderbetreuungsplätzen für Kinder im Alter von 3 Monaten bis zum Schuleintritt zur Verfügung. Mehrere Personen aus dem Programm, sowohl Frauen wie auch Männer, nutzen diese Maßnahmen. Prof. Achim Streit ist darüber hinaus weiterhin Mitglied der Kommission „Chancengleichheit & Diversity“ des KIT-Senats und nahm in dieser Funktion u. a. an der Evaluation der Chancengleichheitsarbeit im KIT und dem Sounding Board zur Erstellung des Chancengleichheitsplans 2022–2026 teil.

Vernetzung

Im Rahmen der ersten Ausschreibung von Helmholtz AI war das Programm äußerst erfolgreich in der hoch-kompetitiven Einwerbung dreier Projekte (von 55 eingereichten Anträgen wurden nur 19 ausgewählt). Im Projekt „ProFiLe (Protein Folding by Learning)“ arbeiten das SCC gemeinsam mit dem DLR-Institut für Simulation und Software Technologie an einem datengetriebenen, ML-basierten Ansatz zur Strukturvorhersage von Proteinen, wobei die HeAT-Software aus dem Helmholtz Analytics Framework Projekt des KIT Verwendung findet. Im zweiten Projekt namens „AlphaNumerics Zero (αN0)“ arbeiten Teams vom SCC und JSC aus diesem Programm an einem neuartigen Verfahren zum Design numerischer Verfahren auf Supercomputern. Dabei werden Reinforcement-Learning-Techniken eingesetzt, damit automatisch für ein gegebenes Simulationsproblem die im Mittel optimale numerische Lösungsmethode selbstständig erlernt wird.

Die vielfältige wissenschaftliche Zusammenarbeit mit China konnte auch 2020 fortgesetzt werden. Ein durch das Office of China Postdoc Council finanzierter Postdoc forscht für zwei Jahre am KIT zur HPC-Simulation von Solarkraftwerken.

Drittmittelinwerbungen

Im Berichtszeitraum konnten wieder zahlreiche neue Drittmittelprojekte eingeworben werden bzw. nahmen ihre Arbeit auf. Am KIT waren dies die Helmholtz AI Projekte ProFiLe und aNO, HAICORE (Helmholtz); NFDI4Ing und NFDI4Chem, SmaRD-AI im Rahmen der KIT Exzellenzinitiative, OCR-D 3 und SFB 1173 Wave Phenomena (DFG); EOSC-Future, DICE, EGI-ACE und NEP (Europäische Kommission).

Wissens- und Technologietransfer

Am KIT wird über die SICOS GmbH wie auch über das BMBF-Projekt SDI-C im Kontext des Smart Data Innovation Lab (SDIL) Zugang zu Expertise und Nutzung von Ressourcen (klassische HPC-Systeme wie auch Datenanalyse und KI-Hardware/Software-Lösungen) im Daten-Intensiven Computing zur Verfügung gestellt.

Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Zur Stärkung der Sichtbarkeit der algorithmischen Grundlagenforschung wurde am SCC die neue Abteilung Scientific Computing & Mathematics (SCM) gegründet. Dr. Olaf Schneider, bisheriger Abteilungsleiter der Abteilung Scientific Computing & Simulation verließ das KIT, um die Leitung des Rechenzentrums der Universität Jena zu übernehmen. Ihm folgte Dr. Jennifer Schröter als Abteilungsleiterin.

Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Da die Empfehlungen mit Ende der dritten Programmperiode bereits umgesetzt wurden bzw. dauerhaft in der Umsetzung sind, sind diese im letzten Übergangsjahr zur PoF IV nicht mehr aufgeführt

A.2.2.5.3 Künftige Programmentwicklung

Für den Berichtszeitraum wurde es als vordringlichste Aufgabe angesehen, das zum Jahresende 2020 auslaufende PoF III-Programm „Supercomputing & Big Data“ harmonisch in das am 01. Januar 2021 beginnende PoF IV-Programm „Engineering Digital Futures“ (EDF) entlang der Empfehlungen der im Oktober 2019 erfolgten strategischen Begutachtung zu überführen. Dazu standen die bereits zum Jahresende 2019 begonnenen strukturellen Aufgaben wie die Vereinigung von SimLabs und DLCL zu Simulation und Data Labs genauso wie die Vorbereitung und Etablierung neuer Strukturelemente, z.B. die programm- und forschungsbereichsübergreifenden Joint Labs im Vordergrund. Für letztere, darunter ExaESM, VMD, MDMC und SMHB wurden im Jahr 2020 Antragsskizzen auf Förderung beim Innovationspool der Helmholtz-Gemeinschaft eingereicht.

Am KIT wurden im Berichtszeitraum die notwendigen Gremiengänge zur Besetzung neuer Professuren im Programm EDF begonnen, speziell für die beiden W3-Professuren für Exascale Algorithm Engineering sowie Big Data Analytics (neue Denomination Methods for Big Data) und die Tenure-Track W1 Uncertainty Quantification. Im Verfahren der Tenure-Track W1 Applied AI Engineering im Rahmen der Plattform Helmholtz AI kam es pandemiebedingt (Berufungskommissionen konnten nicht physikalisch stattfinden) zu Verzögerungen, so dass sich deren Besetzung ins Jahr 2021 verschiebt.

Das KIT war erfolgreich im Wettbewerb um den neu zu gründenden NHR-Verbund von Tier-2 HPC-Zentren und ist eines von acht geförderten Zentren. Dem gesamten Verbund stehen

über einen Zeitraum von zehn Jahren jährlich bis zu 62,5 Mio. Euro für Investitions- und Betriebskosten zur Verfügung. Das KIT legt im Verbund einen besonderen Fokus auf Erdsystemwissenschaften als Anwendungsfeld, auf Sicherheit in der Betriebskompetenz und nachhaltige Entwicklung von wissenschaftlicher Software.

Mit den für die Helmholtz AI zur Verfügung gestellten GPU-Ressourcen auf Basis modernster NVIDIA A100 GPUs an den Standorten FZJ und KIT (HAICORE) wurde eine leistungsfähige Rechenbasis für die helmholtz-weite KI-Community aufgebaut und in Betrieb genommen.

In der ersten Ausschreibungsrunde zur Einrichtung einer Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) ist das Programm an zwei erfolgreichen Konsortien (NFDI4Ing und NFDI4Chem) beteiligt. Weiterhin beteiligt sich das Programm in der zweiten Ausschreibungsrunde u.a. an den Konsortialanträgen PUNCH4NFDI, NFDI-MatWerk und NFDI4Earth.

Die Struktur des Programms blieb im letzten Berichtsjahr der PoF III unverändert. Am KIT wurde zum 01. Januar 2021 mit „KASTEL – Institut für Informationssicherheit und Verlässlichkeit“ die institutionelle Heimat der Karlsruher IT-Sicherheitsforschung gegründet, die in der PoF IV das Topic 3 im Programm EDF bildet.

Die Programmverantwortlichen und -beteiligten freuen sich, mit diesem letzten Programmfortschrittsbericht des PoF III-Programms „Supercomputing & Big Data“ die Erfüllung aller Programmziele und eine gute Vorbereitung für das PoF IV-Nachfolgeprogramm „Engineering Digital Future“ berichten zu können.

A.2.2.5.4 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2020 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2020. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2020.

A.2.2.6 Nationale und Internationale Wissenschaftsinfrastruktur (Großgeräte der Leistungskategorie II) – Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMF)

Beschreibung des Einsatzes des Großgeräts

Die Forschungsinfrastruktur KNMF ist eine Nutzereinrichtung zur Strukturierung und Charakterisierung von funktionalen Materialien, Komponenten und Systemen im Nano- und Mikrometerbereich. Die Infrastruktur ist über 10 Institute des KIT Campus Nord verteilt; sie vereint zum Jahresende 2020 insgesamt 24 Technologien, 13 auf dem Gebiet Mikro- und Nanostrukturierung und 11 auf dem Gebiet Charakterisierung. Zum Jahresende 2020 werden die Technologien Injection Moulding (IM), Laser Material Processing (LMP) und Surface-Anchored Metal-Organic Frameworks (SURMOFs) aus dem Strukturierungs-Portfolio ausscheiden. Aus der Liste der Charakterisierungsmethoden scheiden die Technologien Bulk and Trace Analysis of Nanomaterials (BTA) und Travelling Wave Ion-Mobility Time-of-Flight Mass Spectrometry (ESI-/MALDI-TOF) aus, als neue Technologie kam Nuclear Magnetic Resonance Spectrometry (NMR) hinzu. Insgesamt stehen somit zum Jahresbeginn 2021 20 Technologien zur Verfügung. Der Betrieb als Nutzereinrichtung der Leistungskategorie II startete am 01. Januar 2015 als Folge der ausdrücklichen Empfehlung der Gutachter/innen im Rahmen der PoF II-Begutachtung. Mit der neuen PoF IV – Förderperiode wird die KNMF als KNMFi in der Leistungskategorie I weitergeführt.

Analyse der Zielerreichung

Der Zugang erfolgt über Antragstellung (s.u.). Der Erfolg des kooperativen Konzepts und der Arbeiten zeigt sich in 165 ISI-Veröffentlichungen im Berichtsjahr. 2020 betrug die Auslastung des gesamten angebotenen Technologieportfolios 81,7 %. Es wurden insgesamt 149 Proposals externer Nutzer/innen zur Bearbeitung akzeptiert. Damit wird die Infrastruktur zu 54,6 % von externen Nutzern/innen ausgelastet. Der wissenschaftliche Output der KNMF wird in den aufgeführten Publikationen für ein weites Forschungs-/Anwendungsfeld demonstriert. Einige der herausragenden Ergebnisse werden exemplarisch im Folgenden dargestellt:

In der Phase des ersten Corona-bedingten Lockdowns im Frühjahr 2020 erreichte uns die Anfrage nach Unterstützung bei der Herstellung von Proben für eine Experimentreihe unter „zero gravity“ Bedingungen bei einem von der DLR organisierten Parabelflug. In dem Projekt des University College London „Nature-Inspired, Multi-Functional Surfaces for Sustainable Life Support in Space and on Earth “ greift man Funktionsweisen der Natur auf, um Luftfeuchtigkeit passiv aus der Umgebung mittels Kapillarkräfte zu sammeln und damit, im All knappe, Ressourcen zurückzugewinnen. Da während des Lockdowns die in London ansässigen Labore geschlossen waren, konnte der notwendige Probensatz dort nicht planmäßig erzeugt werden. Durch ein Fasttrack Proposal konnte mit der Technologie 3D-DLW der Probensatz in enger Zusammenarbeit fristgerecht hergestellt und erfolgreich während des Parabelflugs getestet werden. Dabei ergab sich neben einem intensiven wissenschaftlichen Austausch auch die Möglichkeit eines Benchmarkings zwischen zwei nahezu identischen Anlagen in zwei verschiedenen Laboren. Dieser wird in Zukunft fortgesetzt, mit dem Ziel weitere Experimente auf Parabelflügen und auch auf der ISS durchführen zu können.

<https://www.natureinspiredengineering.org.uk/news/microgravity-tests-on-the-35th-dlr-parabolic-flight-campaign>

Ferroelectric Memristors via Electron Beam Radiation: Dieses Projekt wurde zusammen mit einem Nutzer von IBM Zürich durchgeführt. Ferroelektrische Oxid-Memristoren stehen derzeit im Mittelpunkt eines aufstrebenden Forschungsgebiets, das auf die Entwicklung nichtflüchtiger, adaptiver Speicher für Anwendungen in neuromorphen Computing abzielt. Eine präzise Kontrolle synapsenartiger Funktionalitäten durch Einstellung des Zusammenspiels zwischen ferroelektrischer Polarisation und resistiven Schaltprozessen ist jedoch bis heute eine Herausforderung. Es wurde gezeigt, dass mittels kontrollierter Elektronenstrahlbestrahlung ein prototypischer ferroelektrischer Film aus BaTiO₃ in einen Memristor mit mehreren konfigurierbaren Widerstandszuständen verwandelt werden kann. Ex-situ- und In-situ-Analysen der Strom-/Spannungs-Charakteristik bei Elektronenstrahl-Bestrahlung bestätigen die quasi-kontinuierliche Variation des BaTiO₃-Widerstands um bis zu zwei Größenordnungen unter den typischen experimentellen Bedingungen, die bei Elektronenstrahl-Strukturierungs- und Charakterisierungstechniken verwendet werden. Diese Ergebnisse demonstrieren einen beispiellos effektiven Weg zur lokalen und skalierbaren Entwicklung von ferroelektrischen Multilevel-Memristoren durch die Anwendung moderater Elektronenstrahl-Bestrahlung.

A. Molinari, R. Witte, K.K. Neelisetty, S. Gorji, **C. Kübel**, **I. Münch**, F. Wöhler, **L. Hahn**, **S. Hengsbach**, **K. Bade**, H. Hahn, R. Kruk, Configurable Resistive Response in BaTiO₃ Ferroelectric Memristors via Electron Beam Radiation, Advanced Materials 32 (12), 1907541 (2020)

Hierarchische poröse Trägermaterialien: Ein Verständnis und die Optimierung der Fluss- und Diffusionseigenschaften von Medien in hierarchischen porösen Trägermaterialien ist essentiell z.B. für die Entwicklung von effizienten Katalysatoren und in der Phasenseparation. Durch

die Kombination von 3D FIB und (S)TEM Tomographie wurde die komplette 3D Makro- und Mesoporen-Struktur in einer Reihe von Materialsystemen charakterisiert. Aus den erhaltenen 3D Modellen wurde einerseits eine quantitative morphologische Beschreibung der Porenstruktur entwickelt, die einen systematischen Materialvergleich ermöglicht, andererseits dienen die 3D Modelle als Basis für Diffusionssimulationen in Zusammenarbeit mit der Gruppe von Ulrich Tallarek an der Universität Marburg. Dies sind Beispiele für die Entwicklung digitaler Zwillinge in der Materialforschung zur Korrelation von Synthesebedingungen, Struktur und Materialeigenschaften.

B. Prifling, M. Neumann, D. Hlushkoub, **C. Kübel**, U. Tallarek, V. Schmidt, Generating digital twins of mesoporous silica by graph-based stochastic microstructure modeling Computational Materials Science, 2021, 186, 109934; DOI: 10.1016/j.commatsci.2020.109934

U. Tallarek, J. Hochstrasser, F. Ziegler, X. Huang, **C. Kübel**, M.R. Buchmeiser, Olefin ring-closing metathesis under spatial confinement: Morphology–transport relationships, ChemCatChem, 2020, online; DOI: 10.1002/cctc.202001495. VIP-Paper

J. Hochstrasser, A. Svidrytski, A. Hölzel, T. Priamushko, F. Kleitz, W. Wang, **C. Kübel**, U. Tallarek, Morphology–Transport Relationships for SBA-15 and KIT-6 Ordered Mesoporous Silicas Physical Chemistry Chemical Physics, 2020, 22, 11314; DOI: 10.1039/D0CP01861A., 2020 PCCP HOT Articles

Durch die Kombination von APT und neu entwickelten 4D-STEM Ansätzen zur Abbildung der Paarverteilung ist es gelungen, die lokale atomare Packung und Variationen der Zusammensetzung in Scherbändern und der Schertransformationzone in metallischen Gläsern am Beispiel von Vitreloy 105 zu beschreiben. Die Untersuchungen bestätigten experimentell die Vorhersagen aus Molekulardynamiksimulationen, dass die Scherbandbildung mit einer Fragmentierung des steifen Netzwerks bestehend aus geometrisch bevorzugten Clusterpackungen einhergeht, wobei im Scherband geometrisch weniger bevorzugten Clusterpackungen zunehmen, die sich leichter verformen lassen.

X. Mu, M. Chellali, E. Boltynjuk, D. Gunderov, R. Valiev, H. Hahn, **C. Kübel**, J. Ivanisenko, L. Velasco Unveiling the local atomic arrangements in the shear band regions of metallic glass *Advanced Materials*, 2021, *accepted*.

Scanner-Based Capillary Stamping: Das Projekt wurde zusammen mit einem Nutzer von der Universität Osnabrück durchgeführt. Beim klassischen Mikrokontaktdruck und bei der Polymer-Pen-Lithografie (PPL) wird die Farbe mit festen Elastomerstempeln auf das Substrat übertragen. Die Erschöpfung der Tinte begrenzt somit die Anzahl der aufeinanderfolgenden Stempelschritte ohne Nachfärben. Poröse Stempel, die zur Überwindung dieser Einschränkung entwickelt wurden, werden nur für manuelle Proof-of-Principle-Experimente verwendet. Es wurden poröse Kompositstempel für das scannerbasierte Kapillarstempeln (SCS) entwickelt, die auf automatisierte Druckgeräte montiert werden können, die für PPL ausgelegt sind. Poröse SCS-Kompositstempel bestehen aus einer starren kontrolliert porösen Quarzglasschicht (CPG) und einer porösen polymeren Stempelschicht. Letztere kann durch Replikationsformen topographisch mit Kontaktelementen strukturiert werden. Die mechanische Stabilisierung durch die CPG-Schicht sorgt dafür, dass die Kontaktelemente koplanar sind. SCS ermöglicht eine automatisierte, kontinuierliche Strukturierung mit hohem Durchsatz, die durch die Farbzufuhr durch die porösen SCS-Verbundstempel ermöglicht wird. Selbst nach mehr als 800 aufeinanderfolgenden Stempel-Substrat-Kontakten ohne Nachfärben (die porösen SCS-Kompositstempel selbst werden als Farbreservoir verwendet) werden Farbmikrotropfen ohne Verschlechterung der Strukturqualität abgeschieden. SCS ermöglicht aber auch die Zufuhr von zusätzlicher Farbe während des laufenden Prägevorgangs durch die Porensysteme der porösen SCS-Verbundstempel. SCS kann leicht für die Multi-Ink-Strukturierung angepasst werden und könnte somit den Weg für eine weitere Hochskalierung der Kontaktolithografie ebnen.

P. Hou, **R. Kumar**, **B. Oberleiter**, R. Kohns, D. Enke, U. Beginn, H. Fuchs, **M. Hirtz**, M. Steinhart, Scanner-Based Capillary Stamping, *Adv. Funct. Mater.* 30 (25), 2001531 (2020).

Inverse Vulcanization of Styrylethyltrimethoxysilane-Coated Surfaces, Particles, and Cross-linked Materials: Das Projekt wurde zusammen mit einem Nutzer von der Universität Leipzig durchgeführt: Schwefel als Nebenprodukt der Erdgas- und Erdölraffination ist eine ungenutzte Ressource. Die Umwandlung von deponierten Schwefelabfällen in Materialien verbindet den ökologischen Imperativ der Ressourceneffizienz mit ökonomischen Überlegungen. Eine Strategie zur Umwandlung von Schwefel in polymere Materialien ist die inverse Vulkanisationsreaktion von Schwefel mit Alkenen. Die entstehenden Materialien sind jedoch nur begrenzt einsetzbar, da sie bei hohen Temperaturen ($>130\text{ }^{\circ}\text{C}$) über viele Stunden ausgehärtet werden müssen. Die Reaktion von elementarem Schwefel mit Styrylethyltrimethoxysilan wurde untersucht. Durch die Kombination von inverser Vulkanisation und Silanchemie wurden Polysilane mit hohem Schwefelgehalt erhalten, die durch Polykondensation bei Raumtemperatur gehärtet werden konnten, um beschichtete Oberflächen, Partikel und vernetzte Materialien zu erhalten. Die Polykondensation wurde durch Hydrolyse von Poly(sulfur-r-styrylethyltrimethoxysilan) (poly(Sn-r-StyTMS)) unter milden Bedingungen (HCl, pH 4) ausgelöst. Zum ersten Mal konnte ein inverses Vulkanisationspolymer bequem beschichtet und durch Nachpolykondensation mild ausgehärtet werden. Silica-Mikropartikel, die mit dem Polymer mit hohem Schwefelgehalt beschichtet wurden, konnten ihre Hg^{2+} -Ionen-Sanierungsfähigkeit verbessern.

J.M. Scheiger, C. Direksilp, P. Falkenstein, **A. Welle**, M. Koenig, **S. Heissler**, **J. Matysik**, **P.A. Levkin**, **P. Theato**, Inverse Vulcanization of Styrylethyltrimethoxysilane-Coated Surfaces, Particles, and Crosslinked Materials, *Angewandte Chemie - Internationale Edition*, 59 (42), 18639-18645 (2020)

Upscaling heißgeprägter biomimetischer Antireflexfolie für Solarmodule: Das Projekt wurde zusammen mit dem Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) begonnen und später als Eigenprojekt weitergeführt. Die Kombination aus Mikro- und Nanostrukturen, welche sich auf der Oberfläche vieler Blütenblätter befinden, führt zu hervorragenden, breitbandigen Antireflexeigenschaften, welche die herkömmlichen Antireflexbeschichtungen weit übertreffen. Zwar lassen sich die Pflanzenoberflächen mittels Soft-Imprint-Verfahren im Labormaßstab kopieren, eine Nutzbarmachung des Prinzips für technische Anwendungen wie Solarmodule, Displays oder Printmedien erfordert jedoch ein großflächiges und kostengünstiges Herstellungsverfahren. Dieses Problem konnte nun in Zusammenarbeit mit der KNMF gelöst werden: Zunächst wurde am IMT ein Verfahren entwickelt, um mittels Galvanoformen die fragilen Pflanzenstrukturen in einen hochbeständigen Formeinsatz zu übertragen, welcher in mehreren Iterationen zu einem großflächigen Prägewerkzeug weiterentwickelt wurde. Ebenfalls am IMT wurde im Anschluss ein Heißprägeverfahren optimiert, mit dem große Stückzahlen von „pflanzenstrukturierten“ Polymerfolien hergestellt werden konnten, zunächst statisch, dann aber auch im Rolle-zu-Rolle-Verfahren. Am IAM wurde gezeigt, dass sich diese komplexen, hierarchischen Oberflächen auch mittels Spritzgussverfahren herstellen lassen, was weitere Anwendungsfelder eröffnet. Basierend auf diesen Entwicklungen ist nun die Kommerzialisierung einer Antireflexfolie mit dem Spin-Off „Phytonics“ geplant, das ab dem 1.3.2021 für zwei Jahre durch das EXIST-Forschungstransfer-Programm vom BMWi gefördert wird.

B. Fritz, R. Huenig, **M. Guttman**, **M. Schneider**, KM Samaun Reza, O. Salomon, P. Jackson, M. Powalla, U. Lemme, **G. Gomard**; Upscaling the fabrication routine of bioreplicated rose petal light harvesting layers for photovoltaic moduls, *Solar Energy*, 201 (2020) 666-673; doi: 10.1016/j.solener.2020.03.020.

B. Fritz, R. Huenig, **M. Guttman**, **G. Gomard**; Hot-embossed large-area plant microstructures for improved photovoltaic light harvesting, *WOMAG – Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche*, 9 (2020) Heft 5, S.20-21 (gedruckte Version); doi: 10.7395/2020/Guttman1.

G. Horváth, Á. Pereszélyi, Á. Egri, B. Fritz, **M. Guttman, U. Lemmer, G. Gomard**, G. Kriska; Horsefly reactions to black surfaces: attractiveness to male and female tabanids versus surface tilt angle and temperature *Parasitology Research*, 119 (2020) 2399-2406; doi: 10.1007/s00436-020-06702-7.

B. Fritz, G. Horváth, Á. Pereszélyi, Á. Egri, R. Hünig, **M. Guttman, M. Schneider, U. Lemmer, G. Gomard**, G. Kriska; Bioreplicated coatings for photovoltaic solar panels nearly eliminate light pollution that harms polarotactic insects, *PLoS ONE*, 15(12) 2020 e0243296; doi: 10.1371/journal.pone.0243296.

Planung und Planerreichung 2020

Die Planung und Planerreichung der KNMF ist im Folgenden für 2020 aufgeführt, geteilt in Kennzahlen und Ressourcen. Zusätzlich sind kurze Begründungen für die (geringen) Abweichungen angegeben.

Kennzahlen: In 2020 standen der KNMF insgesamt 24,8 FTE akademisches Personal zur Verfügung, davon 22,5 grundfinanziert und 2,3 drittmittelfinanziert. Zusätzlich verfügte die KNMF über 27,1 FTE an nichtakademischem Personal. Gegenüber dem Vorjahr entspricht dies insgesamt einer geringfügigen Reduktion um 0,7% oder 0,4 FTE. Die gesamte verfügbare Anlagenzeit für die vorhandenen 24 Technologien belief sich auf 79.722 Stunden, von denen 67.694 den Usern in 149 akzeptierten Proposals zur Verfügung standen, was einem Rückgang von 5% bzw. 8% gegenüber 2019 entspricht. Der Rückgang ist dem geplanten Ausscheiden von Technologien sowie Stillstandszeiten aufgrund von Installations- und Umbaumaßnahmen zuzurechnen. Aus den Projekten ergaben sich 165 ISI-referierte Publikationen.

Kommentierungen zu den Kennzahlen: Die Indikatoren entsprechen den erwarteten Werten. Die Veränderungen sind in der Gesamtsicht auf die Nutzereinrichtung mit ihrer verteilten Infrastruktur durch betriebsübliche Schwankungen verursacht und nicht auf singuläre Ereignisse zurückzuführen. Der Rückgang bei der Zuverlässigkeit (Reliability) ist überwiegend auf die Corona-Pandemie zurückzuführen.

Gesamteinschätzung der Entwicklung und Vorausschau

KNMF hat sich 2020 in der PoF IV-Begutachtung als äußerst wichtige Forschungsinfrastruktur auch für die Helmholtz-Forschung im neuen Forschungsbereich Information erwiesen. Um die Helmholtz-Nutzung zu stärken, wird KNMF in PoF IV in der Leistungskategorie I als KNMFi weitergeführt. Die Umsetzung der Erweiterung des KNMF-Portfolios im Rahmen des 2018 genehmigten Investitionsantrages (< 15 Mio. Euro) wurde fortgesetzt. Erhebliche Baumaßnahmen bzgl. Reinraumtechnologien und TEM wurden abgeschlossen. Ein Großteil des Investitionsvolumens wurde bereits abgerufen; die hierdurch finanzierten Geräte sind zu meist geliefert und befinden sich in der Qualifizierungsphase. Letzte Baumaßnahmen (kombiniertes NMR-Röntgen-Labor „Korrel Lab“) und Geräte (Mikro-3D-Stereolithographiesystem „3D MicroScribe“, Korrel Lab) werden in 2021 ausgeführt bzw. geliefert und qualifiziert. Es sind für diese Investitionsmaßnahme keine wesentlichen weiteren Verzögerungen zu erwarten, so dass die gesamte Maßnahme fristgerecht zum Jahresende 2021 abgeschlossen sein dürfte.

Eine der Empfehlungen in der strategischen Evaluierung 2019 war „die Sichtbarkeit der KNMF in der internationalen Community weiter auszubauen und so neue (internationale) Nutzer zu gewinnen“. Da nach vorliegender Erfahrung die beste Werbung über persönliche Kontakte erfolgt und in der Folge durch Weitergabe der Informationen innerhalb der Wissenschaftsgemeinschaft, wurde eine grundlegende Präsentation zu Struktur, Funktion, Aufbau und Nutzung der KNMF aktualisiert. Zusätzlich wird das generelle „Instrumentation Book“ mit den Beschreibungen der vorhandenen Technologien fortwährend aktualisiert. Dies ist auch innerhalb der HGF durch die Umstrukturierung der KNMF zu einer LK-I-Infrastruktur notwendig und wird in 2021 weiter fortgeführt werden.

Aufgrund der Corona-Pandemie konnte die internationale Sichtbarkeit nur sehr eingeschränkt weiter ausgebaut werden, es steht zu erwarten, dass mit Ende der Corona-bedingten Maßnahmen wieder verstärkt im internationalen Rahmen geworben werden kann.

Programmassoziation

Die KNMF ist in 2020 am KIT im Wesentlichen den Programmen 1 und 3 assoziiert, steht aber – als international aufgestellte Nutzer/inneneinrichtung – auf Beantragung jedem Nutzenden für Projekte zur Verfügung.

Auswahl der Nutzer/innen

Akademische und industrielle Nutzer/innen können im Rahmen von zwei Calls pro Jahr Anträge für die Nutzung der KNMF einreichen. Eine Möglichkeit für „Fast Track“ Zugang besteht für dringliche Arbeiten. Die Anträge werden von einem Peer Review Board nach den Kriterien wissenschaftlicher Exzellenz evaluiert. Antragstellenden wird empfohlen, vor Einreichung eines Antrags mit den Technologie-Experten der KNMF den Inhalt ihres Antrages zu diskutieren, um die Machbarkeit zu überprüfen, die am besten passenden Technologien auszuwählen sowie den Projektplan präzise im Antrag beschreiben zu können. Damit wird die Erfolgswahrscheinlichkeit eines eingereichten Antrages deutlich erhöht. In der Regel werden die Projekte von KNMF Experten und von Nutzern/innen in Kooperation durchgeführt, wobei die KNMF-Experten ihre Technologieexpertise einbringen.

A.2.2.7 Strategische Initiativen

A.2.2.7.1 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 2020 war bei allen an der HDF beteiligten Datenzentren geprägt durch die Durchführung der PoF-4 Begutachtungen im Winter 201/ 2020 und dem IT-seitigen Vorbereiten des Corona-Lockdowns, der insb. in den IT-Zentren erhebliche Mehrarbeit verursacht hat. Thematisch im Fokus der HDF-Arbeiten stand insb. die Zusammenarbeit mit der neuen HIFIS-Plattform.

An den verschiedenen Arbeitspaketen wurde engagiert weitergearbeitet: im Themengebiet AAI wurde die Weiterentwicklung von Unity sowie die Integration weiterer Dienste fortgeführt. Außerdem wurde der Transfer der Arbeiten zu HIFIS durchgeführt. Außerdem wurden ein föderierter SSH-Login und verschiedene 2FA-Verfahren integriert und weitere IdPs angebunden. Im Themengebiet der Security-Policies wurde ein Ergänzungspaket in Zusammenarbeit mit HIFIS erarbeitet. Damit sind die Arbeiten im AP1 praktisch abgeschlossen, inzwischen firmiert die HDF AAI als Helmholtz AAI und wird von HIFIS fortgeführt. Hierdurch sind weitere Anforderungen an die AAI erwachsen, die Weiterentwicklungen von zentralen Kom-

ponenten erfordern. Dieser wurden gemeinsam von HDF und HIFIS geplant und werden nahtlos von HIFIS und HDF fortgeführt (siehe <https://hifis.pages.hzdr.de/hifis-technical-documentation>). Weiterhin hat die FIM4R (= Federated Identify Management for Research) die HDF bzgl. Helmholtz AAI als Use Case vorgestellt: <https://fim4r.org/2020/09/16/a-fim4r-case-study-helmholtz-data-federation/>. Im Themengebiet der Datentransferdienste wurden neue Software-Versionen mit Verbesserungen zu Data-Sharing, Usability und Sicherheit veröffentlicht. Für den Datentransfer mit UFTP ist es nun möglich einen privaten Schlüssel zu verwenden, der ausschließlich für den Datentransfer nutzbar ist und keinen (ssh-)Zugang zu den HPC-Systemen ermöglicht. Diese Dienste sind u.a. auf den Jülicher HPC-Maschinen JUWELS und JURECA verfügbar.

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. Am SCC wurde im Jahr 2020 u.a. wurde die Inbetriebnahme der Onlinespeichererweiterung 2019 für LSDF und GridKa sowie, das damit verbundene Upgrade der internen Infinibandinfrastruktur, final abgeschlossen. Die Ausschreibung der folgenden Erweiterung des GridKa Onlinespeichersystems um weitere 20 PB wurde erfolgreich durchgeführt. Die Lieferung der Hardware und deren Inbetriebnahme fand kurz im Dezember unter verschärften Corona-Schutzmaßnahmen statt.

Die Governance der HDF ist aufgesetzt und aktiv. Das Executive Board (Leiter der Datenzentren sowie Stellvertreter) tagt regelmäßig ca. 1-mal pro Quartal per Videokonferenz. Regelmäßig ca. alle 9 Monate erfolgt ein schriftlicher Bericht an das Collaboration Board (Vorstände, Präsidien der Partner).

A.2.2.7.2 Themengebiet Information und Data Science

Inkubator „Information & Data Science“

Im Rahmen des Helmholtz-Inkubators „Information & Data Science“ standen im Jahr 2020 die Arbeiten am KIT vor allem im Fokus des Aufbaues und der Gewinnung von qualifiziertem Personal für alle 3 Plattformen Helmholtz AI (vormals HAICU), HMC und HIFIS sowie der Pilotprojekte „Uncertainty Quantification - From Data to Reliable Knowledge“ sowie „Pilot Lab Exascale Earth System Modelling“. Im letztgenannten Projekt wurden als ein erstes Ergebnis im Verlaufe des Jahres das parallele I/O optimiert und somit insgesamt ein Performance-Gewinn erzielt werden, in dem ein On-Demand-Dateisystem auf den knotenlokalen SSD-Festplatten im HPC-System für das I/O verwendet wurde. Im „Uncertainty Quantification“ Projekt konnten die frisch eingestellten Promovierenden bereits erste interdisziplinäre Ergebnisse in Form von Publikationen einreichen. In Helmholtz AI konnte das AI-Consultants-Team Energy bereits erste Erfolge in Kooperationen mit Energieforschenden am KIT zur Verbesserung der Herstellungsprozesse von Perovskit-Solarzellen erzielen. Außerdem wurde in Kooperation mit dem Pilotprojekt Helmholtz Analytics Framework (HAF) eine neue Version des Helmholtz Analytics Toolkit (HeAT) als Open-Source-Software für KI auf Supercomputern veröffentlicht. In HMC wurden erste generische Metadaten-Dienste aufgebaut sowie mit den Generic Data Services im Kontext des Energy Lab 2.0 verbunden. In HIFIS wurde die föderierte Authentifizierungs- und Autorisierungsinfrastruktur weiterentwickelt und sowie die RegApp um eine SP-IdP-Proxy-Funktionalität, SSH-Key-Management und eine föderierbare Zwei-Faktor-Authentifizierung erweitert.

Im Rahmen der ersten Ausschreibung der Helmholtz AI Plattform konnten am KIT gemeinsam mit FZJ und DLR das Projekt ProFiLe (Protein Folding by Learning) eingeworben wer-

den, in dem an einem datengetriebenen, ML-basierten Ansatz zur Strukturvorhersage von Proteinen unter Verwendung der HeAT-Software geforscht werden wird. Weiterhin konnte gemeinsam mit FZJ das Projekt AlphaNumerics Zero (α N0) eingeworben werden, in dem neuartigen Verfahren zum Design numerischer Verfahren auf Supercomputern entwickelt werden. Beide Projekten starteten kurz vor Jahresende 2020.

Mit der Einwerbung von HAICORE Mitteln (Helmholtz AI Computing Resources) wurden im Q2-2020 modernste NVIDIA DGX A100 GPU Systeme beschafft und in Betrieb genommen, die den state-of-the-art in Sachen KI-Berechnung auf GPUs weltweit darstellen. Als Erste in Europa konnte das KIT 3 Stück DGX mit je 8 GPUs beschaffen, in Betrieb nehmen und bereits im Sommer 2020 für die Helmholtz-weite KI-Community zur Verfügung stellen. Unter <https://www.helmholtz.ai/themenmenue/55608/index.html> sind weitere Information sowie die Zugangsinformationen zu finden.

A.2.2.7.3 Innovationspool

1. Virtual Materials Design

Ziel des Projektes „Virtuelles Materialdesign“ ist die Entwicklung und Validierung von Methoden zum rechnergestützten Materialdesign. Aus Innovationspool-Mitteln sollen aufbauend auf bestehenden Systemen virtuelle Arbeitsumgebungen für die Durchführung von Multiskalen-Workflows entwickelt und an ausgewählten Beispielen getestet werden.

Am KIT wurde 2020 an der Weiterentwicklung der Workflow-Umgebung Simstack gearbeitet und dort neue Funktionen (Kontrollanweisungen) implementiert. Dadurch wird das automatisierte Screening von Datenbanken vereinfacht, da der Workflow zur Berechnung einer bestimmten Eigenschaft für jeden Eintrag automatisch durchgeführt werden kann. Zudem kann zu Validierungszwecken über verschiedene Parameter einer Simulation iteriert werden, um die optimalen Einstellungen zu ermitteln. Durch den Einsatz der Innovationspool-Mittel konnte also ein funktionsfähiger Prototyp der Workflowumgebung etabliert und bereits in andere Zentren transferiert werden.

Darüber hinaus wurde am KIT im Rahmen eines Innovationspool-Projektes eine Kavität entworfen, mittels derer das Circular dichroismus-Signal chiraler Moleküle um mehr als zwei Größenordnungen verstärkt werden kann (doi: 10.1103/PhysRevLett.124.033201).

Der Eigenanteil der Aktivitäten im Bereich virtuelle Materialentwicklung wird durch das VirtMat-Projekt am KIT erbracht, in dem interdisziplinäre Gruppen in verschiedenen Projekten an Fragen der Virtuellen Materialentwicklung arbeiten. In VirtMat forschen fünf Postdocs und zwölf Promovierende. Beispielsweise wurden neuartige Sensoren auf Basis funktionalisierter Zeolith- und SURMOF-Schichten synthetisiert und sowohl theoretisch als auch experimentell untersucht.

In einem anderen Projekt wurden neue effiziente Dotanden für organische Halbleitermaterialien vorhergesagt. Die besten Kandidaten wurden anschließend synthetisiert und experimentell analysiert. Dafür wurden Gerätearchitekturen entworfen, um die Elektronenbeweglichkeit der neuen Materialien zu messen, wobei festgestellt wurde, dass die Elektronenbeweglichkeit mehr von der elektrostatischen Unordnung als vom Ladungseinfang abhängig ist. Dabei konnten die Simulationen aus dem Innovationspool-Projekt anhand kommerzieller Materialien verifiziert werden. In einem dritten Eigenmittel-Projekt wurde die DFTB-Fragment-Orbital-basierte QM/MM-Surface-Hopping-Methode in Gromacs implementiert und bei der Modellierung des Ladungstransports in organischen Halbleitern angewendet. Die berechneten Ladungsmobilitäten sind in sehr guter Übereinstimmung mit experimentellen Werten. Um die Rechenkosten zu reduzieren, wurden außerdem Werkzeuge des maschinellen Lernens

(ML) verwendet (neuronales Netzwerk und starre Kernregression), um einen ML Hamilton-Operator zu konstruieren, mit dem die Lochmobilität für einen Anthracen-Kristall berechnet werden konnte (DOI: 10.1021/acs.jctc.9b01271, DOI: 10.1021/acs.jctc.0c00246).

2. Solid State Quantum Computing and Networking

Das Projekt „Optische Schnittstellen zu Spin-Qubits für Quantennetzwerke“ innerhalb des Projektes „Solid State Quantum Computing and Networking“ ist als Teil einer langfristigen Roadmap konzipiert, deren Ziel die Realisierung von verteilten Quantenprozessoren welche über optische Netzwerken miteinander verschränkt werden mit signifikantem praktischem Nutzen für die Realisierung von Quanteninformationsprozessen ist.

Mit den Innovationspool-Mitteln wurde dazu ein neues, vollständig fasergekoppeltes Setup für spektroskopische kryogene Charakterisierung kleinster Probenmengen von molekularen und nanokristallinen Proben für optisch adressierbare Spin Qubits entwickelt und in Betrieb genommen. Erste Messungen von spektralem Lochbrennen in $\text{Eu}^{3+}:\text{Y}_2\text{O}_3$ -Nanokristallen konnte damit durchgeführt werden. Faserbasierte Mikroresonatoren wurden als Querschnittstechnologie weiterentwickelt und ein vollumfänglicher Betrieb einer durchstimmbaren Tieftemperatur Faserresonatorplattform in einem Closed-Cycle Kryostaten wurde erreicht. In einer Kollaboration mit ICFO wurde damit eine starke Purcell-Verstärkung von Erbium-Ionen mit Lebensdauerverkürzungen um bis zu einem Faktor 100 erreicht. Durch dynamische Resonanzfrequenzabstimmung konnte dabei die Purcell-Verstärkung zeitlich moduliert werden - ein wichtiger Schritt um deterministische Einzelphotonemission mit zeitlicher Kontrolle zu erreichen. [Casabone et al., arXiv:2001.08532, angenommen von Nature Communications]. Diese Arbeiten wurden aus Eigenmitteln mit einer Gruppenleiter- und zwei Doktorandenstellen unterstützt.

Ebenfalls teilweise aus Eigenmitteln, nämlich einer Gruppenleiter- und einer Postdocstelle, wurde die Herstellung ultraflacher Bauelemente mit funktionalisierten Kohlenstoff-Nanoröhren und Graphen-Elektroden vorangetrieben. Erste Prototypen wurden elektrisch zur Lichtemission im technologisch relevanten Telekomband angeregt und mit einem kürzlich in Betrieb genommenen Korrelationsmessaufbau mit supraleitenden Einzelphotonendetektoren untersucht. Außerdem wurden erstmalig Nanoröhren-Bauelemente mit ultrakurzer Kanallänge von 10 nm realisiert und zur Emission angeregt. Trotz hoher lokaler Feldstärken zeigen Kurzkanal-Bauelemente keinerlei Anzeichen für unerwünschte "hot-carrier" Emission. Durch stromgetriebenen Betrieb konnten sehr schmalbandige Emissionslinien in einem weiten Temperaturbereich erzeugt werden. Es zeigt sich, dass auch in sehr kurzen Kanälen die Ladungsträgerrekombination als bevorzugter Mechanismus zur Lichtemission wirksam ist. Exzitronische und trionische Emissionen konnten durch eine Gate-Spannung gezielt ein- und ausgeschaltet werden. Emissionswirkungsgradkarten wurden zur Bestimmung optimaler Betriebsbedingungen erstellt und Bedingungen zur Unterdrückung unerwünschter Hysteresis-Effekte identifiziert. Der Einfluss akustischer Phononen auf die Linienbreite, das Fehlen von Intensitätssättigung und Exzitonen-Annihilation, sowie Konditionierungen zur Unterdrückung von Umgebungseinflüssen wurde untersucht. [Gaulke et. al. ACS Nano, 14 (3), 2709–2717. doi:10.1021/acsnano.9b07207]

Am Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE) wurde mit den Innovationspool-Mitteln die Entwicklung der Qubit Kontroll- und Ausleseplattform weiter vorangetrieben. Die Plattform wurde hinsichtlich ihrer Modularität überarbeitet und erlaubt nun auch die Ansteuerung mehrerer Qubits. Das Konzept wurde zur Patentierung eingereicht. Die Nutzung der Plattform wurde erheblich vereinfacht. Hierzu wurde eine Hochsprache definiert, die es erlaubt, Python-basiert auf einfache Weise auch komplexe Quantum Computing-Experimente zu beschreiben, welche dann automatisiert in eine echtzeitfähige Ablaufbe-

schreibung für die Plattform umgesetzt werden. Schließlich wurde mit Eigenmitteln (0,2 PJ Akad., 0,4 PJ Techniker) das Hochfrequenz Frontend überarbeitet. Ende 2020 konnten dann die ersten Platinen der neuen Version in der AVT Infrastruktur des IPE bestückt werden. Die überarbeitete Plattform wurde erfolgreich an supraleitenden Qubits getestet. Prinzipiell lassen sich mit der neuen Version auch Experimente für beispielsweise halbleitende Qubits beschreiben. Der Test hierfür steht jedoch noch aus.

Basierend auf den geschaffenen instrumentellen Voraussetzungen ist es gelungen, erstmalig optisch in Molekülen die Spinpolarisation der Kernspinzustände zu vermessen. Dies ist ein Durchbruch für die Entwicklung all-optischer Spin-Initialisierung und -Adressierung in Spin-Qubits. Diese Ergebnisse wurden 2021 prominent publiziert [Kuppusamy et al., Nature Communications 2021, in Druck.]

Innerhalb des Projekts SSQCN wurden am KIT insgesamt drei Gruppenleiterstellen, 2,2 Postdoc-Stellen, anteilig zwei Doktorand/innenstellen sowie 0,4 Techniker/innenstellen aus Eigenmitteln finanziert eingesetzt. Die Ausgründung eines Spin-offs Qlibri zur Kommerzialisierung von Faserresonatoren und Scanning Cavity-Mikroskopen wurde unterstützt, das erfolgreich einen EXIST Grant einwerben konnte.

A.2.3 Überblick zum Forschungsbereich Materie

A.2.3.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Helmholtz-Senat

Koordinator: Prof. Dr. h.c. Helmut Dosch (DESY)

Beteiligte Helmholtz-Zentren: DESY, FZJ, GSI, HI Jena, HIM, HZB, HZDR, HZG, KIT

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 komplexen Materialien 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 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: „Matter and the Universe (MU)“, „From Matter to Materials and Life (MML)“ und „Matter and Technologies (MT)“. Neben der Eigenforschung (LK I) zu diesen Programmen ist der Bau und Betrieb von Großgeräten (LK II) als nationale und internationale Forschungsinfrastrukturen eine zentrale Aufgabe des Forschungsbereichs.

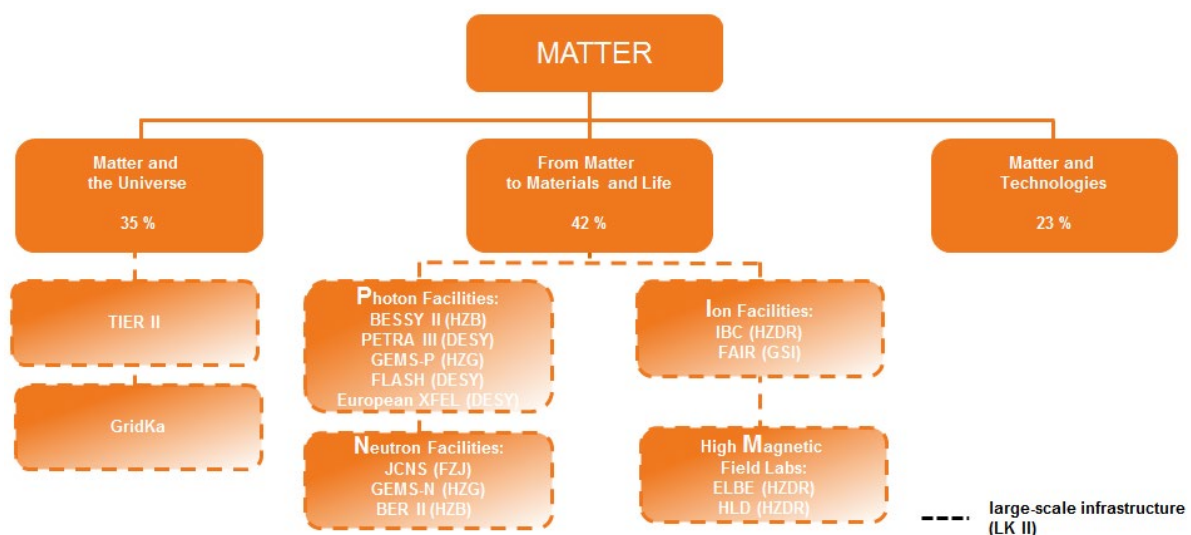


Abbildung 14: Der Forschungsbereich Materie im Überblick

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 Veränderung der Struktur, Dynamik und Funktion von Materie und Materialien unter Nutzung großer Forschungsinfrastrukturen in enger Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen und industriellen Nutzern. Das Programm MT vereint technologische Kompetenzen der verschiedenen Helmholtz-Zentren und bildet die Grundlage zur Erarbei-

tung einer kohärenten Strategie für die Erforschung und Entwicklung neuer Beschleuniger- und Detektortechnologien.

A.2.3.1.2 Entwicklung im Forschungsbereich und in den Programmen

1. Bericht aus dem Forschungsbereich Materie

Vom 27.-30. Januar 2020 fand für den Forschungsbereich Materie die Strategische Begutachtung im Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin in Berlin statt. In der dreieinhalb Tage dauernden Begutachtung wurden die wissenschaftlichen und strategischen Planungen aller Programme und Topics für die vierte PoF-Periode vorgestellt. Das Gutachter/innengremium unter Leitung von Ursula Baßler stellte dem Forschungsbereich Materie im Ganzen ein überragendes Zeugnis aus und gab den Vertreter/innen des Forschungsbereichs eine Reihe von Empfehlungen auf den Weg, die zusammen mit darauf aufbauenden konkreten Maßnahmen dem Helmholtz-Senat vorgeschlagen worden sind. Für einen regelmäßigen Austausch über Fortschritt und mögliche Anpassungen der Maßnahmen wurde der Strategischen Beirat als neues Gremium des Forschungsbereichs eingerichtet, dem auch das Gutachter/innengremium der Strategischen Begutachtung angehört.

Eine wesentliche Neuerung des Forschungsbereich Materie zum Übergang von der dritten zur vierten PoF-Periode ist die Einrichtung Topics „Data Management and Analysis (DMA)“ im Programm MT, um der wachsenden Bedeutung der Digitalisierung, namentlich dem Scientific Computing, der Herausforderung von Big Data und der Anwendung von Konzepten der Künstlichen Intelligenz Rechnung zu tragen. DMA übernimmt auch eine Schlüsselrolle in der Ausweitung der strategischen Kooperation zwischen dem Forschungsbereich Materie und dem Forschungsbereich Schlüsseltechnologien (künftig Information).

Das Jahr 2020 stand ganz unter dem Einfluss der COVID-19-Pandemie, auf die unten noch näher eingegangen wird. Trotz dieser extremen Umstände war 2020 von interdisziplinärer, zentren- und forschungsbereichsübergreifender Zusammenarbeit geprägt. Neben einer Reihe von wissenschaftlichen Kooperationen stand vor allem die Erarbeitung von gemeinsamen Forschungsstrategien im Vordergrund. Dazu zählten u.a. die Materialforschungsstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft, der Kompetenzatlas Wasserstoff in der Helmholtz-Gemeinschaft und die Digitalisierungsstrategie des Forschungsbereichs Materie. In einem größeren Projekt wurde die „Nationale Strategie zur Weiterentwicklung beschleunigerbasierter Nutzereinrichtungen für die Forschung mit Photonen und mit hohen elektromagnetischen Feldern (Helmholtz Photon Science Roadmap)“ erarbeitet, welche die gemeinsamen Planungen für PETRA IV, BESSY III, DALI und FLASH2020+ (DESY, HZB und HZDR) vor dem Hintergrund der aktuellen interdisziplinären Nutzung der existierenden Großforschungsanlagen, der anspruchsvollen Bedarfsanmeldungen der NutzerInnen aus dem akademischen und industriellen Bereichs und der internationalen Entwicklungen darlegt.

Die Helmholtz Photon Science Roadmap ist Teil eines umfassenden Roadmap-Prozesses des Forschungsbereichs, der Ende 2020 abgeschlossen wurde. Im weiteren Helmholtz-Roadmap-Prozess wird Mitte 2021 eine abgestimmte Roadmap mit allen geplanten FIS-Vorhaben aller Forschungsbereiche erstellt, als Teil des nationalen Roadmap-Prozesses.

Neben den regulären Sitzungen des Managementboards und der Forschungsbereichsplattform traf sich auch der Lenkungsausschuss des Forschungsbereichs Materie im Jahr 2020. Der Lenkungsausschuss umfasst neben dem Managementboard, alle Topic- und Facility Topic-SprecherInnen sowie die Mitglieder des Coordination Boards. Die Treffen spielen eine zentrale Rolle, um den gesamten Forschungsbereich über aktuelle Themen zu informieren und die Vernetzung der WissenschaftlerInnen untereinander zu fördern.

Die COVID-19-Pandemie hat zu erheblichen Einschränkungen im Betrieb der Zentren und der großen Forschungsinfrastrukturen geführt. Während für den wissenschaftlichen Austausch, für Meetings, Konferenzen und Gremiensitzungen schnell auf virtuelle Formate umgestellt werden konnte, waren Reise- und Kontaktbeschränkungen insbesondere für den Nutzerbetrieb von LK II-Anlagen eine größere Herausforderung. Insbesondere im Frühjahr 2020 während der ersten Infektionswelle konnte ein relevanter Teil der externen Nutzer/innen nicht bedient werden. Durch rasch geschaffene, innovative Zugangsmöglichkeiten konnte der Betrieb der Großforschungsanlagen für Corona-bezogene Forschungsprojekte und für externe Nutzer/innen schnell wieder aufgenommen werden. Dies gelang insbesondere durch Remote-Messungen und Mail-In-Experimente. Wissenschaftler/innen des Forschungsbereichs Materie haben in den vergangenen Monaten wichtige Beiträge zur Erforschung des Corona-Virus bzw. der SARS-CoV-2-Erkrankung geleistet, u.a. bei der Suche nach potentiellen Medikamenten, der Verbesserung von Impfstoffen und tomographischen Gewebeuntersuchungen. So wurden z.B. in dem Innovationspool-Projekt SXFragS seit Beginn der COVID-19-Pandemie über 7000 potenzielle Wirkstoffe gescreent und einige aussichtsreiche Wirkstoff-Kandidaten entdeckt.

Die Pandemie-bedingt erarbeiteten digitalen Lösungen stellen eine große Chance dar, die neuen Betriebsformen (wo und wann immer sinnvoll) dauerhaft anzubieten, nicht zuletzt, um den Nutzerbetrieb (durch reduzierte Reisetätigkeiten) nachhaltiger zu machen.

2. Bericht aus dem Programm Matter and the Universe (Sprecher: Prof. Dr. Ralph Engel)

Das Programm MU ist auf die grundlegende Erforschung der elementaren Bausteine der Materie, deren Wechselwirkungen und der Struktur und Entwicklung des Universums ausgerichtet. Die in der dritten PoF-Periode beteiligten Helmholtz-Zentren sind DESY, FZJ, GSI (mit dem Helmholtz-Institut HIM) und KIT.

Im Topic „Fundamental Particles and Forces“ wurde mit der Installation des 24. Dipolmagneten im HERA-Tunnel ein entscheidender Meilenstein auf dem Weg zur Fertigstellung des ALPS II-Experiments am DESY erreicht. ALPS II soll bei einer vielfach gesteigerten Sensitivität nach dunkler Materie, und hier nach besonderen neuen Teilchen, den Axionen, suchen. Sollte ALPS II ein positives Signal finden, würde das die Sicht auf den Mikrokosmos – wie sie im sogenannten Standardmodell der Teilchenphysik beschrieben ist – revolutionieren.

Das Jahr 2020 war stark geprägt von der COVID-19-Pandemie und der damit einhergehenden Einschränkungen. Reisen und Arbeiten z.B. am CERN oder in Japan waren für den größten Teil des Jahres nicht möglich. Dennoch gelang es, wichtige Meilensteine zu erreichen und z.B. trotz pandemiebedingter Reisebeschränkungen konnte die Belle II-Kollaboration die Datennahme im Jahr 2020 fortsetzen und eine Datenmenge von fast 80 fb⁻¹ aufzeichnen. Die Senatsempfehlungen der vergangenen Jahre wurden weiter erfolgreich umgesetzt. Insbesondere konnten die Beteiligten der Helmholtz-Gemeinschaft ihre Bedeutung für die Experimente ATLAS und CMS am LHC-Beschleuniger stärken, und mit den voranschreitenden Planungen für das Wolfgang-Pauli-Zentrum am DESY wird die Rolle der Theorie und das Zusammenspiel von Theorie und Experiment weiter ausgebaut. Aufgrund des anhaltenden Shutdowns des LHC lag der Fokus der ATLAS- und CMS-Gruppen bei DESY im Jahr 2020 auf der Physikanalyse und der Vorbereitung auf die Hochluminositätsphase des LHC. Es konnten erneut wesentliche und maßgebliche Beiträge in beiden Experimenten geleistet werden. Die Infrastruktur für den Bau der ATLAS-Endkappe wurde weitgehend fertig gestellt und ist für die ersten Produktionsbauteile bereit. Der Forschung an zukünftigen Elektron-Positron-Collidern ist mit der Aktualisierung der Europäischen Strategie für Teilchenphysik im Jahre 2020 höchste Priorität zugewiesen worden, mit einer sogenann-

ten Higgs-Fabrik als nächstem großen Projekt nach dem LHC. Mit Studien zum Physik-Potenzial, aber auch mit der Bereitstellung von Simulationswerkzeugen und Datensätzen, wurde an führender Stelle zur Vorbereitung und Optimierung dieses Programms beigetragen, u.a. durch ihre Beteiligung am derzeitigen US-amerikanischen “Snowmass”-Strategieprozess. Ein Highlight der Theorie-Gruppe am DESY waren entscheidende Beiträge zum *Physics Briefing Book* für das Update der Europäischen Strategie der Teilchenphysik. Der Fokus der Forschung zur theoretischen Teilchenphysik am KIT lag auf Präzisionsrechnungen zu Observablen, die bei ATLAS, CMS und künftigen Beschleunigern gemessen werden. Die KIT-Forschung im Subtopic „Computing“ erforscht und entwickelt in enger Zusammenarbeit mit dem LK II Großgerät GridKa neue IT-Technologien im Hinblick auf die Evolution des Computingmodells für die Hochluminositätsphase des LHC. Die entwickelte Software COBaID, TARDIS und LAPIS wurden als Open Source Projekte verfügbar gemacht.

Für das Topic „Cosmic Matter in the Laboratory“ eröffnen die kürzlich beobachteten Signale von Gravitationswellen aus der Verschmelzung von binären Neutronensternsystemen einen neuen Zugang zu den Eigenschaften hochdichter Kernmaterie durch das Studium des Gravitationswellensignals selbst sowie der zusätzlichen Beobachtung der elektromagnetischen Strahlung in allen Wellenlängenbereichen. Eine theoretische Analyse von mehr als 300 Hydrodynamik-Simulationen des Verschmelzungsprozesses hat ein genaues Verständnis des Kollaps-Verhaltens und insbesondere der Abhängigkeiten der Schwarzen-Loch-Bildung von den Eigenschaften hochdichter Materie gebracht. Experimentell konnte die HADES-Kollaboration an der GSI die Flusskoeffizienten v_n der Ordnungen $n = 1 - 6$ für Protonen, Deuteronen und Tritonen in Schwerionenkollisionen messen. Die hochpräzise Information über Flusskoeffizienten höherer Ordnung ist ein großer Schritt vorwärts bei der Eingrenzung der Zustandsgleichung von kosmischer dichter baryonischer Materie im Labor.

Das Experimentierprogramm 2020 an der GSI konnte trotz der Einschränkungen infolge der Corona-Epidemie erfolgreich zu Ende gebracht werden. Etwa zwei Drittel aller geplanten Experimente wurden unter Einhaltung der behördlichen Vorgaben durchgeführt. Besonders hervorzuheben sind dabei Massenmessungen im Bereich schwerer, instabiler Kerne der Masse $A \sim 200$ und nahe der magischen Neutronenzahl $N = 126$, die Eigenschaften mehrerer Isotope in der Nähe des r-Prozess-Pfads wurden dabei erstmals vermessen. Das neue Isotop 244-Mendelevium wurde im 3n Verdampfungskanal der Reaktion $^{50}\text{Ti} + ^{197}\text{Au}$ mit Hilfe des Gas-Separators TASCA in einer Kollaboration zwischen GSI, HIM, JGU und der Universität Jyväskylä nachgewiesen und konnte durch seine Zerfallseigenschaften eindeutig identifiziert werden. Die Analyse von Daten des HADES-Experiments in Pionen-induzierten Reaktionen resultierte in vier neuen Einträgen in der *Particle Data Group* zu den Zerfallseigenschaften von $N(1520)$ und $N(1535)$. Der HADES-Detektor wird im Rahmen des FAIR Phase.0-Programmes um einen Tracker zur Messung von geladenen Hadronen unter $< 7^\circ$ erweitert. Ein kalorimetrisches Polarimeter zur Suche nach Elektrischen Dipolmomenten (EDM) von geladenen Teilchen wie Proton und Deuteron wurde entwickelt und in einer ersten Testmessung am Cooler Synchrotron (COSY) des FZJ erfolgreich in Betrieb genommen.

Im Topic “Matter and Radiation from the Universe” konnte das *High Energy Stereoscopic System* (H.E.S.S.) Experiment zum ersten Mal über tausende von Lichtjahren ausgedehnte, sehr hochenergetische Gammastrahlung von den Plasma-Jets der Radiogalaxie Centaurus A nachweisen. Die Messung demonstriert, dass die Beschleunigung in diesen sogenannten aktiven Galaxien nicht auf die Umgebung ihres zentralen Schwarzen Lochs beschränkt ist. Diese Entdeckung deutet darauf hin, dass vermutlich viele Radiogalaxien extreme Teilchenbeschleuniger sind und hat weitreichende Konsequenzen für das Verständnis kosmischer Teilchenbeschleunigung in Plasma-Jets allgemein.

Auch die Arbeiten in diesem Topic waren im Jahr 2020 stark von der COVID-19-Pandemie betroffen. Zahlreiche Forschungs- und Datennahmeaufenthalte an den weltweiten Infrastrukturen mussten abgesagt und in einigen Fällen gar abgebrochen werden. Dennoch konnten in kürzester Zeit Maßnahmen ergriffen werden, um den Mess- und Datennahmebetrieb der meisten Infrastrukturen aufrecht zu erhalten, so dass hier kaum Ausfälle zu verzeichnen sind. Das KATRIN-Experiment konnte z.B. das Jahresziel von über 200 Messtagen im Jahr 2020 erreichen, wobei das Verhältnis von Signal- zu Untergrundrate bedeutend verbessert wurden. Als Teil der neuen Aktivitäten im Rahmen des XENON-Programms war die KIT-Gruppe beim Aufbau und der Inbetriebnahme des XENONnT-Detektors am italienischen Untergrundlabor LNGS beteiligt. Das Pierre-Auger-Observatorium tritt mit der Installation von bereits mehr als 2/3 der ca. 1500 Szintillationsdetektoren, davon 660 am KIT gebaut, in absehbarer Zeit in eine neue Phase der Datenqualität ein. Die Vorbereitungen für den Bau von CTA konnten in allen Bereichen, wie dem Bau mittelgroßer Teleskope und Kameras für die kleinen Teleskope, Entwicklung der Software für die Kontrolle des gesamten Observatoriums oder die Datenanalyse, vorangebracht werden. Mit IceCube wurden im vergangenen Jahr sogenannte Tidal Disruption Events (TDE) beobachtet. DESY und KIT arbeiten gemeinsam am IceCube-Upgrade unter Einsatz von Investitionsgeldern aus beiden Zentren und an vorbereitenden Studien zu IceCube-Gen2. Darüber hinaus wird ein Analyse- und Datenzentrum für die Multi-Messenger Astroteilchenphysik aufgebaut, auch in Verbindung mit dem Innovationspool-finanzierten Projekt ADC-MAPP. Sowohl am DESY als auch am KIT haben sich 2020 anfängliche Initiativen weiterentwickelt, die die Beteiligung an einem Gravitationswellen-Experiment der dritten Generation (Einstein-Teleskop) vorantreiben. Hier ist insbesondere zu erwähnen, dass am KIT die Co-Leitung der Science Division „Kryotechnologie“ beim Einstein Teleskop übernommen wurde. Zudem wurde für eine deutsche Beteiligung am Einstein-Teleskop vom DESY und vom KIT gemeinsam ein Vorantrag zu Helmholtz-Investitionsvorhaben im Helmholtz-Roadmap-Verfahren für die Kategorie C, Beteiligungen an internationalen Vorhaben, eingereicht.

Die Grundlagenforschung in allen Topics des Programms MU stellt große Herausforderungen an die unterstützenden Technologien, insbesondere an das Computing und die Handhabung von großen Datenmengen. Neben der bestehenden LK II-Facility GridKa am KIT werden diese Arbeiten in der zukünftigen PoF-Periode ab 2021 auch vom Green IT-Cube innerhalb der LK II GSI-MU Ion Facilities unterstützt. Zu der bereits engen Verbindung von MU zum Programm MT, welches die Entwicklung von Beschleunigertechnologien und Detektorsystemen adressiert, wird die Kooperation in Verbindung mit dem MT-Topic „Data Management and Analysis“ massiv verstärkt, ebenso zum Forschungsbereich Schlüsseltechnologien (künftig Information). Zahlreiche dieser programmübergreifenden Aktivitäten sind Teil der forschungsbereichsweiten Strategie zur Digitalisierung.

3. Bericht aus dem Programm From Matter to Materials and Life (Sprecher: Prof. Dr. Thomas Stöhlker)

Die Forschung des Programms MML verfolgt als wesentliche strategische Aufgabe einzigartige Einblicke in die Eigenschaften von Materie und Materialien zu gewinnen, wie sie im konventionellen Labormaßstab nicht möglich sind. Sie geht hierbei der zentralen Fragestellung nach, wie wir die elektronischen und molekularen Prozesse auf allen relevanten Längen- und Zeitskalen besser verstehen und kontrollieren können, z.B. als Voraussetzung für die Entwicklung neuartiger Funktionsmaterialien und besser abgestimmter Medikamente. Von zentraler Bedeutung für diese Forschung ist die Fokussierung und Weiterentwicklung unserer international herausragenden Nutzeranlagen für Photonen, Neutronen, Ionen und höchste elektromagnetische Felder.

Trotz Beeinträchtigungen durch die COVID-19-Pandemie gelang es, die Forschung von MML auch im Jahr 2020 erfolgreich weiterzuführen, was durch zahlreiche herausragende Ergebnisse unterstrichen wird. Beispielhaft wurde an der Terahertz (THz)-Quelle TELBE das nichtlineare Verhalten des 3D-Dirac-Halbmietalls Cadmiumarsenid Cd_3As_2 bei starker THz-Anregung erstmals für ein Material nachgewiesen, das eine dreidimensionale Dirac-Bandstruktur aufweist. Die experimentellen Ergebnisse zeigen, dass dieser Prozess für hohe Anregungsfeldstärken nicht mehr störungstheoretisch beschrieben werden kann. Auch gelang es einem internationalen Wissenschaftlerteam zum ersten Mal, die lichtinduzierte Oxidation von Kohlenmonoxid (CO) zu Kohlendioxid (CO_2) auf der Oberfläche eines Oxid-Fotokatalysators in Echtzeit mittels zeitaufgelöster Röntgenphotoemission zu untersuchen. Es kombinierte dazu Messungen am Freie-Elektronen-Laser FLASH mit theoretischen Berechnungen. Die Umwandlung von CO zu CO_2 dauert zwischen 1,2 und 2,8 Pikosekunden nach Auslösung der Reaktion durch einen ultraschnellen optischen Laserpuls. Titandioxid ist einer der vielversprechendsten Kandidaten für industriell einsetzbare Photokatalysatoren. Zudem erfolgte an BESSY II und PETRA III ein großangelegtes Wirkstoffscreening mittels Röntgenkristallographie, um einen Wirkstoff gegen SARS-CoV-2 zu finden. Dazu wurden mehr als 5900 bereits zugelassene oder sich in der Erprobungsphase befindende Medikamente aus zwei sogenannten *repurposing*-Bibliotheken auf eine mögliche Bindung an die Hauptprotease untersucht. Insgesamt konnten 37 Stoffe identifiziert werden, die an die Hauptprotease binden.

Trotz der durch COVID-19 verursachten Einschränkungen gelang es in 2020 den Nutzer/innenbetrieb mit Einschränkungen aufrechtzuerhalten und auch die Entwicklung der Anlagen weiter voranzutreiben.

Facility Topic Photonen: Um den Einschränkungen durch die COVID-19-Pandemie entgegenzuwirken, wurden an den Photonen-Quellen enorme Anstrengungen unternommen, Mail-In-Dienste, Staff-assisted Experiments sowie Remote Access Services aufzubauen. An BESSY II wurde das neue Russisch-Deutsche Undulator-Strahlrohr U125/II-PGM 2019 erfolgreich in Betrieb genommen und steht nun seit Beginn 2020 den deutsch-russischen Kooperationsgruppen sowie der allgemeinen Nutzerschaft zur Verfügung. An PETRA III wurde der Ausbau weiterer Strahlführungen in den Experimentierhallen vorangetrieben.

Facility Topic Neutronen: Der *Conceptual Design Report* für eine neuartige beschleunigergetriebene Neutronenquelle (HBS) wurde veröffentlicht und die weitere Zusammenarbeit innerhalb Helmholtz durch eine Förderung im Rahmen des Innovationspools gestärkt. Die Entwicklung und Konstruktion der Instrumente für die Europäische Spallationsquelle ESS schreitet zügig voran. Die neuen Büro- und Laborgebäude am Heinz Maier-Leibnitz Zentrums (MLZ) wurden in Betrieb genommen und der Zusammenarbeitsvertrag zwischen der Technischen Universität München, dem FZJ und dem HZG finalisiert.

Facility Topic Ionen: Im Jahr 2020 wurden mehrere Upgrades und Erweiterungen der IBC-Anlagen durchgeführt, um auf dem neuesten Stand bzgl. Technik und Nutzerfreundlichkeit zu bleiben. Ein Schwerpunkt war die Wiederaufnahme und Erweiterung der AMS am Ionenstrahlzentrum und der weitere Aufbau des Labors für die Modifikation und Analytik von Materialien mittels niederenergetischer Ionen.

Facility Topic Höchste elektromagnetische Felder: Neben der Fortführung der Arbeiten zu gepulsten Magnetfeldern an der Helmholtz International Beamline for Extreme Fields (HIBEF) am European XFEL, konnte das HLD zwei EU-Projekte zur langfristigen Weiterentwicklung der Infrastruktur einwerben.

4. Bericht aus dem Programm Matter and Technologies (Sprecher: Dr. Ties Behnke)

Das Programm MT, gestartet mit dem Beginn der dritten PoF-Periode, entwickelt in den Bereichen Beschleuniger- und Detektorforschung neue Technologien, die es dem Forschungsbereich Materie ermöglichen Spitzenforschung zu betreiben. Eine enge Zusammenarbeit mit den anderen beiden Materie-Programmen MU und MML ist dabei für den Erfolg aller drei Programme von großer Bedeutung. Die Helmholtz-Zentren DESY, HZDR, HZB, FZJ, GSI (mit den Helmholtz-Instituten HI Jena und HIM) und KIT sind an MT beteiligt.

Das Topic "Accelerator Research and Development (ARD)" gliedert sich in die vier Unterthemen: Superconducting RF Science and Technology, Concepts and Technologies for Hadron Accelerators, Picosecond and Femtosecond Electron and Photon Beams und Novel Acceleration Concepts. Somit umfasst ARD einen weiten Themenkomplex beginnend mit der Forschung zur Verbesserung existierender Beschleunigerkonzepte bis hin zur Entwicklung neuartiger Beschleunigertechnologien wie der Plasmabeschleunigung. Durch die Inbetriebnahme des ARES-Linac steht ARD nun eine weitere wichtige Testinfrastruktur zur Verfügung. Mit den Arbeiten zu ATHENA, einer verteilten Forschungsinfrastruktur zur Entwicklung neuartiger Beschleuniger und deren Anwendung, wird eine weitere wichtige Grundlage gelegt um die Zusammenarbeit zwischen den an ARD beteiligten Zentren für die Zukunft weiter zu stärken. Auch bei der Etablierung von SRF Infrastruktur konnten im Berichtsjahr enorme Fortschritte, insbesondere im Bereich der Photoinjektoren und der Kryoinfrastruktur, erzielt werden. Bei den Hadronbeschleunigern konnten wichtige Fortschritte im Bereich schnell gerampter supraleitender Magnete, im Verständnis der Pumpeigenschaften kryogener Oberflächen und deren Interaktion mit „warmer“ Umgebung sowie der Weiterentwicklung neuer Strippertechnologie erzielt werden. Die Testanlagen erzielten wegweisende Ergebnisse u. a. in Bezug auf Energiestabilität, Synchronisation, und Schaltgeschwindigkeit der Polarisierung von Undulatorstrahlung. Kernthema im Bereich der neuen Beschleunigertechnologie waren die Entwicklung und Anwendung angepasster Laser-, Plasma- und Teilchenstrahldiagnostiken. Als besondere Erfolge der Plasmabeschleunigertechnologie sind der erste kontrollierte Elektronenstrahlbetrieb über 24h und das reproduzierbare Erreichen von Protonenenergien jenseits der 60 MeV zu nennen.

Das Topic "Detector Technologies and Systems (DTS)" teilt sich in die drei Unterthemen Sensors, ASICs and Interconnects, Data Transmission and Processing und Detector Systems. In diesen Unterthemen werden die Entwicklung von Detektoren, deren Sensoren und Auslesesysteme, Prototypenbau sowie die Auslese und Verarbeitung der Detektordaten vorangetrieben. Damit legt DTS die Grundlage für den Erfolg der jetzigen und zukünftigen Forschungsanlagen im Forschungsbereich Materie. In allen Unterthemen von DTS konnten im Berichtsjahr enorme Fortschritte erzielt werden. Neue Sensortechnologien für leistungsfähige Detektoren mit vielfältigen Anwendungen konnten entwickelt und getestet werden. Die Entwicklung von photonischen Bauteilen zur Kopplung von hochauflösenden Detektoren mit der nachfolgenden Datenauswertung ist erfolgreich weitergeführt worden. Für die online Datenverarbeitung von großflächigen Detektorsystemen konnte ein leistungsfähiges DAQ Board mit 120 optischen Verbindungen und Datenraten von 6 Tbit/s entwickelt werden. Mehrere in DTS entwickelte Detektor-Systeme konnten im Betriebsjahr erfolgreich getestet werden und werden teilweise bereits in Experimenten z.B. bei PETRA III und FLASH eingesetzt. Für die beantragte verteilte Detektorinfrastruktur „Helmholtz Distributed Detector Laboratory (DDL)“ wurde eine zentrenübergreifende Initiative der Technologietransferabteilungen am DESY, GSI und KIT gegründet, um über die einzigartigen Möglichkeiten von DDL zu informieren und eine nachhaltige Verbindung mit der Industrie herzustellen.

Eine wichtige Rolle spielten im Berichtsjahr die Vorbereitungen für die Einführung eines dritten Topics „Data Management and Analysis (DMA)“ mit dem Beginn der vierten PoF-

Periode. Mithilfe der drei Unterthemen The Matter Information Fabric, The Digital Scientific Method und The Digital Experiment and Machine wird sich DMA mit der Bewältigung der Herausforderungen beschäftigen, die durch die immer größer werdenden Datenmengen der Beschleuniger und der in Materie durchgeführten Experimente entstehen. DMA verbindet viele Themen aus anderen Topics und Programmen und hat auch darüber hinaus enge Verbindungen, insbesondere zum Helmholtz-Inkubator „Information & Data Science“, dem Forschungsbereich Schlüsseltechnologien (künftig Information) und zu nationalen und europäischen Initiativen. Mit dem Forschungsbereich Schlüsseltechnologien (künftig Information) wird derzeit eine Cross-Cutting Activity aufgebaut, die sich mit den Themen Exascale Computing, Quantum Computing und Künstlicher Intelligenz mit großen Datenmengen beschäftigt.

Die durch MT-initiierten Innovationspool-Projekte PLASMED-X und AMALEA konnten im Berichtsjahr erfolgreich beendet werden. Außerdem konnten für die Förderperiode 2021-2023 drei neue Innovationspool-Projekte von MT angeworben werden: Tangerine, ACCLAIM und InnovEEA.

Aufgrund der COVID-19-Pandemie konnten viele MT-Veranstaltungen im Berichtsjahr nur virtuell stattfinden. Das MT-Jahrestreffen wurde deshalb nicht wie geplant am FZJ, sondern vollständig virtuell abgehalten. Mit der Teilnahme von über 220 WissenschaftlerInnen aus MT und vielen hochqualitativen Vorträgen sowohl von etablierten als auch von MT-Nach Nachwuchswissenschaftler/innen war das Jahrestreffen trotz der Umstände sehr erfolgreich.

A.2.3.1.3 Beiträge zum Aufbau internationaler Forschungsinfrastrukturen

1. Beiträge zum European XFEL und zu FAIR

1.1. Der Beschleuniger für den European XFEL

Betriebsstatus

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. Der komplexe, gleichzeitige Betrieb von bis zu drei Experimenten ist mittlerweile gut etabliert. Mit der erfolgreichen Inbetriebnahme des sogenannten *Self-Seeding*s an SASE2 und des gleichzeitigen FEL Betriebs mit zwei unterschiedlichen Photonenenergien an SASE3 wurden 2020 die experimentellen Möglichkeiten nochmals erweitert.

Wissenschaftliche Highlights

Der European XFEL dient einer vielfältigen weltweiten Nutzer/innengemeinschaft. 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. Das Programm MT beteiligt sich bei technischen Entwicklungen, z.B. Detektoren und Datenmanagement.

Die Serielle Femtosekunden Kristallographie (SFX) hat sich zu einer herausragenden Methode an allen Röntgen-FEL-Anlagen zur Lösung von schwierigen Proteinkristallstrukturen und für dynamische Studien mit einer Zeitauflösung im Femto-Sekundenbereich entwickelt. Die hohe Pulswiederholrate, die am European XFEL zur Verfügung steht, erlaubt die Messung von Datensätzen in viel kürzerer Zeit bei geringerem Probenverbrauch. In Kombination mit dem „Adaptive Gain Integrating Pixel Detector (AGPID)“, der Tausende von Beugungsbildern pro Sekunde aufzeichnet, und Flüssigkeitsdüsen, die Kristalle schnell durch den Strahl bewegen, sind neuartige effizienten Probenzuführungssysteme möglich, die in Zukunft einen noch geringeren Probenverbrauch pro Struktur versprechen.

Besondere Vorkommnisse

Der Betrieb des European XFEL Beschleunigers wurde 2020 wesentlich von den durch DE-SY und European XFEL ergriffen Maßnahmen beeinflusst, die zur Verzögerung der Ausbreitung des Corona-Virus und zur Sicherung der technischen Infrastruktur für den eventuellen Fall eines umfassenden Lock-Downs ergriffen wurden. Trotz dieser schwierigen Bedingungen konnten fast 50% der geplanten Nutzer/innenbetriebszeiten realisiert werden.

Im Rahmen des SFX-Konsortiums wurde ein neues System das extreme schnelle Scannen von Proben in Betrieb genommen. Für das „Heisenberg Resonant Inelastic X-ray Scattering (hRIXS) Konsortium“ wurde das Spektrometer geliefert, das nun in Inbetriebnahme befindet. Das „Helmholtz International Beamline for Extreme Fields (HIBEF)“-Konsortium hat mehrere Instrumentierungen, u.a. zentrale Lasersysteme, implementiert, so dass die Bedingungen geschaffen sind für mehrere im Jahr 2021 geplante Experimente der Nutzer/innengemeinschaft.

1. 2. Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR)

Baustatus

Im Jahr 2020 ist das FAIR-Projekt in allen Bereichen weiter vorangekommen, obwohl die weltweite COVID-19-Krise seit Anfang 2020 die Aktivitäten beeinträchtigt hat. Die Auswirkungen waren vor allem, dass viele FAIR-Lieferanten gezwungen waren, ihre Werkstätten vorübergehend zu schließen oder die Produktion zu verlangsamen.

Ein zentraler Fortschritt im Jahr 2020 war die Vergabe der Bauarbeiten für die Gebäude im südlichen Bereich des FAIR-Projekts, woraufhin bereits mit der Einrichtung der Baustelle und den Vorbereitungsaktivitäten, so z.B. mit den Aushubarbeiten, für den Bau begonnen werden konnte. Zudem schreiten die Bauarbeiten im Bereich Nord nach Anpassung an die COVID19-Situation voran. Auch hier gab es wichtige Erfolge, wie z.B. die Fertigstellung aller Aushubarbeiten wie auch des Anschlusses an den GSI-Gebäudekomplex. Zudem lag der Fokus des Teams der „FAIR Side and Building (FSB)“ auf der Detailplanung der Gebäudeausrüstung für die technischen Gebäude in den beiden Bereichen Nord und Süd. Hierzu führte das FSB-Team eine 3D-Modellierungs-Technologie ein, um den detaillierten Entwurfsprozesses zwischen allen beteiligten Unternehmen zu koordinieren.

Trotz der COVID-19-Situation konnten auch im Beschleunigerbereich wichtige Meilensteine erreicht werden. Beispielsweise die Lieferung von 36 Power-Convertern für die Hochenergiestrahlführung und der Steerer-Magnete durch ECIL (Indien); die Lieferung von zwei SIS100 Injektions-Septum-Magneten durch die Firma Danfysik und der Aufbau der ersten Serie von Dipolmagneten für den CR-Speicherring durch BINP (Russland). Zudem wurden die ersten BPM-Module für den HESR-Speicherring zum FZJ geliefert und mit der Vermessung der Leistungswandler für die Sextupol- und Steerer-Magnet (rumänischer *in-kind*-Beitrag) begonnen. Auch erfolgte der Aufbau des Pick-Ups für die stochastische Kühlung und seine Vorbereitung für Integration und Test mit Strahl an COSY (FZJ).

Bei den Experimentkollaborationen stand erneut die Konstruktion und Test der Instrumentierung im Zentrum der Aktivitäten, und wichtige Meilensteine konnten auch hier erreicht werden. Für die HED@FAIR APPA Kollaboration konnten die PRIOR-II-Magnete (Protonenmikroskope) geliefert werden und der Site-Acceptance-Test wurde erfolgreich durchgeführt. Zudem konnte im Rahmen des Mini-CBM-Experiments erfolgreich die Datenaufnahme für alle CBM-Detektor-Subsysteme getestet werden, die von der CBM Triggerlosen-Streaming DAQ-Kette ausgelesen wird. Der elektrische Vorserienkühler von NUSTAR DEGAS wurde geliefert und erfolgreich getestet. Für das PANDA Barrel DIRC wurden 106 von 112 Quarzstäben geliefert und werden gegenwärtig bei GSI einer Qualitätsprüfung unterzogen.

Wissenschaftliche Highlights

Die wissenschaftlichen Aktivitäten konzentrierten sich auf Experimente im Rahmen des FAIR Phase-0 Programms, für das trotz der Beeinträchtigungen durch die COVID-19-Pandemie die Beschleunigeranlage der GSI wie geplant vollumfänglich zur Verfügung stand. Tatsächlich gelang es ca. 2/3 der für die Strahlzeit in 2020 geplanten Experimente durchzuführen, wobei auch der Fragmentseparator FRS wie auch der Speicherring ESR nach langjähriger Unterbrechung wieder den Experimenten zur Verfügung standen. Auch gelang erstmalig die Inbetriebnahme des CRYRING@ESR mit Strahlen vom ESR (CRYRING ist ein Schwedischer *in-kind*-Beitrag für FAIR). Obwohl die Datenanalyse der durchgeführten Experimente noch nicht abgeschlossen ist, kann bereits festgestellt werden, dass wesentliche wissenschaftliche Meilensteine erreicht werden konnten. Beispielsweise gelang es am FRS durch Einsatz einer neuen Technik, die Massen und Lebensdauern gestoppter, exotischer Nuklide breitbandig und hocheffizient zu vermessen. Am ESR wiederum konnte erstmals der gebundenen β -Zerfall von wasserstoffartigem $^{205}\text{Ti}^{81+}$ in $^{205}\text{Pb}^{82+}$ nachgewiesen und vermessen werden, ein Prozess der von großer astrophysikalischer Relevanz ist.

A.2.3.1.4 Strategische Themen

1. Nachwuchsförderung

DESY

Im Jahr 2020 hat sich DESY erfolgreich um Helmholtz-Fördermittel zum Aufbau eines neuen Career Centers für Postdocs (COAST) beworben. COAST ist am 01. April 2020 gestartet und hat alle Services fast durchgängig virtuell aufgebaut. Mit der Karriereberatung, Trainings und Netzwerkangeboten in virtuellen Formaten bietet COAST den rund 250 Postdocs bei DESY versierte Unterstützung für eine professionelle Karriereplanung.

Im Rahmen des Helmholtz-Nachwuchsgruppenprogramms war Dr. Andrea Trabattoni mit seinem Vorschlag "Time-resolved spectroscopy of photo-induced electron dynamics in nuclear transitions" erfolgreich.

FZJ

Das JCNS hat das Tasso Springer Fellowship gestartet, um junge Promovierende und Postdocs zu fördern. Neben dem Neutronenpraktikum hat das Tasso Springer Fellowship das Ziel, die nächste Generation herausragender ForscherInnen auszubilden und den Nachwuchsforscher/innen die Möglichkeit zu geben, ihre wissenschaftliche Exzellenz weiterzuentwickeln. 2020 wurden insgesamt 10 junge Wissenschaftler/innen im JCNS in das Programm aufgenommen.

GSI

In dem inzwischen etablierten GET_INVolved Programm von GSI/FAIR verbrachten trotz der COVID-19-bedingten Reisebeschränkungen 48 junge Wissenschaftler/innen einen For-

schungsaufenthalt in Darmstadt. Auch in der Graduiertenschule der GSI HGS-HiRe for FAIR blieb die Zahl der eingeschriebenen Promovierenden auf dem hohen Vorjahresniveau von rund 300 Absolvent/innen.

Als neue Maßnahmen im Rahmen der Nachwuchsförderung sind die Einwerbung des EU-Innovative Training Networks „Laser Ionization and Spectroscopy of Actinide Elements“ zur Förderung von Promovierenden u.a. durch GSI, HIM und die Universität Mainz sowie die Gründung der „BMBF International Joint FAIR/GSI-JINR School“, die einmal im Jahr etwa 40-50 jungen Forschenden aus den FAIR/JINR Mitgliedstaaten für 10-14 Tage die Möglichkeit eröffnen soll, in die Forschungsgebiete von JINR/NICA und GSI/FAIR einzutauchen.

Weiterhin hat die GSI im vergangenen Jahr ein Programm gestartet, um junge Wissenschaftler/innen bei der Einwerbung von Drittmitteln zu unterstützen. Dabei liegen die Schwerpunkte auf Hilfe bei der Beantragung von ERC Starting Grants durch Schulungen und Coachen durch erfahrene WissenschaftlerInnen und der Einwerbung von Drittmitteln im Rahmen von Marie Skłodowska-Curie Individual Fellowships. Bei Letzterem werden sowohl junge Postdocs der GSI unterstützt, die einen Forschungsaufenthalt im Ausland anstreben, als auch internationale Wissenschaftler/innen, die an die GSI wollen.

HZB

Das 2019 am HZB gegründete Postdoc Office hat seine erfolgreiche Arbeit weiter ausgebaut. Neben einer steigenden Nachfrage an individuellen Beratungsgesprächen wurde auch großes Interesse an einem Leadership-Programm verzeichnet. Vorbereitend auf das neue Topic DMA wurde die erste „HZB Machine Learning Summer School 2020“ als Hybrid-Veranstaltung mit 62 Teilnehmenden aus 12 verschiedenen Institutionen ausgerichtet.

Dr. Raphael Jay hat den Carl-Ramsauer-Preis der der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin für seine Arbeit „Principles of charge distribution and separation: The case of iron complexes probed by X-ray spectroscopy“ erhalten.

KIT

Dr. Johannes Steinmann erhielt den Frank-Sacherer-Preis der European Physical Society Accelerator Group. Dieser wird an eine Person am Anfang ihrer Karriere verliehen, die in jüngster Zeit einen bedeutenden Beitrag auf dem Gebiet der Beschleuniger geleistet hat. Dr. Steinmann erhielt den Frank-Sacherer-Preis für seinen bedeutenden Beitrag zur Entwicklung und Demonstration von ultraschnellen Beschleunigerinstrumenten unter Verwendung der THz-Technologie, die das Potenzial haben, den Bereich der Elektronen-Bunch-by-Bunch-Diagnostik maßgeblich zu beeinflussen.

Junge Nachwuchswissenschaftler/innen haben am KIT mit dem „Young Investigator Group Preparation Program (YIG Prep Pro)“ die Möglichkeit, frühzeitig und strukturiert ihre wissenschaftliche Karriere als zukünftige Gruppenleiter/innen vorzubereiten. Im Programm MML wurde Dr. Evelina Ametova in das kompetitive YIG Prep Pro Fellowship for KIT Postdocs aufgenommen. Weiterhin konnte über diese Initiative im Umfeld des Programms MU in 2020 drei aussichtsreiche Nachwuchswissenschaftler/innen für das KIT gewonnen werden. Alle drei wählten die Förderschiene YIG Prep Pro Remote Fellowship for International Postdocs. Dr. Ana Martina Botti forscht derzeit am Fermi National Accelerator Laboratory in Kooperation mit Wissenschaftler/innen des MU-Topics „Matter and Radiation from the Universe“, ebenso Dr. Dennis Soldin an der University of Delaware und Dr. Sebastian Baum an der Stanford University.

Dr. Go Mishima (KIT) wurde mit der *Particle Physics Medal: Young Scientist Award in Theoretical Particle Physics* ausgezeichnet. Dieser Preis wurde von der Abteilung für Teilchenphysik der Japanischen Physikalischen Gesellschaft verliehen. Er honoriert die Leistungen

von Dr. Mishima im Zusammenhang mit einer neuen Technik zur Berechnung von Feynman-Diagrammen mit mehreren Skalen, die er entwickelt hat.

2. Chancengleichheit

Alle 19 Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft verabschiedeten 2020 eine Leitlinie zur Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses von Diversität, Inklusion und diversitätssensibler Organisationskultur. In großen Forschungsinfrastrukturen wie in denen des Forschungsbereichs Materie, mit starken internationalen Kooperationen, ist Zusammenarbeit mit unterschiedlichen Menschen und Kulturen schon lange gelebte Vielfalt. Mit der Helmholtz-Leitlinie werden nun Rahmenbedingungen geschaffen, um Vielfalt und Inklusion in allen den Prozessen, Strukturen und Gegebenheiten der Zentren abzubilden.

DESY

DESY hat mit dem Stiftungsrat entschieden, u.a. Diversität und Nachhaltigkeit neu in die Präambel der Stiftungssatzung aufzunehmen. Ziel ist es, allen Mitarbeiter/innen von DESY eine optimale Entwicklung ihrer Talente zu ermöglichen. Erste Aktivitäten in Zeuthen und Hamburg sind nach einer Bestandsaufnahme bereits gestartet.

Dr. Sadia Bari wurde für die Förderung von Erstberufungen exzellenter Wissenschaftlerinnen (W2/W3) aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft mit dem Projekt „Probing the dynamical local structure of isolated to solvated proteins with advanced light sources“ ausgewählt.

Künftig wird mit Prof. Dr. Freya Blekman eine international sehr renommierte Wissenschaftlerin bei DESY (und an der Universität Hamburg) tätig sein. Sie erhielt eine Förderung aus dem „Helmholtz Distinguished Professorship – Förderung der Rekrutierung internationaler Spitzenwissenschaftlerinnen (W3)“-Programm und ist im Programm MU angesiedelt.

FZJ

Dr. Ina Lommatzsch vom JCNS ist seit Anfang 2020 die neue Leiterin des User Offices des Heinz Maier-Leibnitz Zentrums, welches bisher immer von männlichen Wissenschaftlern geleitet wurde.

HZB

Das HZB durchläuft seit 2020 als erste außeruniversitäre Forschungseinrichtung das Diversity-Audit des Stifterverbandes. Am HZB wurde eine gemeinsame Forschungsgruppe „Combined X-ray methods at BLIX and BESSY II - SyncLab“ unter der Leitung von Prof. Birgit Kanngießer etabliert. Dr. Renske van der Veen wurde für die Förderung von Erstberufungen exzellenter Wissenschaftlerinnen (W2/W3) aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft mit dem Projekt „Electrons and X-rays for Unraveling Atomic-Scale Dynamics in Light Energy Conversion“ ausgewählt.

KIT

Das KIT strebt an, junge Frauen gerade zu Beginn ihrer akademischen Karrieren zu fördern und hat sich deshalb zum Ziel gesetzt, in allen koordinierten Programmen für Postdocs mindestens 40% Frauen zu fördern, z.B. im Young Investigator Group Preparation Program oder in Programmen anderer Fördergeber. Im Rahmen des Helmholtz-OCPC Postdoc Programms konnten am KIT im Jahr 2020 zwei WissenschaftlerInnen aus China, Dr. Jinyu Zhu und Dr. Chao Zhang, ihre Forschungsarbeiten im Programm MU aufnehmen.

2020 erhielt das KIT bereits zum vierten Mal in Folge das Zertifikat „audit familiengerechte Hochschule“ für weitere drei Jahre.

3. Vernetzung

DESY

Im Februar 2020 startete das von DESY koordinierte Projekt CREMLINplus als Nachfolgeprojekt von CREMLIN. Das Konsortium vereint 35 Partner, 10 davon aus Russland und 25 aus der EU sowie assoziierten Ländern und erhält über die gesamte Laufzeit von vier Jahren ein Budget von 25 Mio. Euro, davon 4,3 Mio. Euro für die Forschung mit Neutronen. Das Projekt baut auf den Erkenntnissen und Empfehlungen seines Vorläufers auf und besteht aus drei Säulen: 1. Förderung der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit europäisch-russischer Teams an analytischen und physikalischen russischen Großforschungsprojekten, 2. Entwicklung eines Zugangsverfahrens zu russischen Großforschungsanlagen anhand eines klar definierten Kriterienkatalogs und 3. Trainings- und Ausbildungsprogramm für russische und europäische Manager an Großforschungsanlagen.

Im Topic „Matter and Radiation from the Universe“ wurden die Aktivitäten im internationalen Netzwerk „Absolute neutrino mass from nuclear beta decay and electron capture“ erfolgreich weitergeführt. So fand im Februar 2020 am ECT* in Trento in Italien der 3. Internationale Workshop zur direkten Neutrinomassenmessung statt. Im Rahmen des European Innovative Training Networks, eine Marie-Sklodowska-Curie-Maßnahme, konnte am 01. Oktober 2020 das Projekt „Hunting Invisibles: Dark sectors, Dark matter and Neutrinos (HIDDeN)“ mit Beteiligung des KIT starten.

Im Projekt „Helmholtz International Laboratory on Reliability, Repetition, Results at the most advanced X-ray Sources (HIR3X)“ haben sich DESY und das US-Beschleunigerzentrum SLAC zusammengetan, um Techniken und Verfahren zu entwickeln, um die Zuverlässigkeit und die Effektivität von wissenschaftlichen Anwendung von Röntgenlasern weiter zu erhöhen.

Im Rahmen des europäischen Konsortiums der beschleuniger-basierten Photonenquellen LEAPS wurde 2020 das von der EU geförderte paneuropäische Technologieprojekt LEAPS-INNOV unter Federführung des DESY initiiert. In LEAPS-INNOV geht es um neuartige Konzepte bei Detektoren, Probenumgebungen und Datenmanagement-Systemen.

MDC, DKFZ, und DESY bilden im Rahmen der *Helmholtz Imaging Plattform* eine Kerneinheit, bündeln Expertise zu bildgebenden Verfahren und stellen sie allen Helmholtz-Zentren zur Verfügung. Die erste Ausschreibung und die Auswahl von Projekten fand im Jahr 2020 statt.

FZJ

Im Rahmen der sich im Bau befindenden Europäischen Spallationsneutronenquelle ESS fördert das BMBF neuartige Neutroneninstrumente, die durch FZJ und HZG und durch die TUM entwickelt und gebaut werden. Die insgesamt sieben durch das BMBF geförderten Instrumente werden gemeinsam mit internationalen Partnern realisiert. Bei sechs der Instrumente liegt die Federführung in Deutschland. Für viele große Komponenten wurde das Detailed Design bereits abgeschlossen, entsprechend befinden sie sich im Fertigungs- bzw. Beschaffungsprozess.

Die Vernetzung vom JCNS innerhalb des Forschungszentrums Jülich wurde durch die Gründung des Science Office und des Neutron Simulation Lab weiter verstärkt. JCNS plant eine erweiterte Kollaboration mit dem Institut Ernst Ruska-Center am FZJ, die sich nicht nur auf einer wissenschaftlichen, sondern auch auf der Ebene der Nutzer-Infrastruktur der beiden Institute basieren soll. Eine FZJ Multimethoden Plattform soll entwickelt werden. Das Neutronen Simulation Lab entwickelt Datenanalysemethoden, mit denen JCNS-MitarbeiterInnen und JCNS-NutzerInnen relevante Informationen aus Neutronenstreuungsdaten extrahieren können. Über JCNS hinaus arbeitet das SimLab in Synergie mit anderen Instituten des FZJ,

wie z.B. mit dem Ernst Ruska-Center und dem Jülich Supercomputing Center, z.B. an einem dezentralen Datamanagement-Plan.

Die JEDI-Kollaboration (an COSY) zur Suche nach Elektrischen Dipolmomenten (EDM) geladener Teilchen in Speicherringen und Partner am CERN haben im Rahmen der CPEDM Kollaboration gemeinsam eine Machbarkeitsstudie (Storage Ring to Search for Electric Dipole Moments of Charged Particles – Feasibility Study) abgeschlossen, die zu einer ausdrücklichen Unterstützung der Fortführung des Projekts an COSY in der Aktualisierung der Europäischen Teilchenphysik-Strategie (ESPP Update) geführt hat.

Im Rahmen der Aktivitäten der „League of Advanced European Neutron Sources“ (LENS) wird ein Positionspapier zur Entwicklung der europäischen Neutronenlandschaft erarbeitet. Ein Positionspapier zu beschleuniger-basierten Neutronenquellen wurde unter Federführung des JCNS und des LLB erstellt.

Die „European Association for Low Energy Accelerator-based Neutron Sources (ELENA)“ wurde gegründet. Der Schwerpunkt wird auf der Zusammenarbeit und der Initiierung von Kooperationen sowie Forschung und Entwicklung an beschleunigerbasierten Neutronenquellen in Europa liegen. ELENA wird Aktivitäten und Projekte in diesem Bereich in Europa fördern und zur Entwicklung, Verbesserung und Erweiterung des Ökosystems der europäischen Neutronenanlagen beitragen. JCNS ist Mitglied in ELENA.

GSI

GSI und das Joint Institute for Nuclear Research (JINR) unterzeichneten in Moskau während der Helmholtz-Wintergespräche 2020 ein Kooperationsabkommen zwischen JINR und GSI im Rahmen der Deutsch-Russischen Roadmap. Ziel der Roadmap ist die Ausweitung der Zusammenarbeit beim Bau und der Nutzung großer Forschungsinfrastrukturen in Russland, z.B. bei der Instrumentierung und wissenschaftlichen Nutzung der zukünftigen Beschleunigeranlage Nuclotron-based Ion Collider Facility (NICA) beim JINR in Dubna. Die deutschen Beiträge zu dieser Kooperation werden vom BMBF finanziert und durch GSI ausgestaltet.

Die Helmholtz-Forschungsakademie Hessen für FAIR (HFHF), wurde am 01. Januar 2020 als externe Abteilung der GSI gegründet und wird zu gleichen Teilen vom Land Hessen und der GSI finanziert. In der Akademie arbeiten fünf hessische Institutionen zusammen – die Universitäten Darmstadt, Frankfurt und Gießen, das Frankfurt Institute of Advanced Studies FIAS und GSI. Die wissenschaftliche Ausrichtung der Forschungsakademie fokussiert sich auf die Forschungsgebiete von FAIR: Physik heißer, dichter Materie, Hadronenphysik, Kernphysik und nukleare Astrophysik, Atom-, Plasma- und Angewandte Physik, Beschleunigerphysik und Materialforschung.

HZB

An BESSY II wurde das neue Deutsch-Russische Undulator-Strahlrohr U125/II-PGM erfolgreich in Betrieb genommen und steht nun deutsch-russischen Kooperationsgruppen zur Verfügung.

Die Universität Kassel und das HZB haben ein Joint Lab für „Artificial Intelligence Methods for Experiment Design“ gegründet.

Nach einer sehr erfolgreichen Zwischenevaluation von CALIPSOplus hat das Programmtteam seine Integrationsaktivitäten und das Partnerschafts- und Austauschprogramm intensiv fortgesetzt.

HZDR

Mit ChETEC-INFRA hat das HZDR erfolgreich eine EU Starting Community of Research Infrastructures eingeworben. Die mit 5 Mio. Euro dotierte Kollaboration von 31 Partnerinstitutionen, welches die Vernetzung von kern(astro)physikalischen Labors, Teleskopen und Super-

computern für die Bereitstellung von Zugang zu komplementären Forschungsinfrastrukturen und gemeinsame Projekte in der nuklearen Astrophysik vorantreiben soll, hat eine Laufzeit von vier Jahren. Das HZDR, welches das Projekt koordiniert, bringt hier insbesondere den Zugang zum Untertagelabor Felsenkeller und der AMS am Ion Beam Center des Zentrums ein.

HZG

Der HZG-Wissenschaftler Prof. Dr. Martin Müller wurde als einer der zwei deutschen Delegierten ins ESS-Council, dem obersten Lenkungsgremium der Europäische Spallationsquelle ESS, berufen.

KIT

Zur Stärkung des Technologiestandortes Deutschland auf dem Gebiet der kryogenen Sensoren und kryogener Elektronik wurde das Cryo Sensor & Electronics Consortium zwischen führenden Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie Industrieunternehmen gegründet. Bei den Gründungsmitgliedern handelt es sich um die Universitäten Heidelberg und Jena, das KIT, HI Jena, das Leibniz Institut für Photonische Technologien, die PTB und die Firmen Entropy, Magnicon und Supracon.

Am 09. Dezember wurde der Dr. Andreas Haungs (KIT) zum neuen Vorsitzenden der APPEC General Assembly gewählt. APPEC ist das Europäische Astroteilchen-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.

4. Drittmiteleinwerbungen

Zentrenübergreifende Projekte des Innovationspools Materie

2020 wurden in der zweiten Ausschreibungsrunde aus dem Innovationspool des Forschungsbereichs Materie insgesamt zehn Programm- und Forschungsbereichsübergreifende Projekte gefördert. Die Projekte mit einer durchschnittlichen Laufzeit von drei Jahren werden jährlich zusammen mit ca. 4,5 Mio. Euro ausgestattet. Zusätzlich werden Eigenmittel der Zentren des Forschungsbereichs Materie sowie Mittel von externen Kooperationspartnern in die Projekte eingebracht.

Accelerating Science with Artificial Intelligence and Machine Learning ACCLAIM (DESY, GSI/HI Jena, HZB, HZDR, KIT): Das Innovationspool-Projekt ACCLAIM wird von 2020 bis 2023 gefördert und basiert auf den erfolgreichen Arbeiten des Vorgängerprojekts AMALEA. Es wird innovative Methoden aus den Bereichen der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens für die Entwicklung von lasergetriebenen Plasmabeschleunigern, für vorausschauende Wartung von Beschleunigern und Detektoren sowie zur Analyse von Fehlerursachen nutzen. Neben den ursprünglich in AMALEA beteiligten Zentren DESY, HZB, HZDR und KIT arbeiten in ACCLAIM zusätzlich die GSI und HI Jena mit.

Analysis and Data Centre for Multi-Messenger Astroparticle Physics ADC-MAPP (DESY, KIT): ADC-MAPP wird ein experimentübergreifendes Rechen- und Datenanalysezentrum für die Multi-Messenger-Astroteilchenphysik aufbauen, insbesondere auch für die benötigte Echtzeit-Komponente des Datentransfers und der Analyse. Die Arbeitspakete umfassen dabei *Data Lake* (Vorbereitung eines Demonstrators für ein Astroparticle Data Lake Konzept), *Community Software* (FAIR-Daten-Zyklus für Gammapy und CORSIKA), *Long-Term Data Archive* (Einheitliches Konzept zur Datenarchivierung und Reproduzierbarkeit der Papiere / Doktorarbeiten / Analysen), *Realtime Services* (Einbindung von LSST, IceCube, und Einstein Teleskop in AMPEL) und die Integration vom Einstein-Teleskop in ADC-MAPP. In ADC-

MAPP arbeitet das Programm *Matter and the Universe* eng mit dem Programm *Matter and Technologies* (Topic DMA) und mit dem Forschungsbereich Information zusammen.

Data reduction for photon and neutron science: Data-X (DESY, FZJ, GSI/Hi Jena, HZB, HZDR, HZG, KIT): Das Projekt Data-X adressiert die Herausforderungen, die sich durch die großen Mengen komplexer Daten ergeben, wie sie an modernen Großgeräten gewonnen werden. Ziel ist es, Synergien zwischen den Helmholtz-Zentren zu nutzen, um die Menge der gespeicherten Rohdaten zu reduzieren und gleichzeitig die zugängliche wissenschaftliche Information zu maximieren. Dazu wird das Projekt Echtzeitverarbeitung für Schlüssel Anwendungen in der Photonen- und Neutronenforschung an den beteiligten Helmholtz-Zentren implementieren. Data-X arbeitet eng mit dem Forschungsbereich Information und dem European XFEL zusammen.

Der Einsatz von großen Forschungsinfrastrukturen (FIS) im Kampf gegen epidemische Ausbrüche am Beispiel von COVID-19: FISCOV (DESY, HZB, FZJ, GSI/Hi Jena): Das Projekt FISCOV wird von 2021 bis 2023 aus Mitteln des Innovationspools gefördert. Kern des Projekts ist es, die Stärken und Perspektiven der großen Forschungsinfrastrukturen in Deutschland mit übergreifender Expertise in Physik, Chemie, Materialforschung, Biologie und interdisziplinärer Systemforschung zusammen zu bringen und Synergien zu entwickeln. Die Beteiligten Zentren sind DESY, FZJ, GSI/Hi Jena, HZB aus dem Forschungsbereich Materie, sowie DLR, HMGU, HZDR, HZI, KIT und MDC aus den Forschungsbereichen Information, Gesundheit bzw. Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr.

High current accelerator systems for future HBS/HBS-2 (FZJ, GSI/HIM, HZDR, HZG): HBS-2 ist das Nachfolgeprojekte von HBS (2019 bis 2020) und erforscht die Beschleuniger- und Neutronentargettechnologie zur Entwicklung einer neuen Generation von kompakten, hochbrillianten Neutronenquellen. Es strebt die Realisierung eines Prototyps zur Demonstration der Betriebsfähigkeit einer solchen Großforschungsanlage für zukünftige leistungsfähige Neutronenquellen an. An HBS-2 beteiligt sind das FZJ, GSI/HIM, HZDR und HZG sowie die Universität Frankfurt und die Technische Universität Dresden.

Innovation pool project for Energy Efficient Accelerators InnovEEA (DESY, GSI, HZB, KIT): Im Innovationspool-Projekt InnovEEA arbeiten KIT, DESY, GSI und HZB zusammen an der koordinierten und interdisziplinären Forschung zu energieeffizienten autarken Beschleunigersystemen für anwenderfreundliche und nachhaltige Forschungsinfrastrukturen. Das Projekt adressiert und vernetzt die Themen Kryotechnik, Hochfrequenztechnik und Magnettechnik, die den größten Energiebedarf verursachen, und untersucht die Potentiale eines flexiblen Lastmanagements mit Methoden der künstlichen Intelligenz.

LUXE-Quantum-computing and advanced Experimental Detectors LUXE-QED (DESY, FZJ, GSI (Hi Jena), HZB, HZDR, HZG, KIT): Im Rahmen des LUXE-QED-Innovationspoolprojekts wird die Entwicklung von Diagnostik für die Messung der Intensität von Hochleistungslasern gefördert. Es soll am European XFEL Paar-Erzeugung im Vakuum am Schwinger-Limit im nicht-linearen Regime der QED erforschen. Dies soll durch Entwicklung von Methoden zu einer Messung der absoluten Intensität des Lasers im Fokus mit einer Präzision $< 5\%$ für LUXE führen sowie zur Entwicklung von Algorithmen zur Rekonstruktion geladener Spuren mittels der Nutzung von Quantum Computing in LUXE wie auch später z.B. in LHC-Experimenten.

Materials Dynamics for Future Quantum Technologies: MaDQuanT (DESY, FZJ, GSI, HZDR): In dem Projekt MaDQuanT soll durch die Bündelung der spezifischen Expertisen in den Zentren DESY, FZJ, GSI und HZDR in Kooperation mit HZB aus dem Forschungsbereich Information ein mikroskopisches Verständnis von relevanten Quantenmaterialien, -strukturen, -zuständen und deren dynamische Kopplung entwickelt werden.

Towards Next Generation Silicon Detectors Tangerine (DESY, GSI, KIT): Im Projekt Tangerine arbeiten DESY, GSI und KIT an der Entwicklung von neuen Siliziumdetektoren und Dioden. Ziel ist es, die Orts- und Zeitauflösung der Spurmessung geladener Teilchen für zukünftige Experimente der Kern-, Teilchen- und Astroteilchenphysik sowie für die Bildgebung um mehr als eine Größenordnung zu verbessern.

Variational Quantum Computer Simulations for complex quantum systems and optimization problems VQCS (DESY): Ziel des Innovationspool-Projekts VQCS ist die Durchführung von Simulationen auf existierenden Quantencomputern, etwa bei IBM oder Rigetti, für Modelle aus der theoretischen Hochenergiephysik oder Teilchenspurrekonstruktionen in der experimentellen Teilchenphysik. In VQCS bestehen Kollaborationen mit dem CERN, dem Institut für Quantencomputing in Waterloo, Kanada, dem Cyprus Institut auf Zypern sowie der University of Bath in Großbritannien.

DESY

Mehrere Forschungsprojekte unter Beteiligung von DESY-Forschenden werden in den nächsten vier Jahren von der Europäischen Kommission gefördert: Sie reichen von Innovationsförderung bei Synchrotronstrahlungsquellen und Freie-Elektronen-Lasern bis hin zu Nanotechnologien. Dazu zählt unter anderem das von DESY koordinierte Pilotprojekt LEAPS-INNOV, zur Förderung der Innovation für beschleunigerbasierte Lichtquellen in Europa. Im EU-finanzierten Framework Programme FP8 - Horizon 2020 war der Antrag des AIDAInnova - Konsortiums (46 Partner aus 15 Ländern) erfolgreich. Die Entwicklung von Detektoren an Teilchenphysik-Beschleunigern wird mit 10 Mio. Euro für vier Jahre ab April 2021 unterstützt; DESY stellt den wissenschaftlichen Koordinator. Im Vergleich zum Vorgänger AIDA-2020 sind deutlich mehr industrielle Partner direkt beteiligt.

Weiterhin konnte der DESY-Theoretiker Dr. Frank Tackmann im Jahr 2020 einen ERC Consolidator Grant mit dem Titel „COLORFREE: High-Precision Global Analysis of Color-Free LHC Processes at Small Recoil“ einwerben. Die neue Arbeitsgruppe wird ihre Arbeit am DESY am 01. September 2021 aufnehmen.

Zudem wurde am DESY zusammen mit den Universitäten Hamburg, Regensburg und Tübingen die DFG-Forschergruppe „Next-generation perturbative QCD for hadron structure“ eingeworben.

Die Stadt Hamburg fördert zwei neue Forschungscluster (*Hamburg-X-Projekte*) mit DESY Beteiligung: Das „Center for Data and Computing in Natural Science (CDCS)“ zur Methodenentwicklung um die drastisch wachsenden Datenmengen effektiv und bestmöglich auszuwerten sowie den Cluster „Center for Integrated Multiscale Materials Systems (CIMMS)“ zur Forschung an innovativen Materialsystemen.

FZJ

Der Kooperationsvertrag vom Heinz Maier-Leibnitz Zentrum zwischen den Partnern (FRM II, FZJ und HZG) sowie der Vertrag zwischen ILL und FZJ wurden jeweils für weitere 5+5 Jahre und für weitere sechs Jahre verlängert.

2020 wurde das Projekt „AI for Neutron and X-ray scattering“ aus den Impuls- und Vernetzungsfonds gefördert und gestartet. Das Projekt wird zur digitalen Transformation an den Infrastrukturen beitragen. Ziel des Projekts ist, AI-Methoden und Algorithmen für die Optimierung der Nutzung von Neutronen (sowohl in der Vorbereitung eines Experimentes als auch in der Bearbeitung der Experimentaldaten) zu entwickeln und anzuwenden.

GSI

Die beiden GSI-Physiker Marco Durante und Gabriel Martínez-Pinedo wurden 2020 jeweils mit einem ERC Advanced Grant ausgezeichnet. Ein weiterer ERC Advanced Grant ging an Prof. Dr. Beatriz Jurado vom Centre Etudes Nucléaires de Bordeaux Gradignan (CENBG),

die die Forschungseinrichtungen von GSI/FAIR für die Umsetzung des experimentellen Teils ihres Projektes nutzen wird.

GSI ist an vier Infrastrukturprojekten beteiligt, die erfolgreich EU-Mittel in Millionenhöhe einwerben konnten. In HITRIplus (Heavy Ion Therapy Research Integration plus) wird präklinische und klinische Forschung, sowie die Entwicklung neuer Beschleuniger- und Strahlführungstechnologien zur Tumorthherapie mit Schwerionen gemeinsam mit europäischen Unternehmen, Hochschulen und Forschungslaboren weiterentwickelt werden. Bei dem Projekt „RADiation facility Network for the EXploration of effects for indusTry and research (RAD-NEXT)“ geht es um neue Anwendungen u.a. in den Industriesektoren Raumfahrt, Automobil, Kommunikationstechniken, Medizin und Beschleuniger, die koordinierte und schlanke Strahlen-Testmethoden erfordern. In dem Projekt „Innovation Fostering in Accelerator Science and Technology (I.FAST)“ mit fast 50 Institutionen werden in verschiedenen Themenbereichen neue Entwicklungen im Bereich der beschleunigergestützten Forschungsinfrastrukturen vorangetrieben und innovative Technologien gefördert. Und das Projekt „PRoduction of high purity Isotopes by mass Separation for Medical Application (PRISMAP)“ befasst sich mit Frühphasenforschung für Radiopharmazeutika, zielgerichteter Medikamente gegen Krebs, Theranostik und personalisierter Medizin.

HZB

Mit der BMBF-Förderung zum Projekt „LearnCatSpecs“ steigt das HZB in die Anwendung der künstlichen Intelligenz für die Auswertung großer experimenteller Datenmengen ein.

Das BMBF fördert das Projekt „STOP CORONA“, das den Ansatz verfolgt, neue Medikamente gegen SARS-CoV-2 mittels strukturbasierter Wirkstoffforschung zu entwickeln.

HZDR

Über das EU-Programm INFRADEV, das die Umsetzung einer langfristigen, nachhaltigen Entwicklung von ESFRI-Infrastrukturen (Europäisches Strategieforum für Forschungsinfrastrukturen) unterstützt, hat das Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD) und weitere Partner des EMFL (European Magnetic Field Laboratory) mit SuperEMFL die Finanzierung einer Designstudie für die nächste Generation supraleitender Magneten mit über 40 Tesla eingeworben. Jüngste technologische Fortschritte ebnen den Weg, der eine Implementierung von vollständig supraleitenden Magneten möglich macht. Die neuen Magnete vereinen die Vorzüge der Tief- und Hochtemperatur-Supraleiter-Technologie und werden an den allen EMFL-Standorten zum Einsatz kommen. Die finanzielle Unterstützung für die Entwicklung beträgt 2,9 Mio. Euro über eine Laufzeit von vier Jahren. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung des EMFL wird aus INFRADEV ebenfalls das Projekt ISABEL mit 4,9 Mio. Euro gefördert, welches auch vier Jahre laufen wird.

HZG

Im Rahmen des Verbundprojektes FlexiDS entwickelt das HZG zusammen mit dem KIT und OvGU Magdeburg eine in situ-Probenumgebung für die Untersuchung der gerichteten Erstarrung in Hochtemperaturlegierungen.

Am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum (MLZ) wird eine engere Einbindung in die europäische Neutronenlandschaft durch im Rahmen des bewilligten EU-COFUND-Projekts *Global Neutron Scientists* (GNeuS) kofinanzierte Postdocs mit eigenem wissenschaftlichen Forschungsprogramm vorangetrieben.

KIT

Das Programm MT am KIT hat sich erfolgreich an der Einwerbung einer ganzen Reihe von Europäischen Forschungsvorhaben beteiligt. Hierbei handelt es sich u.a. um die „Future Circular Collider Innovation Study (FCCIS)“ zur Entwicklung eines großen internationalen Elektron-Positron-Colliders der nächsten Generation am CERN, I.FAST, einem langfristig ange-

legten Projekt zur Entwicklung einer neuen und nachhaltigen Beschleunigergeneration und das von der EU finanzierte Projekt LEAPS-INNOV zur Förderung von Innovationen für langfristige Partnerschaften zwischen der Industrie und den europäischen Strahlungsquellen.

5. Wissens- und Technologietransfer

DESY

Neben vielfältigen Forschungsinitiativen zur Bekämpfung der Corona-Pandemie im Bereich der Schnelltest- und Wirkstoffentwicklung wurden auch Software-Lösungen entwickelt. In einem virtuellen internationalen Hackathon-Wettbewerb am Massachusetts Institute of Technology gehörte auch DESY-Postdoc aus der theoretischen Teilchenphysik, Ayan Paul, zu einem der Gewinnerteams der „MIT COVID-19 Challenge 2020“. Das Team entwarf eine Software, die auf KI-Algorithmen basiert und anhand von COVID-19-Kontakten, Erholungsraten von Infizierten, sowie individuellen Benutzerinformationen eine ganz persönliche Risikoabschätzung und Immunitätswahrscheinlichkeit liefert. Auf dieser Basis erfolgt derzeit eine Ausgründung, um die App CoVis in App Stores zu vermarkten.

Resultierend aus dem Projekt Magnetosensoren des Helmholtz-Validierungsfonds ergab sich eine Ausgründungsidee auf Grundlage einer angeschafften Beschichtungskammer, die in erster Linie auf die Herstellung von Magnetosensoren im Industrieformat ausgerichtet ist. Kern der Ausgründungsidee ist es, einen maßgeschneiderten Beschichtungsservice anzubieten. Mit den hochpräzisen Beschichtungen können verschiedenste Materialien funktionalisiert werden. Die Anwendungen sind somit vor allem für die Forschung und Industrie in den Bereichen Optik, Elektronik, Sensorik und Medizintechnik interessant. Nach erfolgreichem Abschluss des *Field Study Fellowships* startet das Spin-off-Programm im Rahmen Helmholtz Enterprise Förderung im Februar 2021, um das Gründungsprojekt umzusetzen.

Das von DESY koordinierte dreijährige Verbundprojekt „SoftWert - Verwertung von wissenschaftlicher Software“ (Partner DZNE, PIK, Universität des Saarlandes) ist im September 2020 gestartet und zielt auf die Entwicklung eines Methodenbaukastens für die Verwertung wissenschaftlicher Software sowie auf passgenaue Verwertungsstrategien für Softwareentwickler sowie Transferbeauftragte. Mithilfe des Projektes soll Software im Bereich der komplexvernetzten Systeme oder der KI in Zukunft z.B. im Rahmen der Pandemievorsorge oder Arzneimittelforschung schneller und zuverlässiger der weiteren Forschung zur Verfügung gestellt oder in die industrielle Anwendung überführt werden. Viele rechtliche Vorgaben erschweren heute die zügige und sichere Nutzung innovativer Lösungen.

EZJ

JCNS hat ein Program Management Document fertiggestellt, in dem die Leitlinien für das Management des Großprojekts Europäische Spallationsquelle ESS dargestellt werden.

Wegen der COVID-19-Pandemie fand der 6. HBS Workshop dieses Jahr vom 17.-18. September 2020 in virtueller Form statt.

GSI

Die Reihe „Wissenschaft für Alle“, in der Nachmittagsvorträge zu aktuellen Themen aus Physik, Chemie, Biologie, Medizin und Informatik seit 1988 für die Öffentlichkeit angeboten werden, lief 2020 als Videokonferenz und erreichte eine ungebrems große Teilnehmer/innenzahl. In der seit 2020 gestarteten Vortragsreihe „Abends bei FAIR“, die in Kooperation mit dem Physikalischen Verein, Frankfurt, gestreamt wird, konnte das Teilnehmendenspektrum aufgrund der Durchführung am Abend nochmals vergrößert werden. Bei beiden Formaten werden Themen rund um Forschung und Beschleuniger von FAIR beleuchtet. Weiterhin beteiligte sich GSI mit Vorträgen und virtuellen Rundgängen durch die Beschleuni-

ger- und Experimentieranlagen an der bekannten Ausbildungsveranstaltung „Saturday Morning Physics“ der Technischen Universität Darmstadt für SchülerInnen in der Oberstufe.

Im Jahr 2020 wurde in Darmstadt die erste „Applied Quantum Conference“ des European Space Operations Centre (ESOC/ESA), GSI/FAIR, und Merck KGaA mit dem Ziel durchgeführt, den nahenden Paradigmenwechsel durch Quantentechnologien zu diskutieren, Lösungen für aktuelle und zukünftige Bedarfe zu adressieren und die künftige Zusammenarbeit von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung zu fördern. Vertreter/innen von Universitäten präsentierten dabei die neuesten Fortschritte aus ihren Laboren und eine ausgewählte Gruppe von Start-ups und etablierten internationalen Firmen demonstrierten Produkte und Ergebnisse dieser Technologielandschaft.

Ein Beispiel für die erfolgreiche Zusammenarbeit von GSI und der Universität Frankfurt ist die Patentierung und Vermarktung des energieeffizienten Konzepts für Supercomputer. Die Basis hierfür bildet das von Prof. Dr. Volker Lindenstruth, Goethe-Universität und damaliger Leiter der wissenschaftlichen IT bei GSI, entwickelte Gesamtkonzept einer stark optimierten Kühlstruktur für energieeffizienteste Großrechenzentren. Damit können Rechenzentren mit einem bis zu 50 Prozent geringeren Primärenergieaufwand betrieben werden. Der Green IT Cube bei GSI wurde mit dieser Technologie erbaut. Die Vermarktungsrechte sicherte sich die Nixdorf Data Center GmbH (NDC), ein Spin-off finanziert aus der Nixdorf Kapital AG. Aus verschiedenen Ländern liegen bereits Anfragen nach der Errichtung solcher Großrechenzentren vor, und derzeit stehen fünf Bau-Projekte in der Pipeline.

HZB

In der HZB Stabsabteilung Technologietransfer und Innovation wurde eine Stelle für Industrienutzung, Analytik und Großgeräte eingerichtet, welche dediziert die Nutzung von BESSY II durch die Industrie fördern soll.

HZB und RI Research Instruments haben mehrere Kooperationsvereinbarungen zu den Themen Hochleistungskoppler, Photokathoden und zugehörige Lasersysteme zur Unterstützung des Technologietransfers von Komponenten supraleitender Beschleuniger abgeschlossen. Kernthema des Projektes ist die Entwicklung eines supraleitenden Hochleistungsselektorenbeschleunigers zur Herstellung von Mo-99/Tc-99m für die Medizin.

Dem HZB wurden mehrere Patente erteilt, darunter ein Probenhalter für den automatisierten Probenwechsel für die Makromolekulare Kristallografie, ein Infrarot-Spektrometer, das die Aufnahme von Spektren im single-shot zeitaufgelösten Modus ermöglicht und ein Verfahren für den Einsatz eines bestimmten AMR Sensortyps in superfluidem Helium für kryogene Beschleunigermodule.

Die Augentumorthérapie am HZB führte zahlreiche Strahlenhärte-tests an Elektronik für die Industrie (Hensoldt, ohb und Micos) durch.

HZDR

Die Methode der Positronen-Lebensdauer-Spektroskopie zur Nano-Strukturanalyse und Materialcharakterisierung am ELBE-Zentrum für Hochleistungsstrahlenquellen am HZDR wird seit 2020 über die HZDR-Innovation GmbH kommerziellen Nutzern zur Verfügung gestellt.

Auch hat das HZDR 2020 ein *Helmholtz Enterprise Field Study Fellowship*, gefördert aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds, eingeworben, in dessen Rahmen eine mögliche Ausgründung der Positronen-Lebensdauer-Spektroskopie untersucht und Kontakte zu Firmen, Universitäten und außeruniversitären Forschungsinstituten hergestellt hat.

In dem Projekt Lighthouse arbeitet das HZDR mit einem internationalen Konsortium zur Entwicklung von Technologien zur beschleuniger-basierten Produktion von Radioisotopen (Mo-99/Te-99) zusammen. Neben Beratungsleistungen wird an ELBE für die an dem Konsortium beteiligte Unternehmen ein Pilotexperiment zur Bestrahlung von Mo-100 Targets mit maxi-

mal zur Verfügung stehend Strahlleistung vorbereitet. Die ersten entsprechenden Experimente sind für 2021 geplant.

HZG

Das EU-Projekt EASI-STRESS startete am 01. Januar 2021 mit dem Ziel, die Eigenspannungsanalyse mit Diffraktionstechniken zu standardisieren, um das Vertrauen der Industrie in diese Methoden zu stärken. Das HZG wird unter anderem einen Round-Robin-Test organisieren und leitet außerdem das Arbeitspaket „Dissemination“.

KIT

Die zentrenübergreifende Initiative der Technologietransferabteilungen am DESY, GSI und KIT „Industrial Links & Liaison @ Helmholtz Distributed Detector Laboratory“ wurde 2020 gegründet. Sie hat das Ziel, über die einzigartigen Möglichkeiten der beantragten Detektorinfrastruktur, das Helmholtz Distributed Detector Laboratory (DDL) zu informieren und eine nachhaltige Verbindung mit der Industrie herzustellen.

Die am KIT in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Bilfinger Noell entwickelte Technologie der Supraleitenden Insertion Devices ist auf dem Markt verfügbar und nachgefragt. Die erfolgreiche Kooperation wird in weiteren gemeinsamen Projekten fortgeführt.

Im Rahmen der Umsetzung der Exzellenz-Maßnahmen des KIT konnten Fördermittel für ein Projekt zur Integration des Karlsruher Neutrino Experiments (KATRIN) in die curriculare Lehre am KIT eingeworben werden (100 TEuro). Mit diesen Mitteln sollen nicht nur Praktikumsversuche nach dem Messprinzip von KATRIN aufgebaut werden, sondern auch Outreach-Materialien zur Vermittlung der Fragestellungen und Arbeitsmethoden aus der experimentellen Neutrinophysik für die breite Öffentlichkeit erstellt werden.

6. Sonstiges

TransFAIR (FZJ/GSI)

Im Rahmen des 2020 begonnenen Projekts TransFAIR ist vorgesehen, das Institut für Kernphysik (IKP-1,-2,-4) des FZJ schrittweise ab dem 01. Januar 2021 mit zugehörigem TransFAIR Budget an die GSI zu transferieren mit dem Ziel der Erhaltung und Verankerung der IKP Kompetenzen bei GSI sowie der Stärkung des FAIR Projektes. Zum 01. Januar 2021 ist die wissenschaftliche Verantwortung für das Programm des IKP an die GSI übergegangen. Zur praktischen Umsetzung haben sich GSI und FZ Jülich darauf verständigt, dass die Mitarbeitenden des IKP möglichst bis zum 31. Dezember 2024, spätestens aber bis zum 31. Dezember 2027 ihre Aufgaben entweder bei GSI oder im Rahmen einer Zusammenarbeit zwischen GSI und einer nordrhein-westfälischen Hochschule durchführen.

A.2.3.1.5 Quantitative Indikatoren

	Einheit	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Veränderung 2020 zu 2019 absolut	Veränderung 2020 zu 2019 prozentual
ISI oder SCOPUS zitierte Publikationen	Anzahl	1.949	2.141	2.024	2.140	2.259	2.298	39	2%
andere referierte Publikationen	Anzahl	155	135	182	206	387	68	-319	-82%
Drittmittelерträge	TEUR	112.714	61.648	59.625	45.533	40.651	40.366	-284	-1%
abgeschlossene Dissertationen	Anzahl	181	197	189	161	160	157	-3	-2%
Nachwuchsgruppen	Anzahl	23	22	25	21	25	21	-4	-16%
ausgewählte koordinierte nationale und intern. Förderprogramme	Anzahl	67	90	115	117	125	135	10	8%
Kooperationen mit der Wissenschaft	Anzahl	1.012	831	746	804	903	893	-10	-1%
Kooperationen mit der Wirtschaft	Anzahl	127	64	62	101	120	147	27	23%
prioritätsbegründende Patentanmeldungen	Anzahl	24	17	20	27	8	24	16	200%
Kapazität der grundfinanzierten Wissenschaftler	PJ	974	998	966	972	1.018	1.043	25	2%
Kapazität der drittmittel-finanzierten Wissenschaftler	PJ	172	154	162	182	176	194	17	10%
Summe Wissenschaftler	PJ	1.147	1.152	1.129	1.154	1.194	1.237	43	4%

Die Anzahl der ISI oder SCOPUS zitierten Publikationen ist im Berichtsjahr wiederum gestiegen (+2%) und erreicht den höchsten Wert innerhalb der Förderperiode (+18% gegenüber dem ersten Jahr der PoF III).

Andere referierte Publikationen sind in allen drei Programmen des Forschungsbereiches aufgrund der geschilderten Pandemie und entsprechenden Nutzerausfällen auf rd. 20% ihres Vorjahresniveaus gesunken.

Die Drittmittelерträge konnten wegen der Laufzeiten und pandemieunabhängiger Antragsverfahren annähernd auf dem Vorjahresniveau gehalten werden (der Rückgang in den Programmen MML (-3%) und MT (-6%) wurde durch den Anstieg im Programm MU (+10%) kompensiert.

Ebenso ist die Anzahl der Kooperationen mit der Wirtschaft erfreulicherweise angewachsen (+23%), wobei die absoluten Zahlen klein sind gegenüber sonstigen Kooperationen und daher solche relativen Schwankungen begünstigen.

Nach starkem Rückgang der prioritätsbezogenen Patentanmeldungen im Vorjahr konnte in 2020 erneut das durchschnittliche Niveau der Programmförderperiode erreicht werden.

Die Kapazität der grundfinanzierten Wissenschaftler/innen ist wie bereits in 2019 wiederum leicht angestiegen. Die -üblichen Schwankungen unterlegene- Kapazität der drittmittelfinanzierten Wissenschaftler/innen stieg in 2020 um 10%.

A.2.3.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich Materie

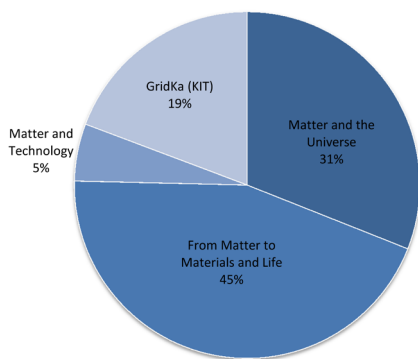
Im Forschungsbereich Materie konzentriert sich das KIT, das an allen drei Helmholtz-Programmen (MU, MML und MT) des Forschungsbereichs beteiligt ist, auf Elementarteilchenphysik einschließlich des Forschungsgroßgeräts GridKa, Astroteilchenphysik mit Neutrinophysik, Suche nach Dunkler Materie und Erforschung kosmischer Strahlung, auf Untersuchungen wie aus kleinsten Bausteinen komplexe Formen und Materialien entstehen, sowie auf die Entwicklung von Detektor- und Beschleunigertechnologien. Das „Grid Computing Centre Karlsruhe (GridKa)“ ist eines von weltweit 13 Tier1-Daten- und Analysezentren zur Bereitstellung der Rechen- und Speicherressourcen für das „Large Hadron Collider (LHC)“-Experiment am CERN. Das KIT ist wichtiger Partner von großen internationalen Experimenten am LHC. Im Rahmen der strategischen Ausbauinvestition „Full Scientific Exploitation of the Large Hadron Collider (LHC)“ bringt das KIT insbesondere seine Expertise auf dem Feld der Detektortechnologie ein. Diese Ausbauinvestition ist dabei in ein kohärentes nationales, europäisches und globales Konzept für Hochenergiephysik eingebettet.

Der „Karlsruhe Research Accelerator (KARA)“ dient einerseits der Erforschung von Beschleunigertechnologien und andererseits als Synchrotronstrahlungsquelle. Der frühere ANKA-Beschleuniger wird für die PoF III-Periode nicht – wie ursprünglich geplant – als Nutzer/inneneinrichtung der Leistungskategorie II, sondern rückwirkend als „normales“ Großgerät in der Leistungskategorie I betrieben.

Im Rahmen des Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft wird derzeit das Zukunftsthema „Plasma Accelerators: Probing the femto-scale dynamics of relativistic plasmas“ für insgesamt drei Jahre gefördert: In diesem Projekt erforschen HZDR (Federführung), DESY, GSI und KIT Plasmabeschleuniger, die es ermöglichen, sehr kompakt und auf engstem Raum mittels Laser- oder Teilchenstrahl sehr hohe elektrische Feldstärken zu erzeugen. Mit dieser Technik könnten in Zukunft herkömmliche Teilchenbeschleuniger durch sehr viel kleinere, kompaktere Anlagen ersetzt und sogar sehr viel größere Teilchenenergien erreicht werden.

Ziel der strategischen Ausbauinvestition „Accelerator Technology HELmholtz iNfrAstructure (ATHENA)“ ist es, neuartige, kompakte Teilchenbeschleuniger für Anwendungen in Wissenschaft und medizinischer Forschung zu entwickeln. Die Forschungs- und Entwicklungsplattform für Beschleunigertechnologien ist eine Zusammenarbeit von sechs Helmholtz-Zentren, darunter das KIT. Gemeinsam sollen zwei Leuchtturmprojekte für kompakte, innovative, plasmabasierte Teilchenbeschleuniger mit hochmoderner Lasertechnologie aufgebaut werden. Mit der Forschung am KIT sollen u.a. erste Anwendungen ultra-kompakter Beschleunigersysteme in den Lebens- und Materialwissenschaften technologisch ermöglicht werden.

Programmanteile des KIT im FB Materie



Anteile des KIT am FB Materie

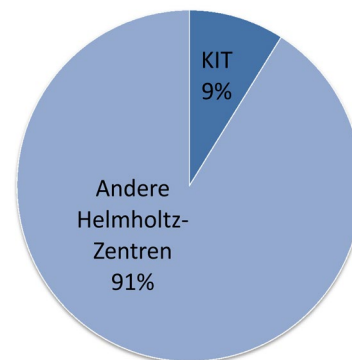


Abbildung 15: Programmanteile des KIT im Forschungsbereich Materie

Matter and the Universe (MU)

Das Programm MU bündelt Forschung aus der Elementarteilchenphysik, der Astroteilchenphysik und aus der Physik der Hadronen und Kerne, die nur in internationaler Zusammenarbeit verschiedener Forschungsinstitutionen durchgeführt werden können. Die Helmholtz-Zentren und Universitäten bilden das Rückgrat dieser Forschungsaktivitäten in Deutschland. Das Programm MU besteht aus den Programmenthemen „Fundamental Particles and Forces“, „Cosmic Matter in the Laboratory“ und „Matter and Radiation from the Universe“. Das KIT ist an zwei von drei Programmenthemen beteiligt. Es bestehen enge inhaltliche und personelle Beziehungen zum Programm „Matter and Technologies“.

Über das Programmenthema „Fundamental Particles and Forces“ ist das Programm MU an Experimenten im Rahmen internationaler Großprojekte wie dem Large Hadron Collider (LHC) am CERN beteiligt. An diesem Topic ist das KIT mit Theorie-Aktivitäten, insbesondere Präzisionsrechnungen, die der Vorbereitung und Interpretation von Experimenten dienen, sowie über das Großgerät der LK II-Kategorie „Grid Computing Centre Karlsruhe (GridKa)“ beteiligt (s. unten).

Im Programmtopic „Matter and Radiation from the Universe“ am KIT werden das Pierre Auger-Observatorium zur Messung von kosmischer Strahlung und das Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment (KATRIN) zur Messung der Neutrinomasse sowie Experimente für die Suche nach Dunkler Materie betrieben und weiterentwickelt. Das KATRIN-Experiment nahm im Frühjahr 2019 seinen Messbetrieb zur Bestimmung der Neutrinomassen auf. Bereits im September 2019 konnte als weltführendes Ergebnis die Obergrenze auf die (Elektron-) Neutrinomasse um einen Faktor 2 auf jetzt $1,1 \text{ eV}/c^2$ verbessert werden.

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 Nutzer/innen. Die drei Forschungsthemen („Research Topics“) bilden das Rückgrat der MML-Forschung und stellen den LK I-Anteil des Programms dar. Das KIT ist an folgenden zwei Forschungsthemen beteiligt: „Materials: Quantum, Complex and Functional Materials“, und „Life Sciences: Building Blocks of Life: Structure and Function“.

Matter and Technologies (MT)

Das Programm MT ist in die zwei Programmenthemen „Accelerator Research and Development“ und „Detector Technology and Systems“ unterteilt.

Die Aktivitäten des KIT auf dem Gebiet Detektortechnologien gruppieren sich um das ASIC- und Detektorlabor (KIT ADL) sowie das Zentrum für Aufbau- und Verbindungstechnologien (AVT) im Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik. Das KIT baut mit der Programmbeteiligung sein Know-how als eines der führenden Zentren für Detektortechnologie, Detektorsysteme, Hochgeschwindigkeitsdatenübertragung und -verarbeitung aus. Anwendungsfelder umfassen physikalische Großexperimente und Beschleunigerinfrastrukturen, aber auch Detektorsysteme in der Industrie und Medizin.

Im Programmenthema „Accelerator Research and Development“ 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.

Das KIT ist an beiden Programmenthemen beteiligt.

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. Zusammen mit den von GSI und DESY betriebenen Tier-2-Zentren stellt GridKa die zentralen Daten- und Analyseressourcen für die LHC-Experimente in Deutschland bereit. Als Tier-1-Zentrum hat GridKa die Verantwortung für ca. 15 % der Rohdaten der LHC-Experimente. Diese werden prozessiert, regelmäßig mit verbesserten Algorithmen und Kalibrationen reprozessiert und langfristig archiviert. Die prozessierten Rohdaten bilden die Basis für die Datenanalyse und damit die Extraktion wissenschaftlicher Erkenntnisse, die bei GridKa und den Tier-2-Zentren stattfindet.

Das bei GridKa betriebene Global Grid User Support (GGUS) Portal, stellt die zentrale technische Infrastruktur für den Nutzer/innen- 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 From Matter to Materials and Life (MML)

A.2.3.3.1 Das Programm im Überblick

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

Das Programm MML 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 zu-

gänglich ist. Zudem werden neue Anwendungsfelder und Möglichkeiten für heutige und zukünftige Nutzer/innen 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 Nutzer/innengemeinschaft 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 Forschungsbereichs Materie und den übrigen Forschungsbereichen der Helmholtz-Gemeinschaft. Auf den Gebieten der Beschleuniger- und der Detektorentwicklung existiert eine enge Verzahnung mit den Programmen „Matter and Technologies“ und „Matter and the Universe“. Durch das Instrument des Innovationspools, das auch über zusätzliche Mittel des BMBF gefördert wird, erfährt die programm- wie auch die forschungsbereichsübergreifende Zusammenarbeit zusätzliche Unterstützung. 2020 war das Programm MML an drei von sieben Innovationspoolprojekten federführend beteiligt. Zudem engagiert sich das Programm MML bei den Querschnittsthemen „Strukturbiologie“ und „Materialforschung - Energieerzeugung“ sowie den Querschnittsverbünden „Medizin und Technik“ und „Large-Scale Data Management (LSDMA)“.

Programmstruktur

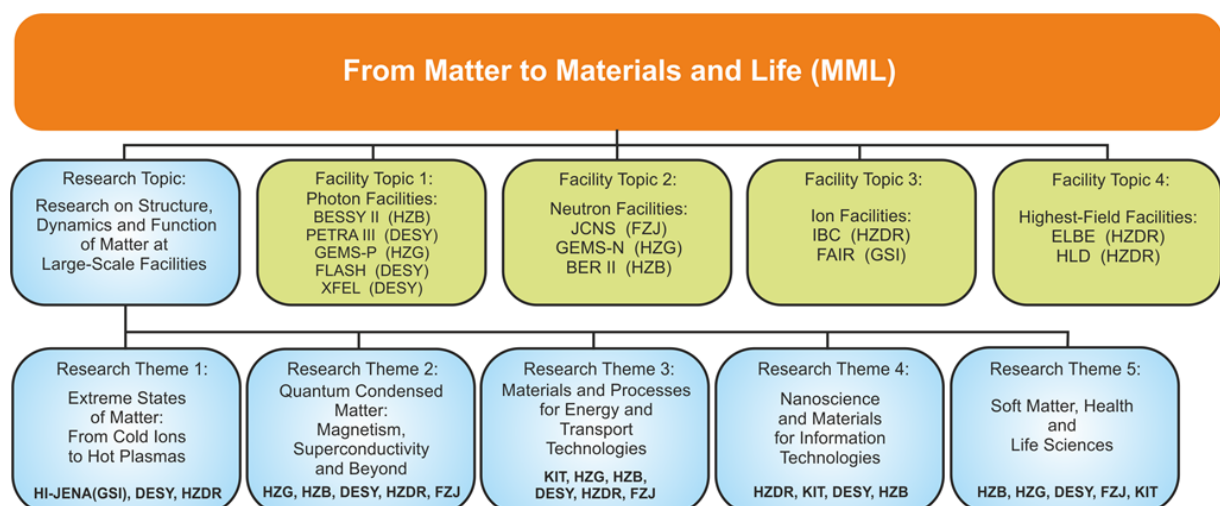


Abbildung 16: Programmstruktur MML

Dem vorliegenden Fortschrittsbericht für 2020, der eine Zusammenfassung der Aktivitäten des Programms für den Übergang von PoF III zu PoF IV wiedergibt, liegt bereits die Programmstruktur zu Grunde, wie sie für die PoF IV vorgesehen ist (siehe obige Abbildung). Um die wissenschaftlichen Herausforderungen verstärkt in den Vordergrund zu stellen und in einer effektiven und fokussierten Weise anzugehen, wurden anstelle eines Forschungstopics mit fünf Themengebieten (PoF III) die folgenden drei Forschungstopics eingeführt:

„Matter: Dynamics, Mechanisms and Control“, „Materials: Quantum, Complex and Functional Materials“ und „Life Sciences: Building Blocks of Life: Structure and Function“. Diese drei neuen Research Topics, kurz „RTs“, bilden somit das Rückgrat der MML-Forschung und stellen die Eigenforschung (LK I-Anteil) des Programms dar (in der obigen Abbildung blau unterlegt). Das Programm ist zudem eng mit dem Betrieb der Forschungsinfrastrukturen (LK II) verbunden, der in vier Gebiete untergliedert ist („Facility Topics“, kurz „FTs“; in der obigen Abbildung grün unterlegt). Die Forschung hier befasst sich mit den wichtigsten wissenschaftlichen und technologischen Herausforderungen, die mit dem Betrieb und der Nutzung der Forschungsinfrastrukturen für Photonen (FT1), Neutronen (FT2), Ionen (FT3) und höchsten elektromagnetischen Feldern (FT4) einhergeht und eine wesentliche Voraussetzung für einen kompetenten Nutzerservice darstellt. Dies schließt auch die Entwicklung neuer Methoden und Instrumentierung ein, die auch den Nutzer/innen zur Verfügung gestellt werden.

Das KIT ist an den folgenden Research Topics (RTs) beteiligt:

RT2: „Materials: Quantum, Complex and Functional Materials“ (Sprecher: Prof. Dr. Joachim Wosnitza)

RT3: „Life Sciences: Building Blocks of Life: Structure and Function“ (Sprecherin: Prof. Dr. Claudia Fournier)

A.2.3.3.2 Programmergebnisse

Wissenschaftliche Ergebnisse

Research Topic: „Materials: Quantum, Complex and Functional Materials“

Am KIT Synchrotron haben Wissenschaftler/innen Mechanismen des Wachstums von Platin-Kontakten, dielektrischen Filmen und multiferroischen Materialien für Spintronic-Anwendungen mittels gepulster Laserabscheidung (PLD) untersucht, um dieses für eine optimierte Funktionalität steuern zu können [1-3]. Die Methodenkombination von zeitaufgelöster in situ Beugung und Kleinwinkelstreuung (GISAXS) am NANO Strahlrohr und komplementärer Labormethoden erlaubt es, eine Vielzahl von Volumen-, Ober- und Grenzflächeneigenschaften epitaktischer Nanostrukturen detailliert zu verfolgen. Da die Optimierung multiferroischer Heterostrukturen und ähnlicher nanoskaliger Materialsysteme ein iterativer Prozess ist, wird über den systematischen Einsatz eines solch umfassenden messtechnischen Portfolios vor Ort eine substanzielle zeitliche Verkürzung der Entwicklungsschleifen erreicht.

Weiterhin hat ein Team die X-SPEC Beamline, eine Spektroskopie-Beamline mit weltweit einzigartigem Energiebereich, entwickelt, gebaut und in Betrieb genommen [4]. X-SPEC kombiniert weiche und harte Röntgenstrahlung in einer einzigen Beamline am KIT, so dass die identische Probe mit einem Energiebereich von 70 eV bis 15 keV mit hohem Photonenfluss untersucht werden kann. Es stehen dabei eine Reihe von Spektroskopietechniken zur Verfügung: Röntgenabsorptions- und Emissionsspektroskopie (XAS, EXAFS und XES), resonante inelastische Röntgenstreuung (RIXS), Photoelektronenspektroskopie im weichen (PES) und harten (HAXPES) Röntgenbereich. Diese Techniken erlauben unter anderem einzigartige Einblicke in angewandte Materialsysteme, wobei X-SPEC insbesondere für in situ und operando Untersuchungen optimiert ist.

[1] **S. Bauer, A. Rodrigues**, X. Jin, R. Schneider, E. Müller, D. Gerthsen, **T. Baumbach**, Cryst. Res. Technol. **55**, 1900235 (2020).

[2] V. Holý, **S. Bauer, A. Rodrigues**, L. Horák, X. Jin, R. Schneider, **T. Baumbach**, Phys. Rev. B **102**, 125435 (2020).

[3] **S. Bauer, A. Rodrigues**, L. Horák, **B. Nergis**, X. Jin, R. Schneider, R. Gröger, **T. Baumbach**, V. Holý, Langmuir **37**, 734 (2021).

[4] L. Weinhardt, R. Steininger, D. Kreikemeyer-Lorenzo, S. Mangold, D. Hauschild, D. Batchelor, T. Spangenberg, C. Heske, J. Synchrotron Rad. 28, 609-617 (2021).

Research Topic: „Life Sciences: Building Blocks of Life: Structure and Function“

Großserien biologischer Proben wurden mit Mikrotomographie digitalisiert. Ein entscheidender Teil der Analyse ist die Segmentierung der einzelnen Organe eines Organismus. Gemeinsam mit Projektpartnern wurde eine leicht zu bedienende Open-Source Online-Plattform für die semi-automatische – und damit verbesserte und beschleunigte – Segmentierung von 3D-Daten entwickelt. Die Plattform ermöglicht darüber hinaus das Training künstlicher neuronaler Netze zur weiteren Beschleunigung der Segmentierung großer Probenserien. Dadurch rückt die Möglichkeit einer vollständig automatisierten Segmentierung der Volumendaten für große komparative Studien in breiten wissenschaftlichen Feldern der Lebenswissenschaften in greifbare Nähe [1].

[1] Lösel, P.; van de Kamp, T.; Jayme, A.; Ershov, A.; Faragó, T.; Fichler, O.; Tan Jerome, N.; Aadepu, N.; Bremer, S.; Chilingaryan, S.; Heethoff, M.; Kopmann, A.; Odar, J.; Schmelzle, S.; Zuber, M.; Wittbrodt, J.; Baumbach, T.; Heuveline, V.: Introducing Biomedisa as an open-source online platform for biomedical image segmentation. Nature Communications 11, 5577 (2020).

Strategische Themen

Nachwuchsförderung

Am KIT wurde Dr. Evelina Ametova in das kompetitive YIG Prep Pro-Programm aufgenommen, dessen Zielsetzung es ist, eine durch Drittmittel geförderte Nachwuchsgruppe aufzubauen, sowie deren Mitglieder auf eine erfolgreiche akademische Karriere mit dem Ziel einer Professur vorzubereiten. Im Rahmen von MML konnten über Drittmittelprojekte zusätzlich 16 Doktorand/innen finanziert und an den Strahlrohren und Labs die Möglichkeit zur Arbeit an ihrer Promotion gegeben werden.

Wissens- und Technologietransfer

Das KIT verfolgt im PoF-IV Programm von MML u.a. das Konzept, wissenschaftliche Kooperationen mit anwendungsorientierten Forschungspartnern, z.B. dem Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung ZSW, aufzubauen. Auf Basis solcher Projektkonsortien wird dann direkt oder unterstützt durch das BMWi mit der Wirtschaft, z.B. mit der Continental Automotive GmbH, kooperiert. Andererseits wird ein 3D-Digitalisierungskonzept großer Probenserien verwirklicht, indem Computertomographie für großen Probendurchsatz weiterentwickelt wird. Dieses wird, unterstützt durch das BMBF, gemeinsam mit Museen und anderen Einrichtungen der Gesellschaft z.B. für die Digitalisierung von wissenschaftlichen Sammlungen eingesetzt. Das Konzept wird ausgeweitet auf die Bereitstellung und visuelle Aufbereitung der Ergebnisse für öffentliche Ausstellungen. Auf diese Weise werden sowohl Wissen als auch Technologie mit der Wirtschaft ausgetauscht bzw. in die Gesellschaft eingebracht.

Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Das KIT hat den LKII- Betrieb der Synchrotronstrahlungsquelle (früher ANKA) als Nutzer/innenanlage zu Beginn der PoF III Periode eingestellt. Seither nutzt das Institut für Beschleunigerphysik und Technologie (IBPT) den Speicherring KARA als Beschleuniger-Testanlage im Rahmen des Programms MT und stellt des Weiteren im Rahmen des Programms MML Synchrotronstrahlung für dedizierte Inhouse-Forschung am KIT und für Kooperationen zur Verfügung.

Das Institut für Photonenforschung und Synchrotronstrahlung (IPS) nutzt innerhalb von MML den Speicherring KARA sowie andere Synchrotron-Quellen für seine Experimente. Das IPS fokussiert sich dazu mit einem Portfolio modernster Synchrotron- und Laborexperimentierstationen auf die *in situ*-, *in vivo*- bzw. *operando*-Charakterisierung von Materialien, Nanostrukturen sowie biologisch und technologisch relevanten Prozessen.

Neben den o.g. Programmen greifen am KIT weitere Collaborative Research Groups, die ebenfalls Strahlrohre an KARA betreiben, und weitere Gruppen in den Helmholtz-Programmen STN, BIFTM, SCI, RE, sowie NUSAFE auf Synchrotronstrahlung zurück.

Im Jahr 2020 wurde KARA ca. 3605 Stunden betrieben, davon entfielen ca. 389 Stunden auf die Beschleunigerforschung, ca. 341 Stunden auf Kurzpulsbetrieb und ca. 2079 Stunden auf den Betrieb für Experimente mit Synchrotronstrahlung bei 2.5 GeV.

Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Da die Empfehlungen mit Ende der dritten Programmperiode bereits umgesetzt wurden bzw. dauerhaft in der Umsetzung sind, sind diese im letzten Übergangsjahr zur PoF IV nicht mehr aufgeführt

A.2.3.3.3 Künftige Programmentwicklung

Die Struktur der Programmenthemen für die PoF IV wurde neu aufgestellt und 2020 schon umgesetzt. MML ist in die drei neuen Research Topics (RTs) gegliedert:

- RT1: „Matter: Dynamics, Mechanisms and Control“
- RT2: „Materials: Quantum, Complex and Functional Materials“
- RT3: „Life Sciences: Building Blocks of Life: Structure and Function“

Das KIT beteiligt sich an den neuen Research Topics 2 und 3. Ab PoF IV wird der Speicherring KARA zudem im Programm MT betrieben.

A.2.3.3.4 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2020 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2020. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2020.

A.2.3.4 Programmanteil Matter and Technology (MT)

A.2.3.4.1 Das Programm im Überblick

Das Programm MT des Forschungsbereichs Materie der Helmholtz-Gemeinschaft beschäftigt sich mit der Beschleuniger- und Detektorforschung, die für den Forschungsbereich Materie von zentraler Bedeutung ist. Das Programm entwickelt hierfür 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. Das Programm, gestartet mit dem Beginn der PoF III-Förderperiode, wird mit dem Beginn der PoF IV-Förderperiode am 01. Januar 21 um das Thema „Data Management and Analysis (DMA)“ und die LK II-Einrichtung IDAF („Interdisciplinary Data and Analysis Facility“) erwei-

tert. Seit diesem Jahr ist Prof. Dr. Anke-Susanne Müller (KIT) zusammen mit Dr. Ties Behnke (DESY) Sprecherin des Programmes Matter and Technologies.

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

Ziel des Programmes MT ist die Entwicklung neuer Konzepte und Technologien für die Realisierung zukünftiger Beschleuniger und Detektoren. Für die Forschung an neuartigen Beschleunigermethoden spielen u.a. Technologien auf Basis von Supraleitung und die Plasmaschleunigung eine wichtige Rolle. Die Detektorforschung konzentriert sich auf die Entwicklung hochauflösender schneller Detektoren, welche für die Durchführung der nächsten Generation von Experimenten essentiell sind.

Programmstruktur

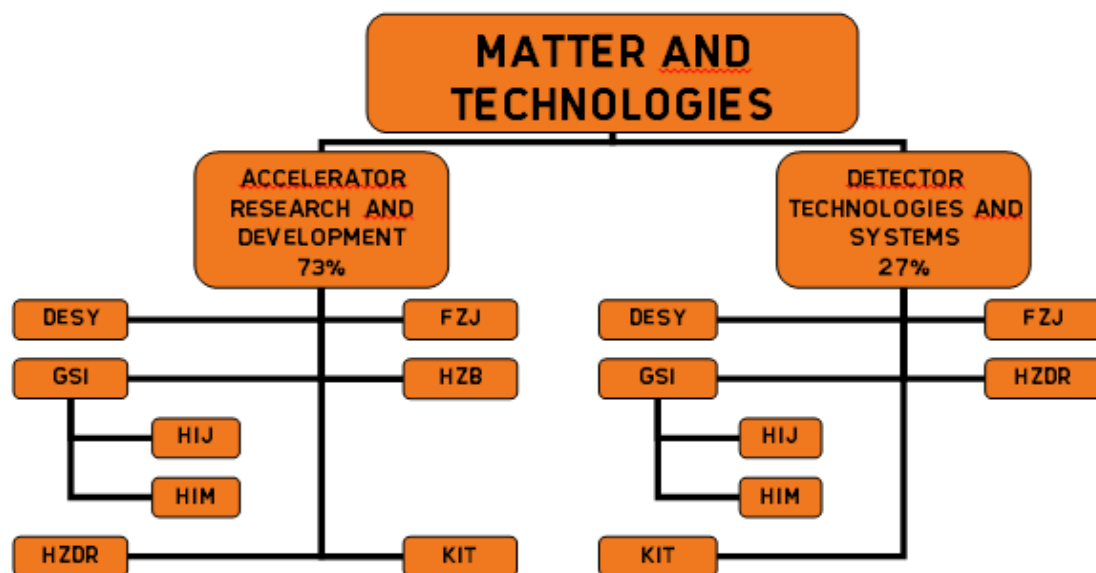


Abbildung 17: Programmstruktur MT

Das KIT beteiligt sich an den folgenden Programmenthemen:

Programmenthema 1: „Accelerator Research and Development (MT-ARD)“

Das Programmenthema „Accelerator Research and Development (MT-ARD)“ beschäftigt sich mit Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Beschleunigerphysik und -technologie. Es werden mittel- und langfristige Aktivitäten verfolgt, die dazu beitragen, die Möglichkeiten der Beschleunigeranlagen der Helmholtz-Gemeinschaft zu erweitern und die in langfristig angelegten Aktivitäten der Entwicklung neuer, disruptiver Konzepte und Methoden dienen. Das Thema gliedert sich in die Subtopics ST1: „Superconducting RF Science and Technology“, ST2: „Concepts and Technologies for Hadron Accelerators“, ST3: „Picosecond and Femtosecond Electron and Photon Beams“ und ST4: „Novel Acceleration Concepts“.

Programmenthema 2: „Detector Technologies and Systems (MT-DTS)“

Das Programmenthema „Detector Technologies and Systems (MT-DTS)“ beschäftigt sich mit der Neu- und Weiterentwicklung von Detektortechnologien auf den Gebieten der Sensoren, Auslesesysteme und Datenverarbeitung und deren Umsetzung in Prototypensysteme für den Forschungsbereich Materie. MT-DTS ist unterteilt in die Subtopics ST1: „Sensors, ASICs and Interconnects“, ST2: „Data Transmission and Processing“ und ST3: „Detector Systems“.

A.2.3.4.2 Programmsergebnisse

Wissenschaftliche Ergebnisse

Highlight: Strahldiagnostik

Die Strahldiagnose, ein zentrales Thema in MT-ARD, ermöglicht die Messung der Eigenschaften und die Kontrolle, Steuerung und Manipulation eines Teilchenpakets durch Feedback-Methoden. In Beschleunigern der Helmholtz-Gemeinschaft liegen oft extreme Teilchenstrahlen vor: ultrakurze Paketlängen im Femtosekunden-Bereich, hoch-repetitive bis in den GHz-Bereich und ultra-intensive sowie auch nah am Rauschen liegende Signale. In einem multi-modalen Ansatz und mit einem Sensornetzwerk wird die gesamte Prozesskette am KIT betrachtet. In einer sehr engen Kooperation zwischen MT-ARD und MT-DTS werden zur Detektion und Datenerfassung der hochrepetitiven Signale spezielle Komponenten am KIT entwickelt, wie KAPTURE und KALYPSO, die mittlerweile beim DESY, am European XFEL, am HZB und HZDR eingesetzt werden. Diese Systeme sind zudem kompatibel zur MicroT-CA-Technologie, die am DESY vorangetrieben wird. In diesem Umfeld werden junge Talente ausgebildet, die auch international Anerkennung finden. Die Abbildung zeigt den Sensorkopf der ultraschnellen Zeilenkamera KALYPSO für über 10 Millionen Bilder pro Sekunde auf einer Darstellung der damit gemessenen Daten zur Strahldynamik von Elektronenpaketen im Speicherring KARA am KIT. Das Messsystem ist optimiert u.a. für die am KIT entwickelte kontinuierliche elektrooptische Analyse der Mikro-Bunching-Instabilitäten.

M. Brosi, Dissertation, KIT, In-Depth Analysis of the Micro-Bunching Characteristics in Single and Multi-Bunch Operation at KARA. PhD dissertation. (2020).

Highlight: Skalierbare DAQ Plattform mit 120 optischen Verbindungen und Datenraten von 6 Tbit/s

Für die Online Datenverarbeitung von großflächigen Detektorsystemen ist im Programm MT das leistungsfähige DAQ Board „Serenity-A2577“ entwickelt worden. Es verfügt über 20 Samtec FireFly Verbindungen mit jeweils 12 x 25 Gbps und somit insgesamt 120 optischen Kanäle (Receive/Transmit). Über diese Schnittstelle lassen sich Datentransferraten von > 6Tbps realisieren. Für die online Auswertung steht ein Xilinx Virtex Ultra Scale+ VU9P oder VU13P zur Verfügung. Durch den ATCA Standard können mehrere Baugruppen zur Leistungs- und Durchsatzsteigerung kombiniert werden. Für die anwendungsspezifische Integration in die Slow Control Systeme der Experimente ist ein Management Board als System-on-chip in Form eines Zynq Ultrascale+ als System-on-Module realisiert. Die Leistungsfähigkeit der Plattform wird derzeit für den L1-Track Finder des CMS Upgrades Phase-2 unter Beweis gestellt. Die hohen zeitlichen Anforderungen, alle 25 ns sind 200 Kollisionen auszuwerten, können durch die vorgeschlagene Architektur erfüllt werden. Gleichzeitig ist eine spätere Optimierung der eingesetzten Algorithmen durch die programmierbare Elektronik möglich.

Programmthema 1: „Accelerator Research and Development“

Die Arbeit im Programmthema MT-ARD wird von gemeinsam zwischen den beteiligten Partnern vereinbarten Zielen getragen, die kontinuierlich an den großen Herausforderungen unseres Forschungsfelds ausgerichtet werden. Das KIT trägt in PoF III insbesondere zu den Subtopics ST3 und ST4 bei und beteiligt sich intensiv an der Weiterentwicklung des Programmes im Rahmen der 2021 beginnenden Förderperiode PoF IV. Zukünftig wird sich das KIT an einem weiteren Subtopic, ST2 „New Concepts and Prototypes for Maximizing the Performance of Hadron and Electron Accelerators“ beteiligen. Weiterhin werden mit den zwei

neugegründeten Innovationspool-Projekten „ACCLAIM“ und „InnovEEA“ die Themen „Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen“ und „Energie-Effizienz“ adressiert.

ST3: „Picosecond and Femtosecond Electron and Photon Beams“

Große Fortschritte wurden an den Test-Anlagen FLUTE und KARA erzielt. Bei FLUTE wurde erstmals Elektronen-basierte Terahertz-Strahlung erzeugt und Laser-basierte Terahertz-Erzeugung mit einer Konversion von 0.03% erzielt, um einen Split-Ring-Resonator für Streaking anzuregen. Die TH Mittelhessen, DESY und KIT untersuchen gemeinsam die 100-GHz Technologie, wobei Simulationen zeigen, dass die Ankunftszeitmessung von Elektronenpaketen mit einer Genauigkeit im sub-Femtosekunden-Bereich möglich ist. Mit der TU Dresden und MT-DTS wurde an KARA ein Array von acht THz-Schottky-Dioden für die simultane Messung der Mikro-Bunching-Instabilität in mehreren Frequenzbereichen [1] sowie ein hochempfindliches Spektrometer auf Basis von supraleitenden Detektoren [2] realisiert. Bei KARA wurden die Kontrollsysteme virtualisiert [3]. Dies erleichtert die Anbindung an Algorithmen des maschinellen Lernens. Beim Abschlusstreffen des Innovationspool-Projekts AMALEA (*Accelerating Machine Learning for Physics*) im Dezember 2020 hat das KIT die umfangreichen Arbeiten in Kooperation von MT-ARD und MT-DTS am Speicherring KARA vorgestellt [4]. Dies beinhaltet erstmals den Aufbau eines geschlossenen Regelkreises am Beschleuniger mit integrierten Detektionssystemen und mit neuronalen Netzen, d.h. mit maschinellem Lernen. Neuronale Netze wurden mit der am KIT entwickelten, schnellen Software Inovesa für die Simulation der Strahldynamik im Beschleuniger sowie auch direkt auf der schnellen Datenakquisitionselektronik KAPTURE, erstmals eingebettet in die Elektronik, im Detail untersucht. Erste Regelungsexperimente im Low-Alpha-Betrieb am Speicherring KARA zur Erzeugung von intensiver THz-Strahlung und mit dedizierten THz-Detektoren und KAPTURE wurden durchgeführt.

[1] M. Brosi, In-Depth Analysis of the Micro-Bunching Characteristics in Single and Multi-Bunch Operation at KARA. PhD dissertation. June 8. Karlsruher Institut für Technologie (2020).

[2] A. Schmid, A. Kuzmin, S. Wuensch, K. Ilin, E. Bruendermann, D. Scherhauser, A.-S. Mueller, M. Siegel, Spectral filtering with diffractive reflection gratings for fast superconducting detectors in the THz frequency range. J. phys. / Conf. series, 1559, 012017 (2020).

[3] W. Mexner, B. Aydt, D. Hoffmann, E. Bründermann, E. Blomley, M. Schuh, A.-S. Müller, S. Marsching, Control System Virtualization at Karlsruhe Research Accelerator, Proc. of the 17th International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics control Systems (ICALPCS 2019). Ed.: K. White, Paper: MOMPL009, JA-CoW Publishing (2020).

[4] A. Santamaría García, T. Boltz, E. Bründermann, B. Härer, A. Mochihashi, C. Xu, A.-S. Müller, Machine Learning Activities at KIT for Accelerators, AMALEA Final Meeting (17-12-2020), <https://indico.desy.de/event/28167/>.

ST4: „Novel Accelerator Systems“

Im Berichtszeitraum wurden die Arbeiten zur Erzeugung von Undulatorstrahlung an Laser-Plasma-Beschleunigern (bzw. LPA für Laser-Plasma-Accelerator) fortgeführt. Der supraleitende Transversalgradientundulator wurde im eigenen Kryostaten installiert und die supraleitenden Zuleitungen soweit ertüchtigt, dass jede der zwei Undulatorsulen bis zur maximalen Stromtragfähigkeit der Hochtemperatursupraleiter-Stromzuführungen (600A) stabil betrieben werden konnte.

Die In-Vakuum-Strahltransportmagnete für LPA-Experimente wurden mit neuen Girdern für die Justage ausgestattet, an die Universität Jena verbracht und dort in Vorbereitung auf Emittanzmessungen am Laser-Plasma-beschleunigten Elektronenstrahl wieder in Betrieb genommen.

Das EU-Projekt EuPRAXIA unter Beteiligung des KIT als assoziierter Partner wurde mit der Publikation des Conceptual Design Report mit Koautor/innen des KIT aus MT-ARD abge-

schlossen [1]. Das Projekt hat Konzepte zur Laser-Plasmabeschleunigung untersucht, die auch Thema in MT-ARD ST4 sind.

[1] R. Assmann et al., EuPRAXIA Conceptual Design Report, European physical journal special topics, 229 (24), 3675–4284.

Programmthema 2: „Detector Technology and Systems“

Das Thema MT-DTS wird von den Zentren DESY, FZJ, GSI, KIT und HZDR getragen. Gemeinsames Ziel ist, das Verständnis der Physik des Nachweises von Teilchen und Strahlung stetig zu erweitern und durch den Bau von Detektorsystemen für die Forschung in Materie nutzbar zu machen. Um dies zu ermöglichen, bestehen ein kontinuierlicher Austausch und vielfältige Zusammenarbeit zwischen den Zentren. Das KIT trägt zu allen drei Subtopics bei und beteiligt sich intensiv an der Weiterentwicklung des Programmes im Rahmen der 2021 beginnenden Förderperiode PoF IV. Mit den drei neugegründeten Innovationspool-Projekten „ACCLAIM“, „Tangerine“ und „Data-X“, werden die Themen „Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen“, „innovative Halbleiterkonzepte“ und „Big Data“ adressiert.

ST1: „Sensors, ASICs and Interconnects“

Der Schwerpunkt der Arbeiten in MT-DTS ist weiterhin in der Entwicklung von Siliziumsensoren und Auslesesystemen. Die Anforderungen an die Sensoren sind dabei sehr divers und hängen stark von der Anwendung ab. Technologisch liegt ein Fokus auf der Entwicklung von Systemen, bei denen aufgrund kleinerer Strukturgrößen mehr Intelligenz im Sensor integriert werden kann, sowie Systemen, die eine hervorragende Zeitauflösung haben.

Während die planaren Siliziumsensoren für die zukünftigen HL-LHC Spurdetektoren [1, 2] in Produktion gehen und die Qualitätssicherung läuft, wurden Sensoren in neuen Technologien produziert und getestet. Streifensensoren mit der LGAD-Technologie und Trench-Isolation wurden in MT design und innerhalb der CERN RD50 Kollaboration bei FBK produziert [3]. Die Streifen haben dabei Abstände von 50 μm für hochauflösende Anwendungen in der Strahldiagnostik und werden im ersten Quartal 2021 erwartet. Die Chipentwicklung wird innerhalb des neuen Innovationspool-Projektes Tangerine durchgeführt werden. Die in MT etablierten Integrationstechnologien spielen eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung von leistungsfähigen Detektoren für spezielle Einsatzgebiete. So wurde beispielsweise für das INFN ein Detektor für ein Weltraumspektroskop produziert [4].

Die HVCMOS-Technologie mit der Submission zahlreicher Sensoren und Chips wurde weiter vorangetrieben. Interessant sind u.a. die monolithischen Matrizen für die Grundlagenexperimente PANDA, CEPC, CLIC und LHCb sowie der verbesserte 2 cm x 2 cm große ATLASPIX3 Sensor, der in Labor- und Teststrahlungsmessungen erfolgreich validiert wurde [5-8].

In der ASIC-Entwicklung gibt es erste Prototypen in 28 nm-Technologie, die eine deutlich höhere Integrationsdichte erlauben [9]. Eine Reihe weiterer spezialisierter Auslese-ASICs wurde getestet. Zunehmend werden dabei auch Anwendungen in der Medizintechnik bedient, wie z.B. die Studien im Rahmen des PLASMED X Innovationspool-Projektes. Neben einer immer höheren Integrationsdichte, um mit den immer feineren Pixelmatrizen der Sensoren Schritt zu halten, ist hier auch eine Optimierung der Auslesegeschwindigkeit ein zentrales Thema.

Die immer kleineren Pixelgrößen stellen auch die Interconnect Technologie vor neue Herausforderungen. Eine sehr vielversprechende Richtung ist hier die Auslese von Sensoren mit einer dielektrischen Verbindungslage zwischen Sensor und Chip [10].

[1] Adam, W., et al.: Experimental study of different silicon sensor options for the upgrade of the CMS outer tracker. JINST 15 (2020) P04017

- [2] Adam, W., et al.: Beam test performance of prototype silicon detectors for the Outer Tracker for the Phase-2 Upgrade of CMS. JINST 15.03 (2020): P03014.
- [3] Zhang, H., et al.: "Radiation hard active pixel sensor with 25 μ m $\times$ 50 μ m pixel size designed for capacitive read-out with RD53 ASIC". Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 958, (2020) 162760.
- [4] Sammartini, M., et al.: "Pixel Drift Detector (PixDD)–SIRIO: an X-ray spectroscopic system with high energy resolution at room temperature". Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 953, (2020) 163114.
- [5] Augustin, Heiko, Ivan Perić, Andre Schöning, and Alena Weber: „The MuPix sensor for the Mu3e experiment.“ Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment 979 (2020): 164441.
- [6] Schöning, A., et al.: "MuPix and ATLASPix - Architectures and Results." arXiv:2002.07253 (2020).
- [7] Paschen, B., et al.: "Belle II pixel detector: Performance of final DEPFET modules." Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment 958 (2020): 162222.
- [8] Kremastiotis, Iraklis, et al.: Design and characterisation of the CLICTD pixelated monolithic sensor chip. No. CLICdp-Pub-2020-003. 2020.
- [9] Prathapan, M.: "High Voltage and Nanoscale CMOS Integrated Circuits for Particle Physics and Quantum Computing", PhD thesis, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 2020.
- [10] Zhang, H., F. Ehrler, R. Schimassek, and I. Peric: "Measurement results on capacitively coupled particle detector with PHOTON readout chip." JINST 15, 9 (2020): P09041.

ST2: „Data Transmission and Processing“

Hochauflösende Detektoren, wie sie in ST1 entwickelt werden, stellen die Datenauslese vor große Herausforderungen. Systeme mit integrierten photonischen Bauteilen versprechen sehr hohe Datenraten bei geringem Material- und Leistungseinsatz auf der Detektorseite. Fortschritte konnten bei Aufbau, Charakterisierung und Simulation von monolithisch integrierten Transmittern erzielt werden. Dabei besteht jeder Transmitter aus Multichannel on-chip Echelle-Grating-(De-)multiplexern und Mach-Zehnder Modulatoren (MZMs) [1-5].

Die Helmholtz-DAQ-Plattform wurde um eine leistungsfähige FPGA-Karte mit 120 optischen Ein- und Ausgängen im ATCA-Format erweitert. Mit dem neuen System konnte ein Datendurchsatz von 6 TB/s erreicht werden. Teil des Designs ist es, das System so flexibel zu gestalten, dass es einfach in unterschiedliche DAQ Systeme integriert werden kann [6,7]. Eine erste Anwendung der neuen ATCA DAQ-Plattform ist der Demonstrator für einen programmierbaren Spurtrigger für das CMS-Experiment.

Supraleitende Sensoren, wie Metallic Magnetic Calorimeters (MMCs), bieten eine exzellente Energieauflösung bei intrinsisch sehr schnellen Anstiegszeiten, müssen allerdings bei kryogenen Temperaturen betrieben werden. Im Programm MT wird an einem neuartigen Multiplexing-Auslesesystem, das auf supraleitenden Mikrowellenresonatoren und einem Software-defined-Radio (SDR) System beruht, geforscht [8,9]. Für das ECHO-Experiment entsteht aktuell ein Auslesesystem mit 400 Kanälen im Frequenzbereich von 4 bis 8 GHz [10]. Verschiedene Hardware-, Firmware- und Software-Komponenten des Systems wurden erfolgreich entwickelt und konnten in ersten Versionen am Experiment getestet werden. Die Bedeutung der Ausleseplattform geht über den Bereich Materie hinaus. Eine sehr interessante Richtung ist dabei die Erweiterung des Systems, um mit supraleitenden Quantenbits zu interagieren [11,12].

- [1] Zhang, Y., et al.: "Multimode interferometers for integrated transceivers on 250 nm SOI platform." Journal of Instrumentation 15, no. 02 (2020): P02022.
- [2] Zhang, Y., et al.: "Building blocks of a scalable and radiation-hardened integrated transmitter unit based on 250-nm SOI." In Optical Interconnects XX, vol. 11286, p. 112860P. International Society for Optics and Photonics, 2020.
- [3] Zhang, et al.: "A high-performance Echelle grating demultiplexer based on two stigmatic points and its flat-top solution." In Optical Interconnects XX, vol. 11286, p. 112860Y. International Society for Optics and Photonics, 2020.
- [4] Karnick, D.: High-speed optical data transmission for detector instrumentation in particle physics, PhD thesis, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 2020.

- [5] Zhang, Y.: Building blocks of a silicon photonic integrated wavelength division multiplexing transmitter for detector instrumentation, PhD thesis, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 2020.
- [6] Ardila-Perez, Luis, et al.: "A novel centralized slow control and board management solution for ATCA blades based on the Zynq Ultrascale+ System-on-Chip." In EPJ Web of Conferences, vol. 245, p. 01015. EDP Sciences, 2020.
- [7] Calligaris, L., et al.: "OpenIPMC: a free and open-source Intelligent Platform Management Controller." arXiv preprint arXiv:2011.01088 (2020).
- [8] Karcher, N., et al.: "Versatile Configuration and Control Framework for Real Time Data Acquisition Systems." arXiv preprint arXiv:2011.00112 (2020).
- [9] Kunzler, J., et al.: "Readout of Energy Pulses on Microwave SQUID Multiplexer: A Sensor Array-based Approach." IEEE Signal Processing Letters (2020).
- [10] Karcher, N., et al.: SDR-Based Readout Electronics for the ECHO Experiment. J Low Temp Phys 200, 261–268 (2020).
- [11] Gebauer, R., et al.: "Accelerating complex control schemes on a heterogeneous MPSoC platform for quantum computing." arXiv preprint arXiv:2004.07755 (2020).
- [12] Cardani, L., et al.: "Reducing the impact of radioactivity on quantum circuits in a deep-underground facility". 2020, arXiv preprint arXiv:2005.02286.

ST3: „Detector Systems“

Die Aktivitäten der Astroteilchenphysik an diesem Programm fokussieren sich auf Entwicklungen von modernen Detektorsystemen zur Anwendung bei zukünftigen Großprojekten (z.B. IceCube-Upgrade [1]). Im Jahr 2020 betraf dies insbesondere die Weiterentwicklung der Radiodetektionstechnik für das Pierre Auger-Observatorium und IceCube und bei Letzterem die Optimierung der vorgesehenen Ausleseelektronik, wobei wir 2020 eine erste Hybrid-Detektorstation am Südpol (drei Radioantennen und acht Szintillationsdetektoren) installiert und in Betrieb genommen haben. Speziell an dieser Entwicklung ist die Hybridfunktion der DAQ, die neben den Radioantennen auch parallel die Auslese der neu gebauten Szintillationsdetektoren übernimmt.

Die Strahldiagnose-Instrumente KAPTURE und KALYPSO wurden weiterentwickelt. Die Sensitivität und der spektrale Bereich wurden vergrößert. Am Speicherring KARA des KIT wurde eine IR-Erweiterung mit PbSe-Sensoren getestet. Ein auf Si-Sensoren beruhendes System wurde am European XFEL installiert [2].

Im Rahmen des Helmholtz Innovationspoolprojektes AMALEA wurde erstmals ein geschlossener Regelkreis mit der schnellen Datenakquisitionselektronik KAPTURE und eingebetteter neuronaler Regelung in der Elektronik aufgebaut und am Speicherring KARA am KIT im Low-Alpha-Betrieb mit intensiver THz-Strahlung getestet, siehe dazu auch die Beiträge unter MT-ARD-ST3.

Die Anwendbarkeit des Technologie-Portfolio des Programmes MT-DTS reicht weit über die Anwendungen im Bereich Matter hinaus. Das gesellschaftlich sehr relevante Projekt 3D-Ultraschallcomputertomographie zur Brustkrebsfrüherkennung profitiert beispielsweise von der Hardware-Expertise, der DAQ-Entwicklung und den Rekonstruktionsalgorithmen [3-8].

- [1] IceCube Collaboration: "In-situ calibration of the single-photoelectron charge response of the IceCube photomultiplier tubes." arXiv preprint arXiv:2002.00997 (2020).
- [2] Steffen, B., et al.: "Compact single-shot electro-optic detection system for THz pulses with femtosecond time resolution at MHz repetition rates." Review of Scientific Instruments 91, no. 4 (2020): 045123.
- [3] Angerer, Martin, Michael Zapf, Benjamin Leyrer, and Nicole V. Rüter. "Model-guided manufacturing of transducer arrays based on single-fibre piezocomposites." Applied Sciences 10, no. 14 (2020): 4927.
- [4] Angerer, Martin, Michael Zapf, Benjamin Leyrer, and Nicole V. Rüter. "Semi-Automated Packaging of Transducer Arrays for 3D Ultrasound Computer Tomography." In 2020 IEEE Sensors, pp. 1-4. IEEE, 2020.
- [5] Angerer, Martin, Michael Zapf, Sylvia Gebhardt, Holger Neubert, and Nicole V. Rüter. "Enhanced KLM Model for Single-Fibre Piezocomposite Transducers." In 2020 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS), pp. 1-4. IEEE, 2020.
- [6] Hopp, T., F. Zuch, P. A. Comby, and N. V. Rüter. "Fat ray ultrasound transmission tomography: preliminary experimental results with simulated data." In Medical Imaging 2020: Ultra-sonic Imaging and Tomography, vol. 11319, p. 113190M. International Society for Optics and Photonics, 2020.

[7] Fan, Yuling, Hongjian Wang, Hartmut Gemmeke, and Juergen Hesser. "MI-Net: A Deep Network for Non-linear Ultrasound Computed Tomography Reconstruction." In 2020 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS), pp. 1-3. IEEE, 2020.

[8] Zhao, Wenzhao, Hongjian Wang, Hartmut Gemmeke, Koen WA van Dongen, Torsten Hopp, and Jürgen Hesser. "Ultrasound transmission tomography image reconstruction with a fully convolutional neural network." *Physics in Medicine & Biology* 65, no. 23 (2020): 235021.

Strategische Themen

Im Jahr 2020 wurden die beiden Innovationspool-Projekte AMALEA und PLASMED-X abgeschlossen. Das Programm MT hat sich erfolgreich an der Gründung der Helmholtz-Innovationspool-Projekte ACCLAIM, InnovEEA, Data-X und Tangerine beteiligt. Die Projekte greifen die strategischen Themen „Künstliche Intelligenz und Anwendung von maschinellem Lernen“, „energie-effiziente Beschleunigerkonzepte“, „effiziente Online-Datenreduktion“ und „neue Halbleitertechnologien für zukünftige Detektoren“ auf.

Nachwuchsförderung

Zwischen der Universidad Nacional de San Martin, Argentinien und der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik des KIT wurde ein Doppelpromotionsabkommen abgeschlossen. Ziel ist die gemeinsame Ausbildung von Doktorand/innen an beiden Standorten auf dem Gebiet der Astrophysik. Bereits im ersten Jahr sind vier Doktorand/innen aufgenommen worden, die alle mit ihren Themen in der Detektorinstrumentierung eng in das Programm MT eingebunden sind.

Nachwuchswissenschaftler/innen 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 ist für ihre 2020 abgeschlossene Dissertation mit dem Titel „In-Depth Analysis of the Micro-Bunching Characteristics in Single and Multi-Bunch Operation at KARA“ für die Verleihung des Helmholtz-Doktorand/innenpreises des Forschungsbereichs Materie vorgesehen. Der Helmholtz-Doktorand/innenpreis wird in jedem Jahr einmal pro Forschungsbereich vergeben. Die Auswahl innerhalb des Forschungsbereichs Materie erfolgt durch ein Gremium bestehend aus Mitgliedern aller drei Materie-Programme.

Dr. Johannes L. Steinmann erhielt den Frank-Sacherer-Preis „for his significant contribution to the development and demonstration of ultra-fast accelerator instrumentation using THz technology, having the potential for major impact on the field of electron bunch-by-bunch diagnostics“. Der Preis ist verbunden mit einem eingeladenen Plenarvortrag bei der virtuellen I-PAC'20 (International Particle Accelerator Conference). Dieser Preis wird nur alle drei Jahre durch die EPS-AG (European Physical Society Accelerator Group) an eine Person am Anfang ihrer Karriere verliehen, die in jüngster Zeit einen bedeutenden Beitrag auf dem Gebiet der Beschleuniger geleistet hat.

Chancengleichheit

Da die Sichtbarkeit von Frauen in der Forschung noch immer gering ist, sollen gezielte Maßnahmen darauf hinwirken, deren Sichtbarkeit zu erhöhen. Daher schlagen wir unsere Wissenschaftlerinnen gezielt als Pls in Projekten, Sprecherinnen auf Konferenzen und für Preise vor.

Alle an MT beteiligten Zentren bieten Möglichkeiten zur Verbesserung der Vereinbarkeit von Familie und Beruf, z.B. Telearbeit oder die Nutzung von Eltern-Kind-Büros, sowie Informationsveranstaltungen zu diesem Themenkomplex.

Auf allen Ebenen (Zentrum, Programm, Forschungsbereich und Helmholtz Gesellschaft) gibt es Bemühungen, den nach wie vor geringen Anteil an Wissenschaftlerinnen nachhaltig zu erhöhen. Für die PoF IV-Periode konnte z.B. der Frauenanteil in der Programm-Management-Ebene von MT erhöht werden.

Vernetzung

Zur Stärkung des Technologiestandortes Deutschland auf dem Gebiet der kryogenen Sensoren und kryogener Elektronik wurde das „Consortium for Cryogenic Detectors and Superconducting Electronics“ (CDS) zwischen führenden Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie Industrieunternehmen gegründet. Bei den Gründungsmitgliedern handelt es sich um die Universitäten Heidelberg und Jena, das KIT, das Helmholtz-Institut Jena, das Leibniz-Institut für Photonische Technologien, die PTB und die Firmen Entropy, Magnicon und Supracon.

Die Accelerator Technology Platform (ATP) am KIT fördert forschungsbereichsübergreifende Zusammenarbeiten über Programme hinweg und mit starken internationalen Partnern, vor allem CERN.

Eine zentrale Rolle für die Vernetzung innerhalb von MT spielt das MT-Jahrestreffen. Aufgrund der COVID-19-Pandemie konnte das Jahrestreffen im Berichtsjahr nicht wie geplant am Forschungszentrum Jülich stattfinden, sondern wurde vollständig virtuell durchgeführt. An dem zweitägigen Treffen nahmen 220 Wissenschaftler/innen teil. Das KIT hat im Herbst das zweitägige Jahrestreffen des MT-ARD-ST3 („Picosecond and Femtosecond Electron and Photon Beams“) mit mehr als 100 Teilnehmer/innen im virtuellen Format durchgeführt.

Im Rahmen von KIT Future Fields Stufe-2-Projekts „Technologien kompakter Beschleunigersysteme für Medizin und Industrie“ wird in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus Heidelberg (Universität Heidelberg/Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum) das Potential neuer Technologieansätze für kompakte Beschleunigeranlagen untersucht. Im Rahmen des HEI-KA-Projektes „Particle therapy beam monitoring with HV-CMOS sensors“ werden MT-Sensortechnologien für die Optimierung der Radiotherapie in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Heidelberg evaluiert. Beide Projekte fördern gezielt eine international einzigartige, interdisziplinäre und synergetisch lokale Forschungspartnerschaft zwischen der Universität Heidelberg und dem KIT.

Drittmiteleinwerbungen

Das Programm hat sich erfolgreich an der Einwerbung einer ganzen Reihe von Europäischen Forschungsvorhaben beteiligt. Hierbei handelt es sich u.a. um die Future Circular Collider Innovation Study (FCCIS) zur Entwicklung eines großen internationalen Elektron-Positron-Colliders der nächsten Generation am CERN, I.FAST, einem langfristig angelegten 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. Weitere Anträge sind im Herbst 2020 gestellt worden und werden zurzeit begutachtet.

Das KIT unterstützt zudem Vorlauftforschung, die durch den Aktionsplan ErUM-Pro des BMBF in Projekten gefördert wird, um Hochschulen, Forschungsinfrastrukturen und Gesellschaft zu vernetzen. Das KIT ist auf dem Gebiet der Beschleunigerphysik zu den Themen Teilchen und Materie mit insgesamt sieben Projekten erfolgreich und fördert aktiv die Ver-

netzung mit Hochschulen und Universitäten wie FSU Jena, TH Mittelhessen, TU Darmstadt, TU Dortmund, Universität Hamburg und Forschungsinfrastrukturen am DESY, HZB, HZDR sowie mit europäischen Einrichtungen, dem European XFEL und CERN.

Wissens- und Technologietransfer

Der Forschungsbereich „Materie“ ist mit seinen herausfordernden Anlagen und Experimenten gezwungen, die Grenzen des technologisch Machbaren auszuloten. Die entwickelten Lösungen sind dabei oft über den Forschungsbereich hinaus relevant. Das Programm MT evaluiert daher systematisch Technologien und Systeme für potentielle Technologietransferprojekte. Vielversprechende Themenfelder sind aktuell supraleitende Sensoren und Elektronik, die Beam Diagnostik, die Ultraschalldiagnostik und die Aufbau- und Verbindungstechnik für elektronische Komponenten und innovative Beschleunigerkonzepte. Das Spektrum der Zusammenarbeit mit der Industrie erstreckt sich über Kooperation, Ausgründungen, gemeinsame Promotionen, sowie Lizenzierung.

Aktuelle TT-Projekte sind ein 3D Ultraschalltomograph (3D-USCT) zusammen mit einem chinesischen Partner oder ein Strahlmonitor für das Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT). Die am KIT in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Bilfinger Noell entwickelte Technologie der supraleitenden Insertion Devices ist auf dem Markt verfügbar und nachgefragt. Die erfolgreiche Kooperation wird in weiteren gemeinsamen Projekten fortgeführt.

Die zentrenübergreifende Initiative der Technologietransferabteilungen am DESY, GSI und KIT "Industrial Links & Liaison @ Helmholtz Distributed Detector Laboratory (DDL)" wurde gegründet. Sie hat das Ziel, über die einzigartigen Möglichkeiten der beantragten Detektorinfrastruktur, das „Helmholtz Distributed Detector Laboratory (DDL)" zu informieren und eine nachhaltige Verbindung mit der Industrie herzustellen. Parallel zur Einrichtung des DDL wird schwerpunktmäßig in den Aufbau eines Industrienetzwerkes und das anwendungsorientierte Technologiescreening investiert. Geeignete Industrieunternehmen sollen identifiziert und gewonnen, sowie Formate für den fachlichen und strategischen Austausch entwickelt werden. Für die Aktivitäten wird ein DDL TT-Team an den beteiligten Zentren DESY, GSI und KIT geschaffen.

Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Die Strukturen von MT haben sich grundsätzlich bewährt. Innerhalb der existierenden Themen ist vorgesehen, die Unterthemenstruktur leicht an die Bedürfnisse der neuen PoF-Periode anzupassen. Mit Beginn der PoF IV-Periode wird MT um das Thema „Data Management and Analysis“ (DMA) erweitert werden. Im Zuge der Vorbereitungen der strategischen Bewertung wurde dieses Thema neu entwickelt.

Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Da die Empfehlungen mit Ende der dritten Programmperiode bereits umgesetzt wurden bzw. dauerhaft in der Umsetzung sind, sind diese im letzten Übergangsjahr zur PoF IV nicht mehr aufgeführt

A.2.3.4.3 Künftige Programmentwicklung

Das KIT hat sich federführend an der Strukturdiskussion des Programms MT beteiligt. Der thematische Zuschnitt der vier Subtopics im Programmthema MT-ARD wird sich mit Beginn der PoF IV ändern und besteht zukünftig aus den Subtopics ST1: „Advanced CW SRF Systems“, ST2: „New Concepts and Prototypes for Maximizing the Performance of Hadron and Electron Accelerators“, ST3: „Advanced Beam Control, Diagnostics and Dynamics“ und ST4: „Ultra Compact, Novel Accelerators and their Applications“. Im Zuge des neuen Zuschnitts wird sich das KIT außer mit seinen bereits bestehenden Aktivitäten in ST3 und ST4 zukünftig auch in ST2 engagieren. Die Leitungsfunktion der Subtopics ST2 wird gemeinsam mit GSI und ST3 mit DESY vom KIT übernommen. Daneben wurde in MT-ARD ein weiterer Meilenstein zur Energieeffizienz hinzugefügt, für den Prof. Dr. Anke-Susanne Müller am KIT verantwortlich zeichnet. Inhaltliche Unterstützung erfährt dieser Meilenstein auch durch das neue Innovationspoolprojekt „InnovEEA“ (Innovation pool project for Energy Efficient Accelerators), das vom KIT federführend geleitet wird. Die Themen „Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen“ werden im neugegründeten Helmholtz Innovationspool-Projekts ACCLAIM (Accelerating Science with Artificial Intelligence and Machine Learning) aufgegriffen, das auf die Vernetzung der Wissenschaftler/innen im Impuls- und Vernetzungsfonds „Plasma Accelerators“ und Innovationspool AMALEA (Accelerating Machine Learning for Physics) aufbaut. Ebenfalls mit Beginn von PoF IV wird sich der Zuschnitt der drei Subtopics in MT-DTS ändern. Den beiden technologisch orientierten Subtopics ST1: „Detection and Measurement“, ST2: „System Technologies“, wird das Subtopic ST3: „Science Systems“ gegenübergestellt, das Demonstratoren für konkrete Anwendungen in Hochenergiephysik, Photon Science, Astroteilchenphysik und Beschleunigerphysik realisieren wird. Das KIT leitet die beiden Technologie-Subtopics ST1 und ST2, vertritt sieben Technologie-Schwerpunkte und ist auch maßgeblich an der Integration von Zukunftsthemen in das Programm MT beteiligt, zum Beispiel über die drei Innovationspoolprojekte „ACCLAIM“, „Tangerine“ und „Data-X“. Über die Konzeption der Innovationpool-Projekte hat sich bereits 2020 die enge Zusammenarbeit zwischen den Topics in MT vertieft. Insbesondere auch zu Wissenschaftler/innen im neugegründeten Programmthema „Data Management & Analysis“, das erfolgreich Ende Januar in Berlin vorgestellt wurde. Mit seinen drei Unterthemen „The Matter Information Fabric“, „The Digital Scientific Method“ und „The Digital Experiment and Machine“ ist es zentraler Bestandteil der Digitalisierungsstrategie des Forschungsbereichs Materie.

A.2.3.4.4 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2020 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2020. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2020.

A.2.3.5 Programmanteil Matter and the Universe (MU)

A.2.3.5.1 Das Programm im Überblick

Das Programm Matter and the Universe (MU) ist auf die grundlegende Erforschung der elementaren Bausteine der Materie, deren Wechselwirkungen und der Struktur und Entwicklung des Universums ausgerichtet. Die in der dritten Periode der Programmorientierten Förderung beteiligten Helmholtz-Zentren sind DESY in Hamburg und Zeuthen, FZJ in Jülich, GSI in Darmstadt mit dem Helmholtz-Institut in Mainz und KIT in Karlsruhe.

Zu Beginn des Jahres 2020 haben die neuen Programm- und Topic-Sprecher/innen ihre Aufgaben übernommen, um bei der strategischen Begutachtung des Programms im Januar 2020 bereits mit den Protagonist/innen für die zukünftige Programmperiode anzutreten. Es ist nun Prof. Dr. Ralph Engel (KIT) der Programmsprecher von MU mit Prof. Dr. Beate Heinemann (DESY) als stellvertr. Sprecherin. Für das Programmtopic 1 fungiert Prof. Dr. Joachim Mnich (DESY) als Sprecher und Dr. Priscilla Pani (DESY) als Stellvertreterin. Im Programmtopic 2 ist Prof. Dr. Frank Maas (HIM) der Sprecher und Prof. Dr. Tetyana Galatyuk (GSI) die Stellvertreterin, sowie im Programmtopic 3 sind dies Prof. Dr. Christian Stegmann (DESY) und Prof. Dr. Kathrin Valerius (KIT).

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

Das Programm MU bearbeitet Forschungsthemen aus der Elementarteilchenphysik, der Astroteilchenphysik und aus der Physik der Hadronen und Kerne. Diese Forschungsarbeiten sind in besonderem Maße von internationalen Kooperationen verschiedener Forschungsinstitutionen und großen Kollaborationen geprägt. 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 Natur 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 beteiligt und verfolgen in internationalen Kollaborationen ein reichhaltiges Programm an kleineren, lokalen Experimenten, u.a. zur Axion-Physik, sowie ein umfangreiches Theorie-Portfolio. Das Topic gliedert sich in drei Säulen:

- Proton-Proton-Physik am LHC mit Untersuchungen zur Physik des Standardmodells und Suchen nach „neuer“ Physik sowie Studien für zukünftige Hadron-Collider wie insbesondere dem High-Luminosity-Upgrade des LHC (HL-LHC);
- Präzisionsphysik an Lepton-Collidern mit der Beteiligung am Belle II-Experiment sowie Physik-Studien und Entwicklungs-Aktivitäten zu zukünftigen Collidern;
- theoretische Aktivitäten, die das experimentelle Programm begleiten, Ergebnisse interpretieren und neue Forschungsmöglichkeiten aufzeigen.

Unterstützt wird das Topic von experimentnahen Infrastrukturen wie dem GridKa (Tier 1) am KIT und dem Tier 2-Zentrum am DESY, der Teststrahl-Anlage am DESY oder der Detector Assembly Facility (DAF).

Am Programmtopic 2 „Cosmic Matter in the Laboratory“ ist das KIT nicht beteiligt.

Die Astroteilchenphysik wird in Topic 3 behandelt: Matter and Radiation from the Universe. Im Rahmen des Helmholtz-Programms konzentriert sich die Forschung in der dritten Periode der Programmorientierten Förderung auf kosmische Strahlung, Gammastrahlung, Neutrinos und Dunkle Materie. Wesentliche Projekte sind die Observatorien Pierre Auger zur Untersuchung kosmischer Strahlung und IceCube zum Nachweis astrophysikalischer Neutrinos sowie das KATRIN-Spektrometer zur Messung der Neutrinomasse. Die drei wesentlichen Schwerpunkte dieses Topics sind:

Das Hochenergie-Universum wird in einem multi-messenger-Ansatz derzeit mit Hilfe von kosmischer Strahlung, Hochenergie-Neutrinoastrophysik und Gamma-Astronomie sondiert. Dieser kombinierte Ansatz lieferte bereits herausragende Ergebnisse und ist am vielversprechendsten, um die Beschleunigungsmechanismen und die Quellen der kosmischen Strahlung in unserer Galaxie und darüber hinaus zu verstehen.

Das KATRIN-Experiment ermöglicht die weltbeste direkte Messung der (Elektron-) Neutrinomasse. Darüber hinaus hat es das Potential zur Entdeckung (oder Einschränkung der Parameter) von sterilen Neutrinos.

Die Suche nach Dunkler Materie wird direkt über ihre Wechselwirkung mit geeigneten Underground-Detektoren oder indirekt über den Nachweis der Zerfallsprodukte der Dunklen Materie in Gammastrahlung, Neutrinos oder kosmische Strahlung durchgeführt.

Theoretische Arbeiten bilden eine wichtige inhaltliche Klammer um die experimentellen Arbeiten aller Topics des Programms; so bietet die Theorie z.B. grundlegende Parameter für die Auslegung neuer Projekte und die Interpretation der experimentellen Ergebnisse. Allen Topics in MU gemein sind die Physik der Elementarteilchen, Detektortechnologien, Analysemethoden und große Datenmengen, was vielfältige Verbindungen und Synergien untereinander ermöglicht.

Die Grundlagenforschung in allen Themen des Programms liefert wesentliche Impulse und Beiträge zu den programmübergreifenden Aktivitäten im Forschungsbereich, wobei ein besonderer Fokus auf der Entwicklung und Anwendung von fortschrittlichen Datenmanagement- und Analyse-Werkzeugen („big data“) sowie auf der Entwicklung von zukunftsweisenden Detektor- und Beschleunigertechnologien liegt. Das Programm MU arbeitet daher an der Entwicklung der Digitalisierungsstrategie des Forschungsbereichs Materie mit, die in der vierten Periode der Programmorientierten Förderung finalisiert und umgesetzt werden soll. Darüber hinaus wird in allen Themen des Programms an hochentwickelten Detektoren gearbeitet, was enge Verknüpfungen des Programms MU mit dem benachbarten Programm Matter and Technologies (MT) bewirkt.

Programmstruktur

Das Programm MU umfasst die Topics Fundamental Particles and Forces, Cosmic Matter in the Laboratory und Matter and Radiation from the Universe sowie die LK II-Großgeräte Grid-Ka am KIT und Tier-2-Center am DESY. Es bestehen enge inhaltliche und personelle Beziehungen zum Programm Matter and Technologies.

Die organisatorische Struktur des Programms ist im folgenden Diagramm dargestellt:

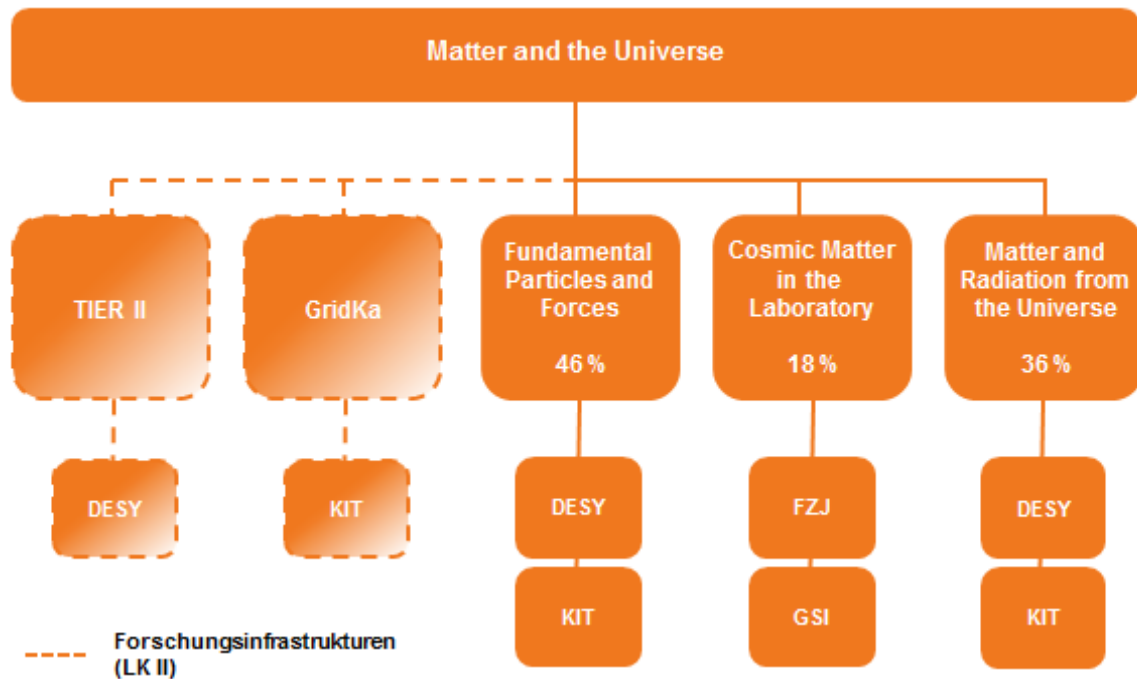


Abbildung 18: Programmstruktur MU

Das KIT trägt zu folgenden Programmthemen des Programms Matter and the Universe bei:

Programmthema 1: *Fundamental Particles and Forces* (Sprecher: Prof. Dr. Joachim Mnich)

Das Programmthema 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.

Programmthema 3: *Matter and Radiation from the Universe* (Sprecher: Prof. Dr. Christian Stegmann)

In diesem Programmthema werden hochenergetische Photonen und Teilchen aus dem All untersucht sowie ihre Quellen und Auswirkungen auf ihre Umgebung studiert. Weiterhin werden die Eigenschaften von Neutrinos erforscht und die Suche nach Dunkler Materie vorangetrieben.

Theoretische Forschungen und die Entwicklung neuer Detektionstechnologien zu den jeweiligen Themen ergänzen das experimentelle Programm und bilden eine verbindende Basis für die thematische Weiterentwicklung.

A.2.3.5.2 Programmergebnisse

Wissenschaftliche Ergebnisse

Programmthema 1: „Fundamental Particles and Forces“

Das Jahr 2020 war stark geprägt von der COVID-19-Pandemie und der damit einhergehenden Einschränkungen. Reisen und Arbeiten z.B. am CERN oder in Japan waren für den größten Teil des Jahres nicht möglich. Dennoch gelang es, wichtige Meilensteine zu erreichen. Insbesondere aber war das Jahr 2020 ein Übergangsjahr, in dem die Strukturen und Themen aus der PoF III-Periode langsam in die neuen PoF IV-Strukturen überführt wurden. Die Senatsempfehlungen der vergangenen Jahre wurden weiter erfolgreich umgesetzt.

Der Forschung an zukünftigen Elektron-Positron-Collidern ist mit der Aktualisierung der Europäischen Strategie für Teilchenphysik im Jahre 2020 höchste Priorität zugewiesen worden, mit einer sogenannten Higgs-Fabrik als nächstem großen Projekt nach dem LHC [1].

Der Fokus der Forschung zur theoretischen Teilchenphysik am KIT lag auf Präzisionsrechnungen zu Observablen, die bei ATLAS, CMS und künftigen Beschleunigern gemessen werden (z.B. [2-7]). Diese Aktivitäten wurden ergänzt durch Studien zur Formulierung und Untersuchung von Modellen jenseits des Standardmodells und zur Physik Dunkler Materie (z.B. [8-10]). Zwei Highlights sind die Berechnung von QCD-Korrekturen höherer Ordnung zu assoziierter WH-Produktion mit Zerfall $H \rightarrow b\bar{b}$ [11] und der Vorschlag, Modelle Dunkler Materie mit Hilfe von Einzeltopproduktion am LHC zu erforschen [12]. Die Arbeiten sind weitgehend mit dem experimentellen FPF-Programm des DESY verknüpft und oft komplementär zu den Forschungen der DESY-Theoriegruppe. Schließlich wurde gemeinsam mit dem DESY ein supersymmetrisches Modell entwickelt, das durch kosmische Inflation motiviert ist [13].

Die Forschung des KIT im Subtopic „Computing“ erforscht und entwickelt in enger Zusammenarbeit mit dem LKII- Großgerät GridKa neue IT-Technologien im Hinblick auf die Evolution des Computingmodells für den High-Luminosity Large Hadron Collider (HL-LHC). Forschungsziel ist einerseits die Steigerung der Effizienz bestehender Ressourcen und der Leistungsfähigkeit der Datenanalysen durch den Einsatz von modernen Caching-Technologien, sowie andererseits die transparente und dynamische Einbindung von opportunistisch genutzten Cloud- und HPC-Ressourcen in die bestehenden Computer-Infrastrukturen am KIT. Im vergangenen Jahr konnten signifikante Fortschritte in beiden Gebieten erzielt werden. Die entwickelte Software COBaID, TARDIS und LAPIS wurde als Open Source Projekte verfügbar gemacht.

[1] European Strategy Group, <https://home.cern/sites/home.web.cern.ch/files/2020-06/2020%20Update%20European%20Strategy.pdf>.

[2] A. Behring and W. Bizón, Higgs decay into massive b-quarks at NNLO QCD in the nested soft-collinear subtraction scheme, JHEP 01 (2020), 189, arXiv:1911.11524 [hep-ph].

[3] W. Bizón, et al., NNLOPS description of the $H \rightarrow b\bar{b}$ decay with MINLO, JHEP 06 (2020), 006, arXiv:1912.09982 [hep-ph].

[4] A. Behring et al., Bottom quark mass effects in associated WH production with the $H \rightarrow b\bar{b}$ decay through NNLO QCD, PRD101 (2020) no.11, 114012, arXiv:2003.08321 [hep-ph].

[5] J. Baglio et al., $gg \rightarrow HH$: Combined Uncertainties, arXiv:2008.11626 [hep-ph].

[6] J. Baglio et al., Higgs-Pair Production via Gluon Fusion at Hadron Colliders: NLO QCD Corrections, JHEP 04 (2020), 181, arXiv:2003.03227 [hep-ph].

[7] J. Davies et al., $gg \rightarrow ZZ$: analytic two-loop results for the low- and high-energy regions, JHEP 04 (2020), 024, arXiv:2002.05558 [hep-ph].

[8] T.N. Dao et al., One-loop Corrections to the Two-Body Decays of the Charged Higgs Bosons in the Real and Complex NMSSM, arXiv:2012.14889 [hep-ph].

[9] T.N. Dao et al., Gauge dependences of higher-order corrections to NMSSM Higgs boson masses and the charged Higgs Decay $H^\pm \rightarrow W^\pm h$, EPJ C80 (2020) no.3, 292, arXiv:1911.07197 [hep-ph].

[10] M. Aiko et al., Probing extended Higgs sectors by the synergy between direct searches at the LHC and precision tests at future lepton colliders, arXiv:2010.15057 [hep-ph].

- [11] A. Belyaev et al., Probing Dark Matter with Disappearing Tracks at the LHC, arXiv:2008.08581 [hep-ph].
 [12] S. Glaus et al., Electroweak Corrections in a Pseudo-Nambu Goldstone Dark Matter Model Revisited, JHEP 12 (2020), 034, arXiv:2008.12985 [hep-ph].
 [13] W.G. Hollik et al., Phenomenology of a Supersymmetric Model Inspired by Inflation, accept. at EPJ C, arXiv: 2004.14852 [hep-ph].

Programmthema 3: „Matter and Radiation from the Universe“

Auch die Arbeiten in diesem Programmthema waren im Jahr 2020 stark von der COVID-19 Pandemie betroffen. Zahlreiche Forschungs- und Datennahmeaufenthalte an den weltweiten Infrastrukturen mussten abgesagt und in einigen Fällen gar abgebrochen werden. Dennoch konnten in kürzester Zeit Maßnahmen ergriffen werden, um den Mess- und Datennahmebetrieb der meisten Infrastrukturen aufrecht zu erhalten, so dass hier kaum Ausfälle zu verzeichnen sind.

Das KATRIN-Experiment konnte nach der Veröffentlichung des ersten Neutrinomassenergebnisses aus dem vierwöchigen „First Science Run“ sowohl 2019 als auch 2020 beständig weiter Daten nehmen. Dabei wurde trotz Pandemiebedingungen das Jahresziel von über 200 Messtagen im Jahr 2020 erreicht. Das Verhältnis von Signal- zu Untergrundrate konnte bedeutend verbessert werden, sowohl durch eine höhere Quell-Luminosität als auch durch dedizierte Maßnahmen zur Untergrundunterdrückung. Außerdem wurden umfangreiche Messkampagnen zu wichtigen systematischen Unsicherheiten durchgeführt. Die Analyse dieser Datensätze für ein neues Neutrinomassenresultat schreitet voran. Gleichzeitig wird das wissenschaftliche Programm von KATRIN erweitert, wie etwa im Fall der Suche nach leichten sterilen Neutrinos im Präzisions-Betaspektrum der ersten Messphase [1].

Das Arbeitsprogramm des EDELWEISS-Experiments konnte mit einer Langzeitmessung erfolgreich zu Ende geführt werden. Als Ergebnis wurden neue Ausschlussgrenzen auf leichte Dunkle Materie im Sub-MeV-Bereich erreicht [2]. Im EDELWEISS-Setup befinden sich ebenfalls Molybdän-Bolometer des CUPID-Mo-Demonstrators [3], die eine hochempfindliche Vermessung des neutrinobehafteten Doppelbetazerfalls ($2\nu\beta\beta$) [4] sowie die Suche nach dem neutrinolosen Doppelbetazerfall ($0\nu\beta\beta$) [5] erlauben. Dank des erreichten extrem niedrigen Untergrundniveaus konnte eine weltführende Grenze auf die Halbwertszeit des $0\nu\beta\beta$ -Zerfalls von ^{100}Mo gesetzt werden [6].

Als Teil der neuen Aktivitäten im Rahmen des XENON-Programms war die Gruppe des KIT beim Aufbau und der Inbetriebnahme des XENONnT-Detektors am LNGS beteiligt. Erste wissenschaftliche Daten der 8-Tonnen-TPC werden im nächsten Jahr erwartet. Ebenso wurde die Empfindlichkeit des zukünftigen DARWIN-Detektors auf Physikkanäle neben der WIMP-Dark-Matter-Suche untersucht, wie z.B. die Suche nach $0\nu\beta\beta$ in ^{136}Xe [7] sowie auf den Nachweis solarer Neutrinos durch Elektronenstreuung [8].

Das Pierre Auger-Observatorium tritt mit der Installation von bereits mehr als 2/3 der ca. 1500 Szintillationsdetektoren, davon 660 am KIT gebaut, in absehbarer Zeit in eine neue Phase der Datenqualität ein [9]. Alle derzeitigen Beobachtungen (Energiespektrum [10-11], energieabhängige Massenzusammensetzung, Obergrenzen und Quellen von Photonen und Neutrinos [12], groß- und kleinskalige Anisotropie [13]) deuten darauf hin, dass die Flussunterdrückung bei den höchsten Energien nicht primär durch Energieverluste von Protonen und Kernen an der kosmischen Hintergrundstrahlung verursacht wird, sondern von der maximalen Rigidität der UHECR-Quellen dominiert wird. Dies ist eine völlig unerwartete Entdeckung, obwohl es schon immer herausfordernd war, Quellszenarien der kosmischen Strahlung vorherzusagen, die Teilchen auf über 10^{20} eV beschleunigen können. Diese Entdeckung führt zu wichtigen Konsequenzen bei der Bewertung der UHECR Teilchen-Astronomie oder von zukünftigen Großexperimenten.

Unter Federführung des KIT wurden bei der Entwicklung des neuen Monte-Carlo-Simulationsframeworks CORSIKA 8 wesentliche Meilensteine erreicht. Neben einer kompletten Implementation elektromagnetischer Schauer ist es unter anderem nun möglich, die gesamte Teilchenhistorie vollständig zu untersuchen. Damit eröffnen sich qualitativ neue Ansätze nicht nur für Experimente zur kosmischen Strahlung, sondern auch für Gamma-Strahlen-Experimente wie z.B. das kommende CTA-Experiment.

Das gesamte wissenschaftliche Programm für die geplante Erweiterung zu IceCube-Gen2 wurde in einem White Paper dargelegt [14]. Des Weiteren wurde 2020 für IceCube-Gen2 vom DESY und KIT gemeinsam ein Vor-Antrag zu Helmholtz-Investitionsvorhaben im Helmholtz-Roadmap-Verfahren für die Kategorie C, „Beteiligungen an internationalen Vorhaben“, eingereicht.

DESY und KIT sind gemeinsam an den Vorbereitungen zur Installation des IceCube-Upgrades beteiligt. Die Investitionsgelder aus beiden Zentren in Höhe von je ca. 2,9 Mio. Euro werden verwendet, um 420 optische Module für die in-ice Messungen sowie die Szintillations-Detektoren mit SiPM-Auslese für die Oberflächenerweiterung am Südpol zu bauen. Die Radioantennen für ein hybrides Detektorsystem werden maßgeblich im Rahmen des ERC Starting Grant von Dr. Frank Schröder am KIT entwickelt und finanziert. Für alle drei Komponenten wurden 2020 Vorbereitungen für die Massenproduktion im Jahr 2021 getroffen. 2020 wurde am Südpol eine komplette Prototyp-Station des IceCube Surface Enhancement aus Szintillationsdetektoren und Radioantennen aufgebaut und in Betrieb genommen. Damit wurden im Rahmen des ERC erste Erfolge erzielt und seit Sommer kontinuierlich Luftschauer kosmischer Strahlung gemessen. Parallel dazu schreiten die Analysen von zehn Jahren Datenaufnahme mit IceCube voran [15-17].

DESY und KIT arbeiten gemeinsam weiter an der Umsetzung eines Analyse- und Datenzentrums für die Multi-Messenger Astroteilchenphysik. Ziel ist es, die bisherigen Ansätze wie das KASCADE Cosmic-ray Data Center (KCDC) oder das Alert Management, Photometry and Evaluation of Lightcurves (AMPEL) zu einem kohärenten Konzept einer Nutzer/inneneinrichtung zu erweitern. Unterstützung gibt es hierbei über das aus dem innovationspoolfinanzierte Projekt ADC-MAPP für die Jahre 2019/20 und über das deutsch-russische Projekt HRSF-0027 aus dem Helmholtz Impuls- und Vernetzungsfonds.

Sowohl am DESY als auch am KIT haben sich 2020 anfängliche Initiativen weiterentwickelt, die die Beteiligung an einem Gravitationswellen-Experiment der dritten Generation (Einstein-Teleskop) vorantreiben. Hier ist insbesondere zu erwähnen, dass am KIT die Co-Leitung der Science Division „Kryotechnologie“ beim Einstein-Teleskop übernommen wurde. Zudem wurde für eine deutsche Beteiligung am Einstein-Teleskope vom DESY und vom KIT gemeinsam ein Vor-Antrag zu Helmholtz-Investitionsvorhaben im Helmholtz-Roadmap-Verfahren für die Kategorie C, „Beteiligungen an internationalen Vorhaben“, eingereicht.

- [1] M. Aker et al. (KATRIN Collab.), arXiv:2011.05087 (accepted for publication in Phys. Rev. Lett.).
- [2] Q. Arnaud et al. (EDELWEISS Collab.), PRL 125 (2020) 141301, doi:10.1103/PhysRevLett.125.141301.
- [3] E. Armengaud et al., EPJ C 80 (2020) 44, doi:10.1140/epjc/s10052-019-7578-6.
- [4] E. Armengaud et al., EPJ C 80 (2020) 674, doi:10.1140/epjc/s10052-020-8203-4.
- [5] B. Schmidt, K. Eitel, B. Siebenborn, J. Phys. Conf. Ser. 1468 (2020) 012129, doi:10.1088/1742-6596/1468/1/012129.
- [6] E. Armengaud et al., arXiv:2011.13243 .
- [7] F. Agostini et al. (DARWIN Collab.), EPJ C 80 (2020) 808, doi:10.1140/epjc/s10052-020-8196-z.
- [8] J. Aalbers et al. (DARWIN Collab.), EPJ C 80 (2020) 1133, doi:10.1140/epjc/s10052-020-08602-7.
- [9] The Pierre Auger Collaboration, Science Reviews - from the end of the world (Argentina) Vol. 1, No. 4, Sep. 2020 pp. 8-33.
- [10] The Pierre Auger Collaboration, Phys. Rev. Lett. 125, 121106 (2020).
- [11] The Pierre Auger Collaboration, Phys. Rev. D 102, 062005 (2020).
- [12] The Pierre Auger Collaboration, 2020 ApJ 902 105.
- [13] The Pierre Auger Collaboration, 2020 ApJ 891 142.

- [14] M.G. Aartsen et al. (IceCube-Gen2 Collab.), IceCube-Gen2: The Window to the Extreme Universe, accepted by J Phys. G, arXiv:2008.04323.
 [15] IceCube Collaboration, Phys. Rev. D 102 (2020) 122001.
 [16] IceCube Collaboration, Phys. Rev. D 102 (2020) 5, 052009.
 [17] IceCube Collaboration, Astrophys. J. Lett. 898 (2020) 1, L10.

Strategische Themen

Zur strategischen Förderung von programm- und forschungsbereich-vernetzenden, innovativen Aktivitäten gibt es in der ersten Phase des Innovationspools zwei Projekte im Programm MU, die beide auch in der zweiten Phase weitergeführt werden.

Im Rahmen des Innovationspool-Projektes „ADC-MAPP“ schreiten DESY und KIT gemeinsam voran mit der Umsetzung eines Analyse- und Datenzentrums für die Multi-Messenger Astroteilchenphysik. Ziel ist es, die bisherigen Ansätze wie das KASCADE Cosmic-ray Data Center (KCDC) oder das Alert Management, Photometry and Evaluation of Lightcurves (AMPEL) zu einem kohärenten Konzept einer Nutzer/inneneinrichtung zu erweitern.

ADC-MAPP als Projekt im Innovationspool 2019-20 fokussierte sich auf folgende Gebiete, die teilweise auch bereits erfolgreich abgeschlossen wurden: Daten-Management (FAIR-Daten-Zyklus für die großen Infra-strukturen CTA, IceCube, Auger-Observatorium), „big data“ Analyse (mithilfe der Software Tools CORSIKA und Gammapy sowie durch Deep Learning-Anwendungen), Multi-Messenger-Analyse (Realtime Services, Zugang zu Daten Archiven, Entwicklung von Workflows), Hardware-nahe Services (Interface Software, gemeinsame Helmholtz-Tier1-Infrastruktur für IceCube), Networking und Training (Nutzerkontakte, Kooperation mit z.B. NFDI, EOSC, ESCAPE, ErUM-Data, Outreach). Das Projekt ADC-MAPP wurde aufgrund der späten Finanzbewilligung kostenneutral bis Ende 2021 verlängert.

Für die Förderperiode Innovationspool ADC-MAPP 2021-2023 werden folgende komplementäre Arbeitspakete (AP) prioritär bearbeitet: Data Lake (Vorbereitung eines Demonstrators für ein Astroparticle Data Lake Konzept); Community Software (FAIR-Daten-Zyklus für Gammapy und CORSIKA); Long-Term Data Archive (Einheitliches Konzept zur Datenarchivierung und Reproduzierbarkeit der Papiere/Doktorarbeiten/Analysen); Real-time Services (Einbindung von LSST, IceCube, und Einstein Teleskop in AMPEL); Integration des Einstein-Teleskops in ADC-MAPP.

Nachwuchsförderung

Die Helmholtz International Research School for Astroparticle Physics and Enabling Technologies (KIT mit der UNSAM Buenos Aires) hat auch 2020, trotz Einschränkungen durch die COVID-19-Pandemie, neue Promovierende gewinnen können. Allerdings mussten zahlreiche geplante Forschungsaufenthalte an den jeweiligen Partner-Institutionen abgesagt bzw. abgebrochen werden und die Kooperationen wurden in online-Formaten aufrechterhalten. Neben wöchentlichen Video-Meetings der beteiligten Promovierenden und Betreuer/innen, Science Journal Clubs, Vortrags- und Vorlesungsreihen fanden auch die jährlichen Workshops mit allen Beteiligten per Online-Konferenzen statt.

Generell muss aber festgestellt werden, dass der wissenschaftliche Nachwuchs besonders von der COVID-19-Pandemie betroffen ist, z.B. weil Sommerschulen und Konferenzen ausfallen. Innerhalb einer dreijährigen Promotion ist die Verschiebung einer wichtigen Konferenz um ein bis zwei Jahre viel gravierender als zu einem späteren Zeitpunkt in der Karriere. Online-Konferenzen sind kein adäquater Ersatz für junge Leute, die noch niemand kennt und die bei diesen Gelegenheiten wichtige Kontakte knüpfen müssen.

Dr. Go Mishima (KIT) wurde mit der "Particle Physics Medal: Young Scientist Award in Theoretical Particle Physics" ausgezeichnet. Dieser Preis wurde von der Abteilung für Teilchen-

physik der Japanischen Physikalischen Gesellschaft verliehen. Er honoriert die Leistungen von Dr. Go Mishima im Zusammenhang mit einer neuen Technik zur Berechnung von Feynman-Diagrammen mit mehreren Skalen, die er entwickelt hat.

Im Rahmen des Helmholtz-OCPC Postdoc Programms konnten am KIT im Laufe des Jahres 2020 eine Wissenschaftlerin (Dr. Jinyu Zhu) und ein Wissenschaftler aus China (Dr. Chao Zhang) ihre Forschungsarbeiten im Themenfeld von Matter and the Universe aufnehmen.

Junge Nachwuchswissenschaftler/innen haben am KIT mit dem „Young Investigator Group Preparation Program“ (YIG Prep Pro) die Möglichkeit, frühzeitig und strukturiert ihre wissenschaftliche Karriere als zukünftige Gruppenleiter/innen vorzubereiten. Über diese Initiative konnten im Umfeld des Programms MU in 2020 drei aussichtsreiche Nachwuchswissenschaftler/innen für das KIT gewonnen werden. Alle drei wählten die Förderschiene „YIG Prep Pro Remote Fellowship for International Postdocs“. Dr. Ana Martina Botti forscht derzeit am Fermi National Accelerator Laboratory in Kooperation mit Wissenschaftler/innen des MU-Programmthemas Matter and Radiation from the Universe, ebenso Dr. Dennis Soldin an der University of Delaware und Dr. Sebastian Baum an der Stanford University.

Chancengleichheit

Prof. Dr. Kathrin Valerius, die bisher am Karlsruher Institut für Technologie eine Helmholtz-Nachwuchsgruppe leitete, hat im März 2020 eine im Rahmen des Erstberufungsprogramms (W2/W3) geförderte W3-Professur für experimentelle Astroteilchenphysik am KIT angetreten.

Vernetzung

Im Jahr 2020 wurde die über ein Jahr hinweg von der Europäischen Community der Teilchenphysiker/innen erarbeitete neue Strategie der Teilchenphysik dem CERN Council vorgestellt und positiv aufgenommen [1]. Diese Strategie, an deren Erstellung Mitglieder des Programms MU deutliche Anteile hatten und in die die gesamte deutsche Community der Teilchenphysiker eng eingebunden war, beruht auf mehreren Pfeilern, die hervorragend zur strategischen Planung im Programmthema Fundamental Particles and Forces passen. Hier sind insbesondere die volle Realisierung und wissenschaftliche Ausbeutung des High-Luminosity LHC (HL-LHC), die Betonung der technologischen und wissenschaftlichen Führerschaft in der Beschleunigerentwicklung für die Teilchenphysik sowie die Betonung der Rolle nationaler Labore und der Verzahnung mit benachbarten Gebieten zu nennen. Auf dem Gebiet der Beschleunigerentwicklung wird besonderer Wert auf erhöhte Anstrengungen in Forschung und Entwicklung gelegt, insbesondere bei den Hochfeldmagneten. Als höchste Priorität neben dem HL-LHC wird eine „Higgs-Fabrik“ genannt – zum Beispiel in der Form des International Linear Colliders ILC in Japan –, und für die weitere Zukunft soll ein 100 TeV-Hadronkollider als zukünftiges Großprojekt weiter studiert werden. Weitere wissenschaftliche Schwerpunkte sieht die Strategie auf dem Gebiet kleinerer und mittlerer lokaler Experimente – wie z.B. im Axion-Programm am DESY, in der beschleunigerbasierten Neutrino-Physik wie dem LBNF-DUNE-Programm in den USA, sowie in einer umfangreichen Theorie-Aktivität. Technologische Entwicklungen in der Detektorphysik und des wissenschaftlichen Computings werden ebenfalls als extrem wichtig erachtet, sowie eine Stärkung der Synergien zwischen Teilchen- und Astroteilchenphysik.

Die im Programmthema Fundamental Particles and Forces durchgeführten und geplanten Aktivitäten sind eng mit zahlreichen Elementen der europäischen Strategie verzahnt, so dass optimale Bedingungen für den Erfolg der eingesetzten Bemühungen und die Sichtbarkeit von Helmholtz gegeben sind.

Im Programmthema 3 wurden die Aktivitäten im internationalen Netzwerk „Absolute neutrino mass from nuclear beta decay and electron capture“ (Sprecherinnen: JProf. Dr. Loredana Gastaldo/UHD und Prof. Dr. K. Valerius/KIT) erfolgreich weitergeführt. So fand im Februar 2020 am ECT* in Trento, Italien, der 3. Internationale Workshop zur direkten Neutrinomassenmessung statt.

Bedingt durch die Beschränkungen der COVID-19-Pandemie konnte 2020 keine ISAPP Schools (International School on AstroParticle Physics - European Doctorate School) durchgeführt werden, aber für 2021 sind bereits vier Veranstaltungen geplant.

Im Rahmen des European Innovative Training Networks (ITN), einer Marie-Sklodowska-Curie-Maßnahme, konnte am 1. Oktober 2020 das HIDDEN Projekt (Hunting Invisibles: Dark sectors, Dark matter and Neutrinos) mit Beteiligung des KIT starten.

Am 09. Dezember 2020 wurde Dr. Andreas Haungs (KIT) zum neuen Vorsitzenden der APPEC General Assembly (GA) gewählt. APPEC ist das Europäische Astroteilchen-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.

Wissens- und Technologietransfer

Im Rahmen der Umsetzung der Exzellenz-Maßnahmen des KIT konnten Fördermittel für ein Projekt zur Integration des Karlsruher Neutrino Experiments (KATRIN) in die curriculare Lehre am KIT eingeworben werden (ca. 100 kEUR, Projektbeginn Sommer 2020). Mit diesen Mitteln sollen nicht nur Praktikumsversuche nach dem Messprinzip von KATRIN aufgebaut, sondern auch Outreach-Materialien zur Vermittlung der Fragestellungen und Arbeitsmethoden aus der experimentellen Neutrinophysik für die breite Öffentlichkeit erstellt werden.

Die Vorstellung der Neutrinomassenjagd mit KATRIN im deutschsprachigen Magazin „Physik in Unserer Zeit“ (Covergeschichte im Heft 03/2020) trägt zur öffentlichen Wahrnehmung unseres Forschungsfeldes bei.

Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Im Zuge der wissenschaftlichen Begutachtungen des Programmes in den beteiligten Zentren im Jahr 2018 und der strategischen Bewertung des gesamten Forschungsbereichs Materie Anfang 2020 wurde die Strategie des Programmes geschärft. Neben rein wissenschaftlichen Strategien innerhalb der drei Topics wurden auch Strategien auf eher organisatorischer Ebene entwickelt und mit deren Umsetzung begonnen.

Die wissenschaftliche Strategie des Topic 1 zielt auf die Stärkung und den Ausbau der drei Forschungsrichtungen „Higgs-Eigenschaften und fundamentale Wechselwirkungen bei höchster Präzision“, „Suche nach neuen Teilchen und Phänomenen“ sowie „Kosmologie und Dark Sector des Universums“.

Die wissenschaftliche Strategie des Topic 3 beinhaltet die Untersuchung von Eigenschaften der Neutrinos hin zur Suche nach Dunkler Materie mit verstärkten Aktivitäten bei Xenon-nT und DARWIN am KIT. Auf dem Gebiet der hochenergetischen Boten aus dem Kosmos werden die Multi-Messenger Aspekte ausgebaut und erste Aktivitäten zur Integration von Gravitationswellen-Beobachtungen am DESY und am KIT begonnen (z.B. ULTRASAT, Einstein-Teleskop).

Zudem wurde für die kommende Förderperiode beschlossen, im Programm MU eine weitere LKII-Infrastruktur, neben GridKa am KIT, aufzunehmen, die GSI-MU Ion Facilities.

Als strukturelle Änderung war die Beteiligung des IPP, Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, im Programm MU in der kommenden Förderperiode geplant. Aufgrund von Entscheidungen des IPP muss die geplante Kooperation aber neu geregelt werden. Hierzu werden entsprechende Kooperationsvereinbarungen zwischen der Helmholtz-Gemeinschaft und dem IPP 2021 erarbeitet. Die wissenschaftliche Kooperation wird aber weiterhin gesucht und intensiviert.

Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Da die Empfehlungen mit Ende der dritten Programmperiode bereits umgesetzt wurden bzw. dauerhaft in der Umsetzung sind, sind diese im letzten Übergangsjahr zur PoF IV nicht mehr aufgeführt

A.2.3.5.3 Künftige Programmentwicklung

Die Aktivitäten des Programms MU im Jahr 2020 sind in fließendem Übergang von der derzeitigen dritten Förderperiode hin zur kommenden vierten Förderperiode zu sehen. Die wissenschaftlichen Begutachtungen der Programmanteile in den Zentren im Jahr 2018 und die strategische Bewertung des Forschungsbereichs Materie im Januar 2020 haben dazu beigetragen, umfassende Planungen für das Programm MU zu erstellen. Erste Umsetzungen der geplanten Maßnahmen werden im Jahr 2020 starten. Die Gutachter/innen der strategischen Bewertung haben allen Topics des Programms höchste Bewertungen bzgl. der gesetzten Ziele, des konkreten Arbeitsprogramms und der dafür zur Verfügung stehenden Kompetenzen attestiert. Die gegebenen Empfehlungen fordern alle drei Topics auf, die gesteckten Ziele mit vollem Einsatz zu verfolgen und dabei die weltweiten Führungspositionen in vielen Themenfeldern zu erhalten und auszubauen.

Das Programm MU kommt diesen Empfehlungen sehr gerne nach und wird im Jahr 2020 die begonnenen und noch aktuellen Arbeiten fortführen, sowie Maßnahmen zur Umsetzung der neuen strategischen Ziele einleiten.

A.2.3.5.4 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2020 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2020. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2020.

A.2.3.6 Nationale und Internationale Wissenschaftsinfrastruktur (Großgeräte der Leistungskategorie II) – Grid Computing Centre Karlsruhe (GridKa)

Beschreibung des Einsatzes des Großgeräts

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. Zusammen mit den von GSI und DESY betriebenen Tier-2-Zentren stellt GridKa die zentralen Daten- und Analyseressourcen für die LHC-Experimente in Deutschland bereit. Als Tier-1-Zentrum hat GridKa die Verantwortung für ca. 15 % der Rohdaten der LHC-Experimente. Diese werden prozessiert, regelmäßig mit

verbesserten Algorithmen und Kalibrationen reprozessiert und langfristig archiviert. Die prozessierten Rohdaten bilden die Basis für die Datenanalyse und damit die Extraktion wissenschaftlicher Erkenntnisse, die bei GridKa und den Tier-2-Zentren stattfindet. Das bei GridKa betriebene Global Grid User Support (GGUS) Portal, stellt die zentrale technische Infrastruktur für den Nutzer- 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 Astroteilchen-Experimente 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.

Analyse der Zielerreichung

Im Jahr 2020 stellte GridKa die Rechen- und Speicherressourcen mit gewohnt hoher Zuverlässigkeit bereit. Den LHC-Experimenten und Belle-II wurden insgesamt 335 Millionen Core-Stunden Rechenzeit für 34 Millionen Rechenjobs zur Verfügung gestellt.

Das Datenvolumen, welches zu GridKa und von GridKa zu anderen Zentren transferiert wurde, ist trotz des Shutdowns des LHC auf sehr hohem Niveau verblieben:

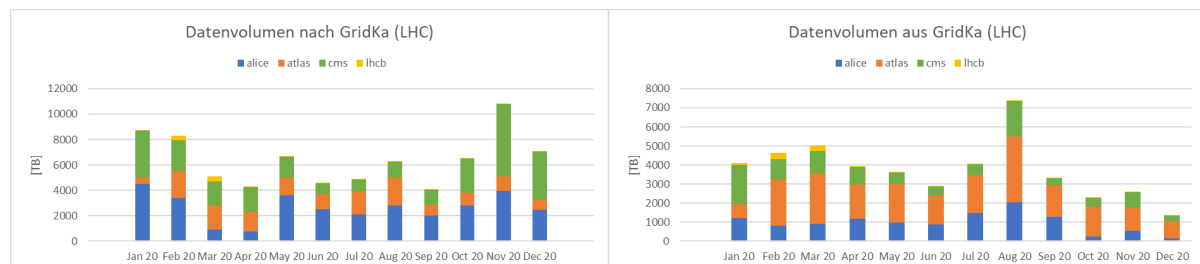


Abbildung 19: Datenvolumen GridKA 2020

2020 konnte ein neues Schedulingssystem für den Zugriff auf Dateien im Magnetbandarchiv von GridKa in Betrieb genommen werden. Damit konnte eine Verbesserung des Datendurchsatzes für das ATLAS-Experiment um mehr als den Faktor 3 erreicht werden. Damit wurde ein lange bestehender Engpass behoben, und GridKa kann nun auch auf diesem Gebiet vordere Plätze unter allen Tier-1 Zentren belegen. Die neue Technologie wird 2021 allen Experimenten bei GridKa zur Verfügung stehen und auch eine wesentliche Rolle bei der Migration des Bandarchivs auf neue Software und Hardware spielen.

Zusammen mit der CMS-Arbeitsgruppe des KIT wurde die Entwicklung der Workloadmanagementsysteme COBalD und TARDIS weiter erfolgreich vorangetrieben. Beide Softwarepakete sind inzwischen als Open Source verfügbar [1], [2]. COBalD/TARDIS ermöglichen die Steuerung und Integration von opportunistischen Ressourcen (z.B. HPC-Zentren und Cloudressourcen) zusätzlich zu den vor Ort befindlichen festen Rechenressourcen. Dabei wurden im Berichtszeitraum zusätzlich zu dem bereits eingebundenen HPC-System „ForHLR-2“ am KIT sowie NEMO-Cluster an der Universität Freiburg auch HPC-Systeme am LRZ in Garching sowie der RWTH Aachen erfolgreich eingebunden. Die dabei demonstrierte dynamische Ressourcensteuerung ist besonders im Hinblick auf die zukünftig weiter stark wachsenden Bedarfe an Rechenleistung für die Experimente wichtig, deren zeitliches Anforderungsprofil stark schwanken wird.

Eine enge Zusammenarbeit besteht mit dem Programm „Supercomputing and Big Data“ (SBD), insbesondere hinsichtlich der Entwicklung und Integration der Helmholtz Data Federation, der Entwicklung von COBalD/TARDIS, europäischen Projekten zum Thema European

Open Science Cloud, im Kontext der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) sowie im Kontext von ErUM-Data und damit verbundenen Entwicklungsprojekten.

[1] TARDIS (Transparent Adaptive Resource Dynamic Integration System) Resource Manager, <https://matterminers.github.io/#tardis>

[2] COBalD (COBalD - the Opportunistic Balancing Daemon), <https://matterminers.github.io/#cobald>

Planung dieses Jahres

- Inbetriebnahme von 20 Petabyte Online-Speicher
- Beschaffung und Inbetriebnahme von GPU-ausgerüsteten Rechenknoten für die GridKa-Farm
- Leistungssteigerung der Außenanbindung von GridKa auf > 300 Gb/s
- Leistungssteigerung insbesondere des Lesevorgangs von Magnetbandspeicher
- Beginn der Migration von mehr als 60 PB Daten auf Band in eine neue Band-Management-Software (HPSS) – Dauer ca. zwei Jahre
- Planung des Ressourcen-Upgrades 2021 und Start der Beschaffungsprozesse
- Durchführung der GridKa-Schule 2020, die dann pandemie-bedingt leider nicht stattfinden konnte

Planerreichung dieses Jahres

Im 2020 wurden die GridKa Rechen- und Speicherressourcen weiter ausgebaut; dies erfolgt traditionell in engster Abstimmung mit dem GridKa Overview Board (OB). Die im vierten Quartal 2019 installierten neuen Rechenknoten decken bereits die Anforderungen abzuliefernde Rechenzeit 2021 mit ab. Nach intensiven Diskussionen im GridKa OB und Technical Advisory Board (TAB) wurde im Sommer 2020 eine Beschaffung von insgesamt 24 GPUs des Type NVIDIA V100S 32 GB angestoßen, um erstmals tief in der GridKa Compute Farm auch GPUs den internationalen Experiment-Kollaborationen anbieten zu können. Neben den bereits über COBalD/TARDIS verfügbaren GPU-Ressourcen stehen nun erstmals auch GPU-System mit engster Anbindung an den GridKa-Storage zur Verfügung. Software-seitig wurde die Anbindung der GridKa Farm an das WLCG auf das neue HTCondor CE umgestellt und die bisherige ARC-CE Software außer Betrieb genommen – diese Umstellung erfolgte sukzessive ohne Unterbrechung für den Nutzer/innenbetrieb. Nach der Aufnahme des IceCube Experiments wurden erstmals im Oktober 2020 IceCube-Jobs bei GridKa gerechnet.

Für den GridKa Software-Defined-Online-Storage wurde eine Erweiterung um 20 Petabyte sowie die dafür notwendigen extratiefen Racks zum Jahresende 2020 installiert und abgenommen – dazu wurden über 3300 Festplatten verbaut. Im Sommer konnte durch eine Aktualisierung der Software-Komponenten und auf Basis des im vergangenen Jahr ausgebauten Storage-internen Netzwerks erstmals bis zu 90 GB/s schreibend/lesend real gemessen werden.

Auf dem Feld des Offline-Magnetbandspeichers von GridKa fand eine sehr erfolgreiche Recall Kampagne von ATLAS statt. Weiterhin wurde die Migration von mehr als 65 PB an Daten auf Band von der TSM/Oracle-Technologie auf HPSS/IBM-Technologie vorbereitet und dazu u.a. ein 1,4 PB großer Disk-Cache sowie zusätzliche Bandlaufwerke beschafft und installiert. Damit wird es ab 2021 möglich sein, Datenraten von rund 2,5 GB/s bei der HPSS-Migration zu erreichen.

Auf dem Feld des Netzwerkes (intern wie auch externe Anbindung) wurde im Herbst das Netzwerkmanagement auf IPv6 umgestellt, um mit der KIT-Netzwerk-Policy konform zu sein.

Weiterhin wurde die Beschaffung einer zweiten 100 Gb/s Verbindung zum CERN über den DFN als Ersatz für die bisherigen 2x10 Gb/s angestoßen – als Ergänzung zur bereits vorhandenen 100 Gb/s Verbindung über BelWue und Switch. Damit wird GridKa 2021 nach außen mit insgesamt 4x100 Gb/s Verbindung angeschlossen sein.

Maßgebliche Abweichungen

Keine.

Besondere Vorkommnisse

Keine.

Gesamteinschätzung der Entwicklung und Vorausschau

Im Rahmen der Finanzierung der Helmholtz Data Federation (HDF) stehen Investitionsmittel für den weiteren Ausbau von GridKa bis einschließlich 2022 zur Verfügung - der Wirtschaftsplan wurde inzwischen ins Jahr 2022 verlängert. In den Jahren 2023-2024 werden insg. 6 Mio. Euro Investitionen benötigt, um GridKa für die anstehenden Bedarfe während des LHC Run 3 auszubauen.

Der Beschleuniger LHC am CERN wird voraussichtlich verspätet ab 2026 für den Betrieb mit zehnfach erhöhter Luminosität (HL-LHC) weiterentwickelt. Dies stellt vollkommen neue Herausforderungen an die Digitalisierung, die Datenanalyse und das Datenmanagement. Nur wenn diese adäquat adressiert werden, werden in der Hochenergiephysik neue Entdeckungen und Erkenntnisse möglich. Entsprechend ist ein leistungsstarkes Daten- und Analysezentrum in Deutschland als Teil der weltweiten LHC Computing Infrastruktur (WLCG) zwingend, damit die deutsche Hochenergiephysik bestmöglich am wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn am HL-LHC partizipieren kann. Dafür stellt GridKa am KIT als das derzeit leistungsfähigste Tier-1 Zentrum einen fundamentalen Grundstein dar und ist entsprechend den Anforderungen des HL-LHC weiterzuentwickeln. Im Zeitraum 2025-2028 werden dafür insgesamt mind. 21 Mio. Euro Investitionen für die Weiterentwicklung von GridKa hin zu einem Daten- und Analysezentrum für den HL-LHC benötigt.

Zu welchem/n Programm(en) ist das Großgerät assoziiert

GridKa ist zum Programm Materie und Universum assoziiert.

Kurze Erläuterung, wie die Auswahl der Nutzer/innen erfolgt

Ein Antrag einer/s neuen Nutzer/in bzw. einer Nutzer/innen-Community wird an das GridKa Overview Board (OB) gestellt. Dieses beauftragt i.d.R. beim Technical Advisory Board (TAB) eine Stellungnahme zur technischen Machbarkeit und ggf. Einflüssen auf bestehende Nutzer/innen durch den bzw. die neuen Nutzer/innen.

Die Zulassung neuer Nutzer/in/innen erfolgt dann durch das GridKa-OB, welches mit Vertreter/innen von GridKa, der existierenden Nutzer/innen, Vertreter/innen der Komitees für Elementarteilchenphysik (KET), Astroteilchenphysik (KAT) und Hadronen und Kerne (KHuK) sowie einer/m Vertreter/in des Projektträgers besetzt ist. Das BMBF ist als ständiger Gast ebenfalls eingeladen. Im Jahr 2020 wurde das Astroteilchenphysik-Experiment IceCube bei GridKa aufgenommen.

A.2.3.7 Strategische Initiativen

A.2.3.7.1 Querschnittsthema Materialforschung – Energieversorgung

Keine Aktivitäten in 2020.

A.2.3.7.2 Innovationspool

1. Accelerating Machine Learning for Physics: AMALEA

Am Innovationspool-Projekt “AMALEA: Accelerating Machine Learning for Physics” waren DESY, HZB, HZDR und KIT beteiligt. Das gesteckte Ziel der systematischen Untersuchung von Potentialen der Anwendung modernster Machine Learning Methoden auf alle Bereiche der beschleunigerbasierten Forschung wurde erreicht und durch Veröffentlichungen in den verschiedenen Arbeitsgebieten belegt. Hierzu zählen insbesondere die Anwendung und Entwicklung diverser ML-Methoden für schnelle Feedback-Systeme zur Echtzeitoptimierung von Beschleunigerparametern. Beim Abschlusstreffen von AMALEA im Dezember 2020 hat KIT die umfänglichen Arbeiten in Kooperation von MT-ARD und MT-DTS am Speicherring KARA vorgestellt. Dies beinhaltet erstmals den Aufbau eines geschlossenen Regelkreises am Beschleuniger mit integrierten Detektionssystemen und mit neuronalen Netzen. Algorithmen, die neuronale Netze nutzen, ermöglichen sogenanntes vertieftes Lernen, ein Teilgebiet des maschinellen Lernens. Dieser Aufbau wurde am KIT in Kooperation von MT-ARD und MT-DTS realisiert. Neuronale Netze wurden mit der am KIT entwickelten, schnellen Software Inovesa für die Simulation der Strahldynamik im Beschleuniger sowie auch direkt auf der schnellen Datenakquisitionselektronik KAPTURE, erstmals eingebettet in die Elektronik, im Detail untersucht. Erste Regelungsexperimente im Low-Alpha-Betrieb am Speicherring KARA zur Erzeugung von intensiver THz-Strahlung und mit dedizierten THz-Detektoren und KAPTURE wurden durchgeführt. Die Arbeiten werden zu einem großen Teil im Helmholtz-Innovationspool-Projekt ACCLAIM („ACCeLerating Science with Artificial Intelligence and Machine Learning“) ab 2021 weitergeführt. Außerdem werden dem Projekt ACCLAIM neue Komponenten hinzugefügt, wie Laser-getriebene Beschleuniger, Anomalie-Erkennung und vorausschauende Wartung. Zu den in AMALEA beteiligten Zentren DESY, HZB, HZDR und KIT kommen in ACCLAIM im Rahmen der Laser-getriebenen Beschleuniger noch GSI und HIJ hinzu. Im Rahmen der Arbeiten wurde eine Dissertation zum Thema „Towards Intelligent Data Acquisition Systems with Embedded Deep Learning on MPSoC“ abgeschlossen. Weitere Ergebnisse wurden im Rahmen von Veröffentlichungen (DOI: 10.23732/CYRCP-2020-009.227 und 10.18429/JACoW-ICALEPCS2019-TUCPL06), sowie in – bedingt durch die COVID-19-Pandemie virtuellen – Workshops und Konferenzen präsentiert: Auf dem KfB-Workshop „Verbundforschung in der Physik der kleinsten Teilchen“, dem „DPG AKBP Machine Learning Seminar“, dem „8th MT ARD ST3 Meeting“, der „22nd Virtual IEEE Real Time Conference“ und dem „AMALEA Final Meeting“.

Als Eigenanteil arbeiteten auf dem Projekt am KIT-IPE und KIT-IBPT ca. 0,8 VZÄ Akademiker. Am KIT-IBPT wurden die Projektmittel von AMALEA aus den Jahren 2019 und 2020 in Höhe von 80.000 Euro ausschließlich 2020 eingesetzt.

2. Plasma and Laser-based Medical Imaging Diagnostic with X-rays: PLASMED-X

Das Projekt PLASMED-X beabsichtigt im Rahmen einer Pilotstudie, die weltweit erstmalige Messung der Verteilung von Gold-Nanopartikeln in einem Phantom für die medizinische Röntgen-Fluoreszenzbildgebung zu realisieren. Eine erste Version der Laser-Plasma-

getriebenen Thomsonquelle konnte erfolgreich eingesetzt werden, um XFI-Testmessungen an Goldnanoclustern durchzuführen. Das KIT entwickelt für dieses Projekt einen prototypischen schmalbandigen Röntgendetektor, um das rückgestreute Fluoreszenzsignal effizient selektieren zu können. Ein Readout-ASIC wurde im Verlauf des Jahres 2020 entwickelt und wird aktuell produziert. Der geplante Detektor wird Anfang 2021 zur Verfügung stehen.

Parallel zu der Entwicklung des Readout-ASICs ist aus Eigenmitteln eine Testumgebung für die erwarteten Detektoren entstanden. Ebenfalls aus Eigenmitteln ist die Entwicklung der generischen Readout-Schaltung finanziert worden, die einen zügigen Entwurf des Designs für PLASMED-X möglich gemacht hat (DOI: 10.1088/1748-0221/15/09/P09041). Der Eigenanteil entspricht der Arbeitsleistung von ca. 1 VZÄ Akademiker.

3. ADC-MAPP

Das Ziel des Projektes ADC-MAPP ist die Initialphase des Aufbaus eines letztendlich globalen und nutzergetriebenen Analyse- und Datenzentrums für die Multi-Messenger Astroteilchenphysik. Das ursprünglich für die Jahre 2019 und 2020 angesetzte Projekt, ADC-MAPP, Phase 1 mit den fünf Arbeitspaketen

1. Daten-Management: Bestimmung des Formats und der Selektion von Daten großer Infrastrukturen sowie Abstimmungen zur Kuration der Daten für eine nachhaltige Zusammenführung,
2. Big Data Analyse: Identifikation von Synergien in der Methodenentwicklung für die „Big Data“ Analyse,
3. Multi-Messenger Analysen: Weiterentwicklung von Realtime-Diensten wie z.B. AMPEL,
4. Hardware und Services: Software-Anpassung für eine effiziente Nutzung der HTC und HPC Infrastrukturen,
5. Networking and Training: Begleitende Aktivitäten zur Cooperation mit MT(DMA); NDFI; EOSC; Nutzer (Universitäten); Outreach

wird bis Ende 2021 weiter bearbeitet, da es einen verzögerten Start in 2019 gab aufgrund von zunächst unklaren Rahmenbedingungen. In 2020 konnten aber dennoch wichtige Etappenziele in den einzelnen Arbeitspaketen erreicht werden. Insbesondere in der Big Data-Analyse unserer Daten wurden erste Ergebnisse erzielt und auch die weitere Entwicklung des Simulationsprogramms CORSIKA und dem Softwaretool Gammapy zeigt synergetische Erfolge. Erfolgreiche Softwarepakete aus der Teilchenphysik für eine effiziente HTC und HPC Infrastruktur (Container, Docker, ...) wurden in die Astroteilchenphysik adaptiert und angewendet. Als weiterer Meilenstein ist nun das IceCube-Experiment als virtueller Nutzer im WLCG und insbesondere in GridKa aufgenommen. Die MU-Gruppen am DESY und KIT arbeiten eng mit weiteren Initiativen wie NFDI, ErUM-Data, EOSC und Helmholtz-Programmen MT (Topic DMA) auf dem Gebiet der digitalen Astroteilchenphysik, dem Forschungsdatenmanagement und der nachhaltigen Veröffentlichung wissenschaftlicher Daten zusammen.

Die 2019 begonnenen Arbeiten wurden entsprechend im Jahr 2020 weitergeführt, so auch die Aktivitäten im Projekt, die aus Eigenmitteln finanziert wurden.

Insgesamt trugen sechs Wissenschaftler/innen mit Anteilen von 0,2 bis 0,4 VZÄ zu den fünf Arbeitspaketen des Projekts bei. In Summe wurden 2020 Arbeiten von 2,0 VZÄ für ADC-MAPP, Phase 1, geleistet.

A.2.4 Überblick zum Forschungsbereich Erde und Umwelt

A.2.4.1 Bericht des Forschungsbereichskoordinators an den Helmholtz-Senat

Koordinatorin: Prof. Dr. Antje Boetius (AWI)

Beteiligte Helmholtz-Zentren: AWI, FZJ, GEOMAR, GFZ, HZG, HMGU, KIT, UFZ

A.2.4.1.1 Der Forschungsbereich im Überblick

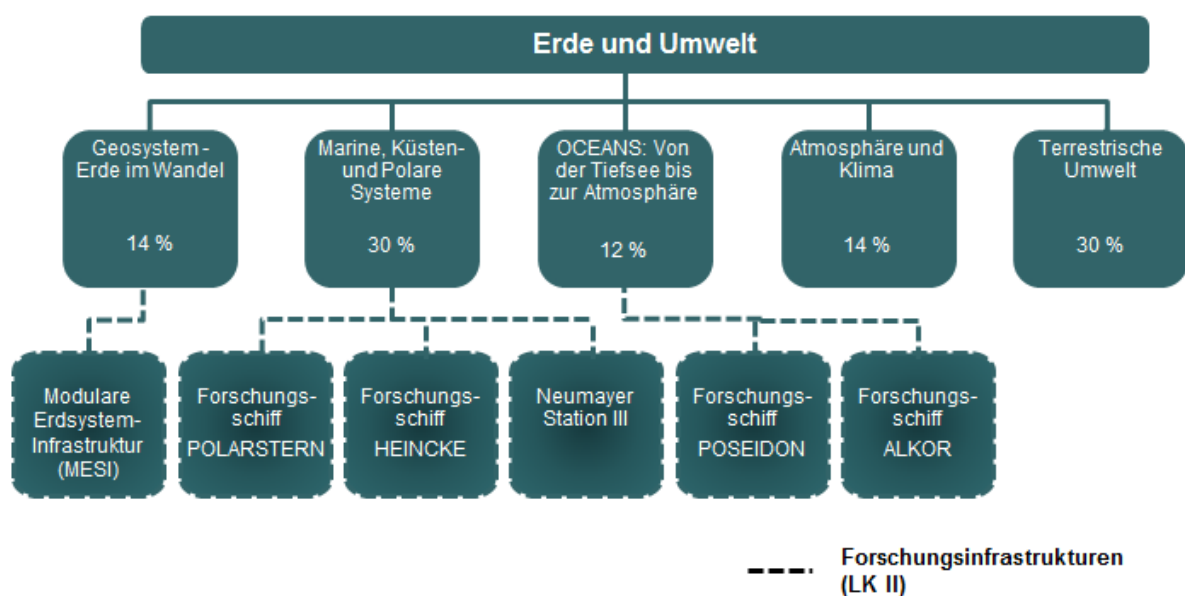


Abbildung 20: Der Forschungsbereich Erde und Umwelt im Überblick

Prof. Dr. Antje Boetius war vom 01. Januar 2019 bis 31. Dezember 2020 Koordinatorin des Forschungsbereichs Erde und Umwelt (FB EuU) sowie Vizepräsidentin der Helmholtz-Gemeinschaft. Das Managementboard – Diskussions- und Entscheidungsplattform für den FB – tagte im Jahr 2020 fünf Mal unter ihrem Vorsitz, um insbesondere die neue Strategie des FB für ein gemeinsames PoF IV Programm zu steuern und den Start des Programms in 2021 vorzubereiten. Eine weitere wichtige Aufgabe war die Digitalisierungsstrategie des Forschungsbereichs.

Nachdem im Dezember 2019 das neue Forschungsprogramm und Neuaufstellung des Forschungsbereichs mit einem Programm „The Changing Earth – Sustaining our Future“ in PoF IV (2021-2027) strategisch begutachtet wurde, diskutierte die Forschungsbereichsplattform im April 2020 die Ergebnisse der Begutachtung, insbesondere die Senatsempfehlungen und die Finanzierungsempfehlungen für PoF IV. Dem Senat wurde vorgeschlagen, den Empfehlungen der Gutachter/innen grundsätzlich zu folgen und dabei die Umsetzbarkeit im Blick zu behalten.

Im Jahr 2020 konzentrierte sich der gesamte FB EuU darauf, die Arbeiten der PoF III abzuschließen und das neue Forschungsprogramm „Changing Earth – Sustaining our Future“ mit seinen neun Topics vorzubereiten. Im Sommer beschäftigte sich eine FB-übergreifende

AG mit der Festlegung der PoF VI Indikatoren, wobei die Indikatoren der PoF III als Basis genutzt und in einigen Fällen modifiziert wurden. Zudem wurde eine Reihe FB-spezifischer Indikatoren vorgeschlagen. Indikatoren zu Technologie- und Wissenstransfer sind in Arbeit.

Von größter Bedeutung für die internationale Sichtbarkeit der Forschung in FB EuU war die MOSAiC Expedition. Nach 389 Tagen im Nordpolarmeer kehrte der deutsche Forschungseisbrecher *Polarstern* am 12. Oktober 2020 zurück in seinen Heimathafen in Bremerhaven. Während der spektakulären MOSAiC-Expedition in die Arktis wurde eine enorme Menge wertvoller Forschungsdaten über Zusammenhänge zwischen Ozean, Eis und Atmosphäre gesammelt, die einmalige Einblicke in das Klimageschehen der Arktis geben werden.

Das Jahr 2020 war auf vielen Ebenen geprägt durch die Corona-Pandemie und damit verbundener Reise- und Kontaktbeschränkungen. Folgen davon waren Einschränkungen des Forschungsbetriebs, wie der Ausfall/ die Verschiebung von Forschungsreisen und -projekten, die Aussetzung von Feldarbeiten im In- und Ausland sowie Wartungsarbeiten an Observatorien und Bodenstationen, die Absage von Konferenzen, Sommerschulen und Workshops. Die Folgen der Pandemie machten sich auch im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit bemerkbar: Besuchertage, Vorträge, Podiumsdiskussionen und Schülerlabore konnten nicht oder nur eingeschränkt stattfinden. Zudem richtete sich die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit auf das Thema der Pandemie und verdrängte andere Themen aus dem Blickfeld der Medien und der Öffentlichkeit. Durch die Umstellung von Veranstaltungen ins virtuelle Format und durch Angebote für NachwuchswissenschaftlerInnen (z.B. Vertragsverlängerungen) konnten die Zentren die Auswirkungen der Kontakt- und Reisebeschränkungen 2020 abmildern.

A.2.4.1.2 Entwicklung im Forschungsbereich und in den Programmen

1. Programm Geosystem – Erde im Wandel

Highlight 1: Quantifizierung von Dürren mit GRACE-FO

Globale und regionale Datensätze zu Änderungen der Wasserspeicherung aus zeitvariablen Schwerefeldmodellen der amerikanisch-deutschen Satellitenmissionen GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) und GRACE-FollowOn wurden für eine Reihe von Studien zu Veränderungen des kontinentalen Wasserkreislaufs eingesetzt. Dadurch konnte der immense Rückgang der in Mitteleuropa gespeicherten Wassermassen während der Sommerdürren in 2018 und 2019 quantifiziert werden. Bezogen auf die langfristige mittlere Klimavariabilität betrugen die Wassermassendefizite 112 Gigatonnen im Jahr 2018 und sogar 145 Gigatonnen im Jahr 2019, was einem Rückgang von 73 % beziehungsweise 94 % im Vergleich zu mittleren saisonalen Schwankungen entspricht. Die Veränderungen in den Jahren 2018 und 2019 sind damit die größten in dem bislang von GRACE und GRACE-FO überdeckten Zeitraum von 20 Jahren.

Boergens, E., Güntner, A., Dobslaw, H., Dahle, C. (2020): Quantifying the Central European Droughts in 2018 and 2019 with GRACE-Follow-On. *Geophysical Research Letters*, 47, 14.

Highlight 2: Neue Chancen für die Erdbebenfrühwarnung durch kontinentweite GNSS Netzwerke

Neue Methoden zur Isolation der tektonischen Komponente in GNSS-Signalen zeigen, dass den beiden stärksten Erdbeben der vergangenen Jahre, dem $M_w=8.8$ Maule-Erdbeben von 2010 in Chile und dem $M_w=9.0$ Tohoku-Oki Erdbeben von 2011 in Japan, Vorläuferbewegungen in der Subduktionszone vorausgingen. Synchrone kontinentweite und mehrere Monate andauernde Bewegungen im GNSS-Netz mit mehrfachen Richtungswechseln gehen

offenbar auf tiefe instabile Verschiebungen zurück. Diese Instabilitäten gehen wahrscheinlich auf mineralogische Prozesse in der abtauchenden Platte zurück, in deren Folge der seismische Bruch an den höher gelegenen, miteinander verhakten Segmenten der Subduktionszone vorbereitet und beschleunigt wird. Hiermit bestehen möglicherweise neue Chancen für die Erdbebenfrühwarnung mit Hilfe automatisierter Auswertung der Daten aus dichten kontinenteiten GNSS-Netzwerken.

Bedford, J., Moreno, M., **Deng, Z., Oncken, O., Schurr, B.,** John, T., Carlos Baez, J., Bevis, M. 2020. Great Subduction Earthquakes Preceded by Several-Months-Long, Thousand-Kilometre-Scale Wobbling. *NATUR*.

2. Programm Marine, Küsten- und polare Systeme

Highlight 1: Millionen Jahre alter Waldboden belegt unerwartet warmes Südpol-Klima in der späten Kreidezeit (AWI)

Mit Hilfe eines Sedimentbohrkerns wurde ein neues und bislang einzigartiges Fenster in die Klimageschichte der Antarktis aufgestoßen. Im Meeresgebiet vor dem westantarktischen Pine-Inland-Gletscher wurde ein nahezu ursprünglich erhaltener Waldboden aus der mittleren Kreidezeit, einschließlich vieler Pflanzenpollen und -sporen sowie eines dichten Wurzelnetzwerkes, gefunden. Die Vegetationsüberreste belegen, dass vor etwa 90 Millionen Jahren ein gemäßigter, sumpfiger Regenwald im Küstenbereich der Westantarktis wuchs und die Jahresdurchschnittstemperatur etwa 12 Grad Celsius betrug – ein für das Südpolargebiet bisher unerwartet warmes Klima. Die vielfältigen Daten der Studie wurden daher als Zielvorgabe für ein globales Klimamodell genutzt, welches unter deutlich höheren als bisher vermuteten Kohlendioxidkonzentrationen von 1120–1680 ppmv einen fehlenden antarktischen Eisschild in einer komplett von Vegetation bedeckten Antarktis schlussfolgert.

Klages, J.P., Salzmann, U., Bickert, T., Hillenbrand, C.-D., **Gohl, K., Kuhn, G.,** Bohaty, S., Titschack, J., **Müller, J.,** Frederichs, T., Bauersachs, T., Ehrmann, W., van de Flierdt, T., Simões Pereira, P., Larter, R.D., **Lohmann, G., Niezgodzki, I., Uenzelmann-Neben, G.,** Zundel, M., Spiegel, C., Francis, J.E., **Nehrke, G.,** Schwarz, F., Smith, J.A., Freudenthal, T., **Esper, O.,** Pälike, H., **Ronge, T.,** Dziadek, R., **and the Science Team of Expedition PS104, 2020:** Temperate rainforests near the South Pole during peak Cretaceous warmth. *Nature*, 580, 81–86. doi:10.1038/s41586-020-2148-5

Highlight 2: Neuer organischer Schadstoff im Arktischen Ozean nachgewiesen (AWI, HZG)

Im Sommer 2018 wurde der Transport von 29 PFAS Schadstoffen (Verwendung für industrielle Anwendungen: wasser- und fettabweisende Eigenschaften) im Arktischen Ozean untersucht. An Bord des Forschungsschiffes POLARSTERN wurden Wasserproben entlang zweier Meeresströme, die in den Arktischen Ozean ein- und austreten, sowie entlang der Fahrt von Bremerhaven in die Arktis und zurück nach Tromsø (Norwegen) gesammelt. Die Probenahmen erfolgten bis in 3.000 Meter Wassertiefe. Das Wissenschaftlerteam (AWI, Harvard und HZG) wies mithilfe der Massenspektrometrie elf verschiedene PFAS in den Wasserproben nach. Darunter PFOA, PFOS, HFPO-DA und andere lang- und kurzkettige PFAS. Es war das erste Mal, dass der neue Ersatzstoff HFPO-DA im Meerwasser einer so abgelegenen Region nachgewiesen wurde. Die Ergebnisse zeigen, dass die Verbindung wie ihre Vorgängersubstanz über lange Strecken transportiert wird. Ein weiteres Problem stellen die „Altlasten“ in der Arktis dar. Mit zunehmender Eisschmelze werden dort angereicherte – zum Teil längst verbotene – Substanzen wieder zurück in die Ozeane transportiert.

Joerss, H., Xie, Z., Wagner, C.C., **Appen, W.-J. Von,** Sunderland, E.M., & **Ebinghaus, R.** (2020): Transport of Legacy Perfluoroalkyl Substances and the Replacement Compound HFPO-DA through the Atlantic Gateway to the Arctic Ocean – Is the Arctic a Sink or a Source? *Environmental Science & Technology*, doi:10.1021/acs.est.0c00228AWI.

3. Programm OCEANS: Von der Tiefsee zur Atmosphäre

Highlight 1: Größtes Massenaussterben der Erdgeschichte durch CO₂-Anstieg schlüssig nachvollziehbar

Vor 252 Millionen Jahren starben die meisten damals auf der Erde existierenden Lebensformen innerhalb weniger tausend Jahre aus. Mit Hilfe neuester Analysemethoden und Modellrechnungen ist es GEOMAR Forschenden in Kooperation mit dem GFZ und internationalen Partnern jetzt erstmals gelungen, die geochemischen Abläufe, die zu dieser Umweltkatastrophe geführt haben, schlüssig nachzuvollziehen. Durch die Messung verschiedener Isotope des Elements Bor in den fossilen Schalen muschelähnlicher Tiere (Brachiopoden) konnte die Entwicklung des CO₂-Gehalts der damaligen Atmosphäre rekonstruiert werden. Demnach kann eine starke Ozeanversauerung und globale Erwärmung direkt mit erhöhtem CO₂-Ausstoß durch gewaltigen Vulkanismus im heutigen Sibirien in Verbindung gebracht werden (ähnlich wie durch den heutigen anthropogenen CO₂-Ausstoß verursacht). Das geochemische Erdmodell zeigt aber auch, dass die höheren Temperaturen zu verstärkter Gesteinsverwitterung und somit Nährstoffeintrag in die Ozeane geführt haben, was die Krise durch Überdüngung und Sauerstoffmangel noch verstärkt und in der Summe zum größten Massenaussterben der Erdgeschichte geführt hat.

Jurikova H., Gutjahr M., Wallmann K., Flögel S., Liebetrau V., Posenato R., Angiolini L., Garbelli C., Brand U., Wiedenbeck M., **Eisenhauer A.** (2020) Permian-Triassic mass extinction pulses driven by major marine carbon cycle perturbations. *Nature Geoscience*. doi: 10.1038/s41561-020-00646-4.

Highlight 2: Trinkwasser unter dem Meeresboden

Trinkwasser ist in vielen dichtbesiedelten Küstenregionen eine sehr kostbare Ressource. Globale Studien haben gezeigt, dass in Küstennähe unterhalb des Meeresbodens große Süßwasserspeicher schlummern, die in der letzten Eiszeit entstanden sind, als der Meeresspiegel 120 m niedriger war. Diese Vorkommen werden zum Teil noch aus terrestrischen Quellen gespeist, andere sind von Süßwasserzufluss isoliert und drohen langsam durch eindringendes Meerwasser zu versalzen. In Zusammenarbeit mit der Universität Malta haben GEOMAR Forschende im Rahmen eines ERC Grants einen ausgedehnten Süßwasserkörper vor der neuseeländischen Canterbury-Küste entdeckt und dreidimensional abgebildet. Die angewandte neuartige Integration von elektromagnetischer und seismischer Kartierung in Kombination mit numerischer Modellierung und Geochemie wurde im Rahmen eines Helmholtz European Partnering Projektes entwickelt und ermöglicht eine präzisere Abschätzung der Größe von submarinen Süßwasserreservoirs.

Micallef A., Person M., **Haroon A., Weymer B.A., Jegen M.,** Schwalenberg K., **Faghih Z., Duan S.,** Cohen D., Mountjoy J.J., Woelz S., Gable C.W., **Averes T.,** Kumar Tiwari A. (2020) 3D characterisation and quantification of an offshore freshened groundwater system in the Canterbury Bight. *Nature Communications* 11, doi: 10.1038/s441467-020-14770-7.

4. Programm Atmosphäre und Klima

Highlight 1: COVID-19-induzierte CO₂-Emissionsminderungen sind in der Atmosphäre nicht nachweisbar

Einschränkungen während der COVID-19-Pandemie führten in 2020 zu einer Reduzierung der weltweiten Kohlendioxidemissionen um 7-8 Prozent. Dennoch zeigte eine Analyse von hemisphärisch repräsentativen TCCON-Messungen keine signifikant nachweisbare Abflachung des CO₂-Anstiegs in der Atmosphäre. Grund hierfür ist, dass der Effekt der Emissionsreduzierung durch COVID-19 auf die atmosphärische Wachstumsrate dominant überlagert wird durch die noch stärkere natürliche Klimavariabilität der Ozean- und Landsenken. In Folge muss eine modellbasierte Referenz herangezogen werden für den Fall ohne COVID-19-Einfluss mit entsprechenden Unsicherheiten.

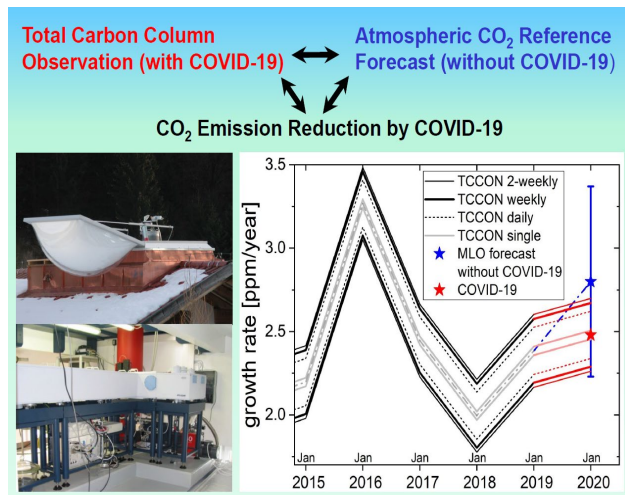


Abbildung 1: Hemisphärisch repräsentative CO₂-Jahresanstiegsraten aus Langzeitmessungen des TCCON-Netzwerks (schwarz). Zum Vergleich eine modellbasierte CO₂-Vorhersage für den Fall ohne COVID-19-Einfluss (blau). Innerhalb der kombinierten Unsicherheiten von Messung (rot) und Referenzvorhersage (blau) ist kein signifikanter Nachweis eines COVID-19

Sussmann, R., & Rettinger, M.: Can We Measure a COVID-19-Related Slow down in Atmospheric CO₂ Growth? Sensitivity of Total Carbon Column Observations, Remote Sens., 12, 2387, <https://doi.org/10.3390/rs12152387>, 2020.

Highlight 2: Bessere Vorhersagen für die Luftfahrt

Da Vulkanasche eine große Gefahr für Flugzeuge darstellt, ist eine korrekte und zuverlässige Vorhersage ihrer Ausbreitung in der Atmosphäre unerlässlich für die Sicherheit der Luftfahrt. Eine solche Vorhersage ist nur möglich, wenn alle physikalischen und chemischen Prozesse, welche die Ausbreitung beeinflussen, im Vorhersagemodell berücksichtigt werden. In den letzten Jahren wurden zwar Parametrisierungen vulkanischer Emissionen von verschiedenen Forschergruppen entwickelt, bis heute werden aber aerosoldynamische Prozesse und die Wechselwirkung von Strahlung und Aerosolpartikeln in Vorhersagemodellen für die Ausbreitung von Vulkanasche nicht berücksichtigt. Das Modellsystem ICON-ART wurde daher um die Behandlung dieser Prozesse erweitert. Um eine mögliche Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit der Ausbreitung zu untersuchen, wurde die Raikoke-Eruption in 2019 simuliert und die Ergebnisse mit Satellitenmessungen verglichen. Die Studie zeigt zum ersten Mal wie die kombinierte Betrachtung der Aerosoldynamik und der Aerosol-Strahlungswechselwirkung die Genauigkeit der Ausbreitungsvorhersage sehr feiner Vulkanasche in ICON-ART verbessert und die Modellergebnisse dadurch näher an die Satellitenmessungen heranbringt. Damit können in Zukunft zuverlässigere Aussagen zur Flugsicherheit nach Vulkanausbrüchen getroffen werden.

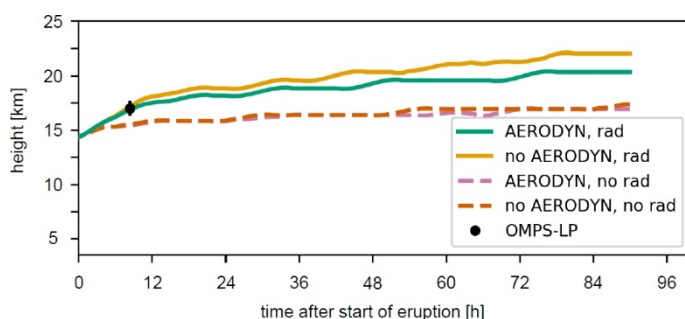


Abbildung 2: Zeitliche Entwicklung der Obergrenze der Vulkanaschefahne unter Vernachlässigung aerosoldynamischer Prozesse und der Strahlungswechselwirkung, die durchgezogenen Linien berücksichtigen diese. Der schwarze Punkt markiert die Satellitenbeobachtung.

Muser, L. O., Hoshyaripour, G. A., Bruckert, J., Horváth, Á., Malinina, E., Wallis, S., Prata, F. J., Rozanov, A., von Savigny, C., Vogel, H., and Vogel, B.: Particle aging and aerosol–radiation interaction affect volcanic plume dispersion: evidence from the Raikoke 2019 eruption, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 15015–15036, <https://doi.org/10.5194/acp-20-15015-2020>, 2020.

5. Programm Terrestrische Umwelt

Highlight 1: Messung von komplexen Chemikalienmischungen in Mensch und Umwelt

Menschen und Ökosysteme sind beständig einem Cocktail aus Tausenden von Chemikalien aus verschiedenen Quellen über eine Vielzahl von Pfaden ausgesetzt, so dass unerwünschte Auswirkungen auf Tiere und Menschen ein erhebliches Risiko darstellen. Trotz der geltenden Gesetzgebung ist die praktizierte Risikobewertung und -überwachung jedoch nach wie vor unzureichend. Das liegt vor allem an der ständig wachsenden, großen Zahl verwendeter Chemikalien und daran, dass Mischungseffekte zusätzliche Risiken darstellen können. Escher et al. stellen in einem Übersichtsartikel dar, wie sich über die bisher übliche Detektion und Quantifizierung von Einzelstoffen hinausgehen und die Herausforderung des Monitorings von Chemikaliengemischen in komplexen Umweltproben angehen lässt. Um valide Informationen über die chemischen Belastungen zu erhalten, ist eine umfassende Koordination von Probenahme, Extraktion, chemischer Nachweis und Datenanalyse erforderlich. Ein integrierter Ansatz einer Kombination von Target- und non-Target-Analysen mit in-vitro-Biotestverfahren ist geeignet, ein ganzheitliches Bild der Chemikalienbelastung zu gewinnen und darüber hinaus toxikologische Verbindungen zwischen Umwelt, Wildtieren und Menschen aufzuzeigen. Die Anwendung dieses Ansatzes in der Praxis erfordert einen Paradigmenwechsel in der bestehenden Risikobewertung hin zur Berücksichtigung von Mischungseffekten.

Beate I. Escher, Heather M. Stapleton, and Emma L. Schymanski: Tracking complex mixtures of chemicals in our changing environment; *Science* 2020, 367(6476):388-39.2

Highlight 2: Energie- und CO₂-Austausch zwischen Landökosystemen und Atmosphäre während der Dürre 2018 in Europa

Dürren wie im Jahr 2018 spielen für Europa eine zunehmende Rolle. Die Reaktion der betroffenen Landoberfläche kann die Dürre oder die globale Erwärmung verschärfen oder abmildern, z.B. durch veränderte Verdunstungskühlung oder CO₂-Aufnahme. Mit Bezug auf diesen Zusammenhang werteten wir die Daten von 56 Eddy-Kovarianz-Stationen verschiedener Betreiber in Europa aus (Graf et al., 2020), darunter drei eigener. Die Mehrheit der Standorte (46) war selbst nach strengen Kriterien von Dürre betroffen (unterdurchschnittliche Jahresniederschlagssumme bei gleichzeitig überdurchschnittlicher potenzieller Verdunstung, klimatische Wasserbilanz mehr als 75 mm unter normal). Sie lagen vor allem in Mittel- und Nordeuropa. Im Mittel nahmen sie 18 % weniger CO₂ auf, und gaben 32 % mehr fühlbare Wärme an die Atmosphäre ab als zuvor. Die tatsächliche Verdunstung (und damit der latente Wärmestrom) veränderte sich im Mittel nicht, was angesichts eines geringeren Niederschlagsdargebots bei gleichzeitig höherer potenzieller Verdunstung (atmosphärischer „Nachfrage“) sowohl erklärbar, als auch eine wichtige Ursache der oben beschriebenen Unterschiede im CO₂- und Wärmehaushalt ist. So bestimmen Wasserknappheit im Boden und die pflanzliche Verdunstungsregulation durch Stomata einerseits die Höhe der möglichen Photosyntheserate, andererseits die Menge der nicht für Verdunstung aufgewendeten Sonnenenergie, die in die Erwärmung der Atmosphäre fließen muss. Im Einzelfall hing die Veränderung der Verdunstung gegenüber den Vorjahren von der Jahreszeit (im Frühjahr eher positiv, im Sommer eher negativ), dem Niederschlagsdefizit (an Standorten mit milder Dürre eher

positiv, an stark betroffenen eher negativ) sowie dem örtlichen Wasservorrat und Ökosystemtyp ab (in Feuchtgebieten eher positiv, auf Ackerstandorten eher negativ). Dies schlug sich in einer geringeren Temperaturzunahme über Feuchtgebieten nieder. Hinsichtlich der CO₂-Aufnahme aus der Atmosphäre zeigten Wälder mit etwa 8 % den geringsten Rückgang und Grünlandstandorte mit 44 % den höchsten. Die Ergebnisse zeigen einerseits, dass die Landoberfläche und ihr Zustand Verlauf und Schwere von Dürre- und Hitzewellen beeinflussen, und andererseits, dass Landnutzung und -management durch den Menschen die Wärmebelastung, die Wasserführung von Flüssen und Talsperren und die CO₂-Senkenfunktion während solcher Ereignisse modifizieren. Dies wird Gegenstand weiterer Untersuchungen sein, z.B. mit Blick auf den Umgang mit und die Auswirkungen von durch Borkenkäfer entwaldete Flächen.

Graf, A., Klosterhalfen, A., Arriga, N., Bernhofer, C., **Bogena, H.**, Bornet, F., **Brüggemann, N.**, Brümmer, C., Buchmann, N., Chi, J., ..., **Ney, P.**, ..., **Schmidt, M.**, ..., **Vereecken, H.** (2020). Altered energy partitioning across terrestrial ecosystems in the European drought year 2018. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375(1810): 20190524. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0524>.

6. Forschungsbereichsübergreifende Aktivitäten

Die Zentren beteiligen sich gemeinsam an der strategischen Planung gemeinsamer Ausbauinvestitionen und der Helmholtz Roadmap 2021, die Helmholtz-übergreifend vor der Bundestagswahl im September 2021 fertiggestellt werden soll. Um die strukturellen Ziele des FB EuU in der PoF IV zu erreichen und um Relevanz und Nutzen von Forschungsinfrastrukturen zu erweitern, sind eine Reihe von Infrastrukturmaßnahmen geplant. Das Managementboard beschloss im Sommer 2020, folgende Maßnahmen als strategische Ausbauinvestitionsmaßnahmen (Kategorie A) für die Helmholtz Roadmap vorzuschlagen: AtmoSense, MUSE, SmartCables, TerraLab und Urbeno. Die Projekte AtmoSat und TerraLab 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 ESM-Projekt (Advanced Earth System Modelling Capacity. Koordination: AWI) begann im April 2017 und wurde ursprünglich von der HGF im Rahmen des Impuls- und Vernetzungsfonds für einen Zeitraum von drei Jahren finanziert. In der Zwischenzeit wurde das ESM-Projekt kostenneutral bis Ende 2020 verlängert, um einen nahtlosen Übergang in die PoF IV-Periode zu gewährleisten. Zudem wird es aus dem Innovationspool bis zum 31.12.2021 teilfinanziert. Das Projekt, an dem acht Helmholtz-Zentren beteiligt sind, zielt darauf ab, die Kapazitäten in der Erdsystemmodellierung im Forschungsbereich Erde und Umwelt zu bündeln und zu stärken. Insbesondere für die Diagnose von Erdsystemmodellen („virtuelle Feldkampagnen“ in hochauflösenden Modelldaten am AWI) wurden bis Ende 2020 zusätzliche Mittel in Höhe von 1 Mio. Euro aus der HGF bewilligt. Seit 2020 wird gemeinschaftlich an dem Thema Erdsystemmodellendiagnose gearbeitet (z.B. Diagnose von Modellfehlern und virtuelle Feldkampagnen in hochauflösenden Simulationen). Neben den eher technischen und wissenschaftlichen Entwicklungen, treibt ESM auch die strategische Entwicklung innerhalb der HGF und mit Partnern auf nationaler Ebene voran (nationale Erdsystemmodell-Strategie).

„Digital Earth – Towards SMART Monitoring and Integrated Data Exploration of the Earth System - Implementing the Data Science Paradigm“ ist ein zentrales Verbundprojekt der Zentren des Forschungsbereichs Erde und Umwelt (Koordination: GEOMAR), das im Rahmen des Impuls- und Vernetzungsfonds für einen Zeitraum von drei Jahren finanziert wurde. Ziel von Digital Earth ist es, datengetriebene Forschung durch neue Ansätze aus Informatik und Data Science so zu verbessern, dass disziplinübergreifende Fragestellungen zum Sys-

tem Erde integrativ untersucht werden können. Das Helmholtz-Projekt „Digital Earth“ wurde am 10.9.2020 von einer Jury von Digitalisierungsexperten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Medien mit dem Sonderpreis für „Digital Science“ mit einem „Digital Leader Award“ in der Kategorie „Society“ ausgezeichnet. Mit dem „Digital Leader Award“ zeichnen NTT und IDG Business Media seit 2016 branchenübergreifend Projekte und Teams aus, welche die digitale Transformation vorantreiben. „Digital Earth“ wurde außerdem eingeladen, im Rahmen des Digital-Gipfels der Bundesregierung vier projektbezogene Beiträge vorzustellen. Der Digital-Gipfel stand 2020 unter dem Thema „Nachhaltiger Leben“ und fand vom 20. November - 01. Dezember 2020 virtuell statt.

Die Digitalisierungsstrategie des FB EuU hat die Einrichtung einer förderierten und virtuellen Forschungsumgebung nach FAIR und Open Science Prinzipien für die interdisziplinäre und transdisziplinäre Zusammenarbeit in EuU und PoF als Leuchtturmprojekt. Ziel ist die Integration von Forschungsdatenmanagement, Modellierung und Datenanalyse mit Methoden der Künstlichen Intelligenz. Wesentliche Grundlage ist die Entwicklung des Kompartiment- und Zentren-übergreifenden Datenmanagements über die Initiativen DataHub EuU und den DAM Piloten „Unterwegsdaten“. Zentral für die Nutzbarkeit der Entwicklungen in EuU sind die Bedarfe der Programmforschung, der LK II-Infrastrukturen sowie der methodisch angelegten Cross Topic Activities (CTA) mit Data Driven Science, Erdsystem-Modellierung und Kompartiment- und Zentren- übergreifenden Aktivitäten bzw. Observatorien (Digital Earth, ESM, PL-Exa-Scale ESM, MOSES). Um diese Integration über die Initiativen hinweg zu ermöglichen, initiiert die 2019 eingerichtete AG Digitalisierung EuU die Prozesse der übergreifenden Digitalisierung in der Wissenschaft, indem sie für den FB und PoF IV passende Rahmenbedingungen der Digitalisierung erarbeitet und unter einem Dach bündelt. CTAs und DataHub schließen an den „Information and Data Science Incubator“ der Helmholtz-Gemeinschaft an. Hier sind insbesondere die EuU koordinierte Plattform HMC, das HAICU local EuU sowie die Schools HeiBRIDS und MarDATA zu nennen. CTAs und DataHub verstehen sich zudem als Beitrag zu nationalen und internationalen Digitalisierungsinitiativen in der Wissenschaft, wie der Nationalen Forschungsdaten Infrastruktur (NFDI, insb. NFDI4Biodiversity und NFDI4Earth), dem Nationalen Hochleistungsrechnen (NHR) oder der European Open Science Cloud (EOSC). Das Open Science Office der Helmholtz-Gemeinschaft bietet die notwendige Orientierung zur Umsetzung der Open Science Prinzipien.

A.2.4.1.3 Strategische Themen

1. Nachwuchsförderung

Nach Nachwuchswissenschaftler/innen werden in den Zentren mit hoher Priorität gefördert und profitieren von einer Reihe Fördermaßnahmen und Programmen, wie beispielsweise Graduiertenschulen, Promotions- und Mentoringprogrammen und Karriereberatungsmöglichkeiten für Doktoranden und PostDocs. Derzeit werden die Helmholtz-weiten PhD und Postdoc Leitlinien implementiert.

In 2020 wurde unter Beteiligung von Vertretern aller EuU-Zentren und koordiniert von Annett Hüttges (GFZ) ein Personalkonzept des Forschungsbereichs entwickelt, in dem den Zielen des FB in Bezug auf strategisches Personalmanagement konkrete Maßnahmen zugeordnet wurden. Mit dem Personalkonzept, dessen Entwicklung die „Ein-Programm-Strategie“ untermauert, sollen Nachwuchswissenschaftler/innen auf unterschiedlichen Karrierestufen (Doktoranden, PostDocs, Führungskräfte) sowie Mitarbeitende im Wissenschaftsmanagement und Personalentwicklungsabteilungen unterstützt und gefördert werden.

Um die negativen Folgen der Corona-Pandemie für den wissenschaftlichen Nachwuchs und dessen akademische Karriereentwicklung abzumildern, wurden mit hoher Flexibilität Vertragsverlängerungen realisiert. Vernetzungs- und Informationsangebote zum Aufbau von Kompetenzen im Bereich der Karriereplanung und Führung, Mentoring und individuelle Karriereberatungen wurden virtuell durchgeführt.

Nachwuchsgruppen

Am HZG begann die Nachwuchsgruppe „Modellbasiertes Maschinelles Lernen“ im Rahmen der Helmholtz Artificial Intelligence Cooperation Unit (HAICU) unter der Leitung von Dr. David Greenberg. Unter Leitung von Dr. Eva Marie Muehe startete die Helmholtz-Nachwuchsgruppe „RhizoThreats“ am UFZ, die zu den Wechselwirkungen zwischen Schwermetallverbindungen und der Rhizosphäre unter sich verändernden klimatischen Bedingungen forscht. Die Helmholtz-Nachwuchsgruppe von Dr. Jakob Zscheischler (UFZ) forscht unter dem Titel „COMPOUNDX“ am Zusammenwirken verschiedener Treiber klimabedingter Extremereignisse. Dr. Martina Klose startete ihre Helmholtz-Nachwuchsgruppe am KIT mit dem Titel „A big unknown in the climate impact of atmospheric aerosol: Mineral soil dust“. Dr. Emma Järvinen (KIT) wird in Ihrer Helmholtz-Nachwuchsgruppe zum Thema „Solving the Cirrus Cloud Puzzle: Do Cirrus Warm or Cool our Climate?“ forschen. Die Nachwuchsgruppe unter Dr. Penelope Whitehorn am KIT wird sich mit „Climate change and land-use impacts on European bumblebee populations beschäftigen“. Am AWI startete die von Florian Adolphi geleitete Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Klimasystemänderungen und Klimaarchive CLOC – Cosmic Links between Ocean Sediments and Ice Cores“, eine Förderzusage wurde gegeben an Mar Fernandez für ihre im Oktober 2021 startende Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Silicic acid Decline Effect in the Arctic Ecosystem SiDe-EFFECT“. Das GEOMAR erreichte im Oktober 2020 zwei Förderzusagen für Helmholtz-Nachwuchsgruppen: eine Gruppe um Dr. Morelia Urlaub wird zum Thema „Do volcanoes collapse retrogressively?“ forschen. Die zweite Nachwuchsgruppe, geleitet von Dr. David Needham, wird sich dem Thema „Specificity, prevalence, and mechanisms of microbe-to-microbe interactions in the ocean“ widmen.

Graduiertenschulen und PostDoc Programme

Im Bereich der Graduiertenförderung bieten die Zentren gemeinsam mit den Universitäten vor Ort qualifizierte Doktorandenprogramme an. Hierzu gehören:

AWI: POLMAR (Helmholtz Graduate School for Polar and marine Research); GLOMAR (Bremen International Graduate School for Marine Sciences, Uni Bremen); MarMic (International Max Planck Research School of Marine Microbiology, MPI); ArcTrain (DFG-International Research Training Group 1904 “Processes and impacts of climate change in the North Atlantic Ocean and the Canadian Arctic, Uni Bremen, MARUM, 2013-2022); PROCEED (Helmholtz Career Development Centre for Researchers); APECS (Office of the “Association of Polar early Career Scientists”).

FZJ: HITEC (Helmholtz Interdisciplinary Doctoral training in Energy and Climate Research); JuDocs: zentrumsweites strukturiertes Angebot für Promovierende und Betreuende; Mentoringprogramm: Helmholtz Advance - A Year for Your Career.

GEOMAR: MarDATA (Helmholtz School for Marine Data Science), AWI und GEOMAR mit Universitäten; PACT (Postdoc Academic Career Support Center); Beteiligung des GEOMAR an den Mentoring-Programmen für Frauen der Christian-Albrechts-Universität “Via:mento und via:mento_international”.

GFZ: Geo.X Young Academy; Helmholtz-Nachwuchsgruppe ARES.

HZG: SICCS (School of Integrated Climate System Service), Universität Hamburg; IMPRS (International Max-Planck Research School on Earth System Modelling); Integrated School

of Ocean Sciences, Kiel University; Graduate School der Fakultät für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften der Universität HH 2020; Leuphana Graduate School 2020; GRANAT (Die GRAduiertenschule der NATurwissenschaftlichen Fakultät), Leibniz Universität Hannover 2020.

KIT: GRACE (Graduate School for Climate and Environment); MICMoR Helmholtz Kolleg (Mechanisms and Interactions of Climate Change in Mountain Regions); Mentoring-Programme: X-Ment und Helmholtz Advance - A Year for Your Career.

UFZ: HIGRADE (Helmholtz Interdisciplinary GRADuate School for Environmental Research); TRACER (Helmholtz International Research School on TRAJeCtories towards WatER Security); Online-Veranstaltung zu „Mental Health Literacy in Academia“; Mentoring-Programme: t.e.a.m. expats und Helmholtz Advance.

Weitere, ausgewählte Nachwuchsförderung der Zentren 2020

Das neue PhD- und PostDoc Programm AWI-INSPIRES dient als programmatisches Instrument zur Forschungsförderung junger NachwuchswissenschaftlerInnen. Die in der ersten Ausschreibungsrunde 2020 rekrutierten 16 PhD KandidatInnen und 11 PostDocs, werden zu den Forschungsthemen des neuen PoF IV Programms beitragen.

HIDA Trainee-Netzwerk: Austauschprogramm für Promovierende und PostDocs (Trainees), die an einem Helmholtz-Zentrum tätig sind und deren Forschungsarbeit einen starken Bezug zu Informations- bzw. Datenwissenschaften hat. Es ermöglicht ein- bis dreimonatige Forschungsaufenthalte an einem anderen Helmholtz-Zentrum, die von HIDA finanziell unterstützt werden.

2. Chancengleichheit

Der FB EuU hat es sich zum Ziel gesetzt, die Chancengleichheit der Beschäftigten sicherzustellen und den Frauenanteil, insbesondere in W2/W3 Positionen, anzuheben. Gleichstellungspläne der Zentren ordnen den Zielen im Sinne der Chancengleichheit und Diversität konkrete Maßnahmen zu. Ein Schwerpunkt im Jahr 2020 lag auf der Überarbeitung des Kaskadenmodells (Zeitraum bis 2025) mit ambitionierten Zielquoten.

Die Pfeile deuten an, ob die künftig geplante (rechnerische) Steigerungsrate im Zeitraum 2020–2025 größer/gleich/kleiner ist als die mittlere Steigerungsrate im Zeitraum 2012–2019.

Bilanz: Stand der Erreichung der Zielquoten in Pakt III einschließlich der aggregierten Zielquoten für 2025										
Führungsebenen und Vergütungsgruppen (wissenschaftl. Personal)		Frauenquote Ist 2019	Frauenquote Ziel 2020	Differenz Ziel 2020 – Ist 2019 (%-Punkte)	Frauenquote Ziel 2025	Differenz Ziel 2025 - Ziel 2020 (%-Punkte)	Mittlere Steigerungsrate p.a. (2012–2019)	Geplante Steigerungsrate p.a. (2020–2025)	Frauenquote 2025 bei fortgeschriebener Entwicklung	Frauenquote bei Neubestellungen (2020–2025)
Führungsebenen	Zentrumsleitung	9,1%	20,0%	-10,9%	18,8%	-1,3%	-0,1%	➡ +1,6%	8,3%	40,0%
	Erste Führungsebene	21,7%	26,9%	-5,2%	27,3%	+0,4%	+0,4%	➡ +0,9%	24,0%	34,9%
	Zweite Führungsebene	22,0%	24,1%	-2,1%	27,5%	+3,4%	+0,8%	➡ +0,9%	26,7%	31,9%
	Dritte Führungsebene	21,2%	24,2%	-3,0%	25,1%	+0,9%	+0,7%	➡ +0,6%	25,7%	34,6%
	Leitung FG/NWG/FB	30,4%	38,3%	-7,9%	38,0%	-0,3%	-0,3%	➡ +1,3%	28,7%	44,4%
Vergütungsgruppen	W3/C4	20,1%	23,8%	-3,7%	26,1%	+2,3%	+1,4%	➡ +1,0%	28,2%	33,2%
	W2/C3	23,6%	25,7%	-2,2%	29,2%	+3,4%	+1,0%	➡ +0,9%	29,8%	37,6%
	W1	33,3%	46,3%	-13,0%	46,2%	-0,1%	+0,7%	➡ +1,9%	37,4%	49,0%
	E 15 Ü TVöD/TV-L, ATB, S (B2, B3)	15,0%	12,6%	+2,4%	18,0%	+5,4%	+1,2%	➡ +0,5%	22,2%	27,3%
	E15 TVöD/TV-L	15,6%	18,8%	-3,2%	21,3%	+2,5%	+0,3%	➡ +0,9%	17,5%	30,7%
	E14 TVöD/TV-L	28,2%	28,2%	+0,0%	32,0%	+3,8%	+0,9%	➡ +0,6%	33,8%	35,9%
	E13 TVöD/TV-L	39,7%	39,8%	-0,1%	41,6%	+1,7%	+0,2%	➡ +0,3%	41,0%	37,8%

Zu beachten: Die Ist-Zahlen zu 2020 liegen frühestens am 31.01.2021 vor.

Ein wichtiges Instrument ist hierbei die Rekrutierungsinitiative „Helmholtz Distinguished Professorship – Förderung der Rekrutierung internationaler Spitzenwissenschaftlerinnen (W3)“. In 2020 wurde Prof. Dr. Michaela I. Hegglin eine W3-Position am FZJ zum Thema „The Stratosphere and the Earth System – Detection of Causality and Mechanisms“ bewilligt (jährliche Förderung von 600 TEuro). Annika Jahnke hat zum 01. Juni 2020 in einer gemeinsamen Berufung des UFZ mit der RWTH Aachen University die Ernennungsurkunde zur W2-Professorin für Exposomanalytik erhalten. Am GEOMAR haben Prof. Dr. Gisela Winckler (reguläres Verfahren) und Prof. Dr. Sylvia Sander (Nachbesetzung der über die Rekrutierungsinitiative eingeworbenen Professur von Prof. Dr. Mark Hannington) Förderzusagen erhalten; beide personenbezogenen Berufungsverfahren laufen derzeit noch. Zudem hat das KIT eine erfolgreiche Bewerbung von Dr. Nadine Rühr (IMK-IFU, KIT) auf eine „Helmholtz W2/W3-Professur für exzellente Wissenschaftlerinnen“ mit dem Titel „Forest resilience to climate change: From plant physiology to ecosystem dynamics“ zu verzeichnen.

Bei den Besetzungen des Programm- und Topicsprecher-Boards wurde angestrebt, eine Beteiligung von mindestens 30% Frauen zu erreichen. Sechs der insgesamt 16 Mitglieder des Programm- und Topic-Sprecher Boards sind Frauen – das entspricht einem Frauenanteil von 38%.

Vielfältige Maßnahmen zur Vereinbarkeit von Familie und Beruf (z.B. flexible Arbeitszeiten, Elternzeitprogramm, Kinderbetreuung) werden in den Zentren durchgeführt, die in den Programmfortschrittsberichten detaillierter beschrieben werden.

Die Begleitung und Weiterentwicklung der Maßnahmen für eine optimale Vereinbarkeit von Familie und Beruf wird durch eine Reihe von Audits „berufundfamilie“ (FZJ, KIT) und „familiengerechte hochschule“ (KIT) bzw. das Kooperationsnetzwerk „success factor family“ (GFZ) nachverfolgt. Am UFZ wurde 2020 die Re-Auditierung „Konsolidierung“ des Audits berufundfamilie erfolgreich durchlaufen. Dem GEOMAR wurde zum zweiten Mal das TOTAL E-QUALITY-Prädikat verliehen.

Das Krisenmanagement der Zentren auf Grund der COVID-19-Pandemie erfolgte mit explizitem Fokus auf die Doppelbelastung von Mitarbeitenden mit Kindern oder Pflegeaufgaben, z.B. durch besondere Rücksichtnahme in den Arbeits- und Krisenkonzepten der Organisationseinheiten, erleichterte Arbeitsbefreiung sowie klare, frühzeitige und transparente Information zur rechtlichen Situation und zur Möglichkeit von Sonderurlaub. Um auf die während der Pandemie geschlossenen Bildungseinrichtungen zu reagieren, hat beispielsweise das GEOMAR ein Tandem-Programm zur Unterstützung bei der Betreuung von Kleinkindern ins Leben gerufen und ermöglicht auch eine digitale Betreuungsmöglichkeit für Kinder bei Voioo. Das Helmholtz-Camp 2020 musste aufgrund der Corona-Pandemie leider kurzfristig abgesagt werden.

3. Vernetzung

Als Preisträgerinnen des Helmholtz International Fellow Awards 2020 sind Dr. Amaelle Landais, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE, Frankreich (AWI) und Prof. Dr. Margaret A. Palmer, Distinguished Professor im Department of Entomology an der University of Maryland und Direktorin des National Socio-Environmental Synthesis Center, SESYNC (UFZ) ausgezeichnet worden.

Die Vorbereitungen für das zukünftige gemeinsame Programm „Changing Earth – Sustaining our Future“ haben im Berichtszeitraum zu einer weiteren syntheseorientierten Vernetzung aller Zentren im Helmholtz-Forschungsbereich Erde und Umwelt geführt. Dazu dient insbesondere der Innovationspool, der am 18.12.2020 im Forschungsbereich ausgeschrieben wurde.

Der Verbund deutscher Meeresforschungseinrichtungen (DAM) wurde im Juli 2019 als eine der weltweit größten marinen Forschungsallianzen ins Leben gerufen, die führende deutsche Meeresforschungseinrichtungen, universitäre und außeruniversitäre, verbindet. Mit seinen 19 Mitgliedern und vier inhaltlichen Kernbereichen (Forschungsmissionen, Infrastrukturen, Datenmanagement und Digitalisierung sowie Transfer) trägt die aktuell aus den Paktmitteln finanzierte Deutsche Allianz Meeresforschung maßgeblich zur Weiterentwicklung und Sichtbarkeit der deutschen Meeresforschung bei. Aktuelle Arbeiten im Bereich ‚Work- und Dataflows‘ sind „Unterwegsdaten“ großer Forschungsschiffe und die Entwicklung eines gemeinsamen Datenportals und Viewers. Am 03. März 2020 hat die DAM sich in Berlin im FUTURIUM – Haus der Zukünfte vor rund 200 Gästen präsentiert und ihre Aufgaben und Ziele vorgestellt. Die erste Sitzung des Internationalen Beirats der DAM fand am 30. März statt (per VK). Prof. Dr. Peter Schlosser wurde zum Vorsitzenden des Gremiums gewählt. Die Helmholtz Zentren AWI, GEOMAR und HZG unterstützen den Aufbau der DAM und beteiligen sich umfangreich an Arbeitsgruppen und Strategieentwicklungen.

Im Rahmen des Pilot Lab Exascale Earth System Modelling (PL-ExaESM) werden spezifische Konzepte erforscht, um die Exascale-Bereitschaft von Erdsystemmodellen und die damit verbundenen Arbeitsabläufe in der Erdsystemwissenschaft zu ermöglichen. Im Rahmen von PL-ExaESM wurde am AWI nun eine Softwarelösung entwickelt, um Datensätze gleichzeitig von mehreren beteiligten Computern aus schreiben und lesen zu können. Zudem ist es hiermit möglich, die Lese- und Schreibvorgänge parallel, d.h. im Hintergrund zu der Berechnung des Ozeanmodells vorzunehmen.

Im Jahr 2020 wurden die Vorbereitungen für die Einrichtung der am UFZ koordinierten europäischen Infrastruktur zur Langzeit-Ökosystemforschung (eLTER) durch zwei begonnene Vorbereitungsprojekte (eLTER PLUS sowie eLTER PPP), aus EU-Mitteln unterstützt, weiter vorangetrieben. Die eLTER Forschungsinfrastruktur verfolgt einen ganzheitlichen Systemansatz, um Umweltveränderungen zu beobachten, Daten zu erheben und bereitzustellen und diese zu analysieren. Dies wird der Untersuchung von gemeinsamen Auswirkungen der wichtigsten Umweltstressoren in terrestrischen, aquatischen und Küsten-Ökosystemen über alle ökoklimatischen Regionen Europas dienen.

Durch erfolgreiche Exzellenzinitiativen wurde die Vernetzung der Zentren mit den Universitäten weiter intensiviert. Im Exzellenzcluster PhenoRob (Robotik und Phänotypisierung für Nachhaltige Nutzpflanzenproduktion) kooperiert seit 1.1.2020 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 HZG 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.

Im Rahmen des „Helmholtz Institute for Climate Service Science (HICSS)“ kooperieren Wissenschaftler/innen des HZG/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.

Im Rahmen des Inkubator-Programms Helmholtz Artificial Intelligence Cooperation Unit (HAICU) wurde Anfang April 2019 am HZG 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).

Über das geowissenschaftliche Forschungsnetzwerk Geo.X sind das GFZ und 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.

4. Drittmittelinwerbung

Frau Dr. Morelia Urlaub (GEOMAR) wird im Rahmen ihres ERC Starting Grants das Forschungsprojekt „Slow sliding of volcanic flanks as PREcursor to catastrophic COLLAPSE“ untersuchen (1,5 Mio. Euro Förderung). Im April 2020 startete Frau Claire Treat mit ihrer ERC-Nachwuchsgruppe FluxWin am AWI. Die Forschenden um Claire Treat werden die Emissionen der aus dem Kohlenstoff- und Stickstoffkreislauf resultierenden Treibhausgase in verschiedenen nördlichen Ökosystemtypen mit Hilfe von automatisierten Kammern und hochfrequenten Treibhausgasflussmessungen untersuchen. Am GFZ starteten in 2020 die ERC-Synergy Grants MEET und DEEP PURPLE sowie das ERC Consolidator Projekt GyroSCoPe.

Ausgewählte koordinierte Drittmittelprojekte der Programme:

- Verbundprojekt *ACTRIS-D* zum Aufbau eines europäischen Netzwerkes von Messstationen zur Wolkenforschung, Fördersumme gesamt: 74,6 Mio. Euro, Zentrums-Anteil FZJ: 7,7 Mio. Euro, Laufzeit: 2021 – 2026.
- *Coastal ecosystem carbon balance in times of rapid glacier melt (CoastCarb)*, AWI-Anteil der Fördersumme: 1,1 Mio. Euro (EU); Laufzeit: 2020 – 2023.
- *PERMASTROM*: Photovoltaikertragsprognose zum besseren Management des Einflusses des atmosphärischen Aerosols auf die Stromnetze in Deutschland und Europa, Fördersumme: 2,5 Mio. Euro (BMW), davon Zentrums-Anteil KIT: 1,1 Mio. Euro, Laufzeit: 2020 – 2024.
- *Ocean Negative Emission Technologies - analysing the feasibility, risks, and co-benefits of oceanbased negative emission technologies for stabilizing the climate (OceanNets)*, Fördersumme 7,2 Mio. Euro (EU), GEOMAR-Anteil 2,5 Mio. Euro, Laufzeit: 2020-2024.
- *OPTimal strategies to retAIN and re-use water and nutrients in small agricultural catchments across different soil-climatic regions in Europe (OPTAIN)*, Fördersumme: 7 Mio. Euro (EU), davon UFZ-Anteil: 1,06 Mio. Euro.
- *Regionale Informationen zum Klimahandeln RegIKlim*, Fördersumme: 18 Mio. Euro (BMBF), davon Zentrums-Anteil KIT: 2 Mio. Euro, Laufzeit: 2020 – 2023.
- *Nutzbare Lokale Klimainformationen für Deutschland NUKLEUS*, Fördersumme gesamt: 2,9 Mio. Euro, Zentrums-Anteil HZG: 630 TEuro.

5. Wissens- und Technologietransfer

Das Bundeskabinett hat auf Vorschlag von Bundesumweltministerin Svenja Schulze erstmals Forschende des UFZ in den siebenköpfigen Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) berufen: den Agrarökologen Prof. Dr. Josef Settele und den Umweltjuristen Prof. Dr. Wolfgang Köck. Die Amtsperiode für die beiden Sachverständigen begann am 01. Juli 2020 und endet am 30. Juni 2024.

Im Kontext der Revision der Hightech-Strategie der Bundesregierung wurde durch das BMBF erstmalig ein Beteiligungsprozess initiiert. In diesem Rahmen wurde am 31. August 2020 im Kongresszentrum des Sail City-Hotels in Bremerhaven ein Regionaldialog zum Thema „Nachhaltiges Bremerhaven – Ideenbörse für die Stadtgesellschaft von morgen“ durchgeführt. Unter der Patenschaft der AWI-Direktorin (wie KIT Präsident Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka Mitglied des Hightech-Forums) wurde der Regionaldialog inklusive einer vorbereitender Stakeholder-Interviews durch das Regionalteam unter Federführung der AWI-Transferstelle organisiert und in Kooperation mit Wirtschaftsförderung, ttz Bremerhaven und der Hochschule organisiert.

Die Hauptaufgaben der gemeinsamen Synthese- und Kommunikationsplattform "SynCom" des FB EuU werden durch die Begriffe „Synthesis“ und „Communication“ beschrieben. Mit Synthese meint man das Zusammenführen von Arbeiten und Erkenntnissen aus unterschiedlichen Disziplinen, Zentren und thematischen Programmschwerpunkten (Topics). Dieses geht weit über die Vermittlung von Forschungsergebnissen hinaus. Vielmehr will die SynCom-Plattform Forschende von Anfang an so vernetzen, dass sie mit ihren Arbeiten zur Lösung der großen gesellschaftlichen Probleme bestmöglich beitragen. Komplementär zur Kommunikation der beteiligten Helmholtz-Zentren baut der FB EuU daher die Synthese- und Kommunikationsplattform SynCom auf, um nicht nur Forschende zu vernetzen, sondern auch den Dialog mit der Gesellschaft zu stärken. Im Fokus stehen dabei Politikberatung sowie Wissenstransfer. Das Auswahlverfahren für die Position der Leitung des Koordinierungsbüros am Standort Berlin wurde im Herbst 2020 mit der Einstellung von Dr. Anke Allner zum April 2021 erfolgreich abgeschlossen. Im Herbst 2020 wurden in Ergänzung zu der bestehenden AG SynCom mit VertreterInnen aller beteiligten Zentren auch ein Redaktionsbeirat sowie die wissenschaftlichen Ankerpersonen in den sieben Zentren benannt. Sie sollen die auf strategischer Ebene arbeitende AG SynCom in der Öffentlichkeitsarbeit und bei operativen Belangen unterstützen und bilden die Schnittstellen in die Topics und Zentren.

Die Wissensplattform ESKP (Earth System Knowledge Platform) hat seit 2012 webbasiert Wissensbestände und Forschungsergebnisse aus dem FB EuU und darüber hinaus ansprechend für eine breitere Öffentlichkeit aufbereitet. Seit Beginn der PoF IV im Januar 2021 wird die Wissensplattform des Forschungsbereichs Erde und Umwelt nicht mehr fortgeführt. Zukünftig sollen die Beiträge von ESKP in der SynCom aufgehen, die damit in Bezug auf Content und Breitenwirkung eine gute Startbasis hat.

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. Im Fokus von Cluster 1 steht die Entwicklung einer Roadmap, welche die Schritte zur CO₂-Neutralität in Deutschland bis zum Jahr 2050 demonstrieren wird und die zeigt, wie die Helmholtz-Gemeinschaft Deutschlands Weg zur CO₂-Neutralität begleiten und unterstützen kann. Durch die Simulation künftiger Systeme unter Klimawandel wurden im Jahr 2020 konkrete Produkte (z.B. ein Sturmmonitor) und generell einsetzbares Wissen (z.B. zum Waldumbau) produziert. Die zentrenübergreifende Arbeit hat zur Generierung eines nationalen Klima- und Wasserhaushalts-Ensembledatensatzes mit einer bisher unerreichten räumlichen Auflösung von 1,2 km geführt. Dieser ist auch für Praxispartner außerhalb der Wissenschaft sehr interessant und liefert z.B. einen wichtigen Baustein für das 2021 gestartete IVF-Projekt „Wasserressourcen-Informationssystem Deutschland“ (Maßnahmen zur Förderung von Wissenstransferaktivitäten des IVF). Im Jahr 2020 wurde planmäßig eine angemessene Kommunikationsinfrastruktur aufgebaut. So wurde eine Website als zentrale Kommunikationsplattform (Helmholtz-Information-Hub) konzipiert und umgesetzt. Eine Expert/innendatenbank wurde eingerichtet. Parallel wurden Social-Media-Kanäle geschaffen: auf Twitter, Facebook, Insta-

gram und LinkedIn. Auf einem Youtube-Kanal wird in kurzen Video-clips die Arbeit der Klima-Initiative vorgestellt. Im Oktober 2020 fand online ein Treffen der Gesamt-Initiative statt, bei dem sich die Beteiligten gegenseitig über den aktuellen Stand ihrer Arbeit informierten und Möglichkeiten der Zusammenarbeit diskutierten.

Die Helmholtz-Initiative REKLIM (Regionale Klimaänderungen) 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 sollen. Zum Abschluss der MO-SAiC-Expedition haben das Klimabüro für Polargebiete und Meeresspiegelanstieg und die Geschäftsstelle von REKLIM zusammen die während der Expedition auf der Webseite meereisportal.de initiierten Berichte zur Meereisforschung, die sog. DriftStories, in eine Druckversion überführt und als Booklet herausgebracht. Darüber hinaus ist das Erwachsenenbildungsprojekt „klimafit – Klimawandel vor unserer Haustür und was kann ich tun?“ trotz COVID-19-Pandemie zusammen mit dem AWI-Klimabüro und WWF Deutschland weiterentwickelt und in ein Blended-Learning-Format überführt worden, um den Herausforderungen des Pandemie-bedingten Ausfalls von Präsenzveranstaltungen zu begegnen. So konnte der vhs-Kurs in 2020 bundesweit an allen 32 Standorten erfolgreich zu Ende geführt werden. Von 510 Teilnehmenden haben 320 den Kurs mit einem Zertifikat abgeschlossen und wirken nun als MultiplikatorInnen in ihren Kommunen. Darüber hinaus ist klimafit unter 110 Bewerbungen für die Endrunde der besten sechs Projekte für den Nord-West-Award 2020 nominiert worden und ist mit dem Transferpreis 2020 des AWI-Fördervereins ausgezeichnet worden.

Die Zentren streben an, eine lebendige Transferkultur zu etablieren um so die Zahl der Ausgründungen, Lizenzverträge und Patente weiter zu erhöhen. So haben die Zentren im Berichtszeitraum die Erstellung von Transferstrategien eingeleitet. Beispielhaft hat das Zertifikatsprogramm „Jülich Innovation und Entrepreneurship“ im Berichtszeitraum mit der Pilotierung begonnen. Das erarbeitete Konzept zielt ab auf die Sensibilisierung und die praxisnahe Befähigung von Nachwuchswissenschaftler/innen für Wissens- und Technologietransfer, sowie die Ideengenerierung und Entwicklung von Transfervorhaben. Im Berichtszeitraum starteten am GFZ die Helmholtz Innovation Labs '3D-Untertage-Seismik Lab' und 'FERN.Lab', die gemeinsam von der Helmholtz-Gemeinschaft und dem GFZ finanziert werden und in deren Rahmen wissenschaftliche Expertise mit den Bedürfnissen der Wirtschaft und ihrer Kunden iterativ zusammengeführt werden soll.

Im Rahmen der Förderrichtlinie des BMBF „Unterstützung anwendungsorientierter Forschung für außeruniversitäre Forschungseinrichtungen“ zur Förderung von Projekten auf Zukunftsfeldern der angewandten Forschung wurde im Herbst 2020 ein zentrenübergreifender Antrag für eine Helmholtz-Plattform zum Technologietransfer im Bereich Klima und Umweltschutz eingereicht. Der Antrag konnte letztlich aufgrund finanzpolitischer Entscheidungen im Konjunkturpaket nicht berücksichtigt werden.

Das Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM) ist eine interdisziplinäre Forschungseinrichtung des KIT auf den Themenfeldern Katastrophen, Risiken und Sicherheit. Im Rahmen der Forensischen Katastrophenanalysen (FDA) werden 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 Berichte zu einzelnen Ereignissen werden zeitnah der breiten Öffentlichkeit, aber auch verschiedenen Hilfsorganisationen (u.a. WorldBank, ReliefWeb) zur Verfügung gestellt.

Das UFZ entwickelt Informationssysteme zur Unterstützung einer nachhaltigen Landnutzungspolitik (z.B. „Dürremonitor Deutschland“). Im Berichtszeitraum wurden zwei Anträge

des UFZ in der Linie „Wissenstransfer-Leuchttürme“ im Rahmen der Helmholtz-Förderung für Wissenstransfer genehmigt.

Der 2018 aus der AWI-AG Bionischer Leichtbau (BL) ausgegründeten Firma Elise GmbH schloss die Ausgründungsphase Ende Februar 2020 ab. Dem Startup wurde am 14. Dezember 2020 der 1. Platz beim KFW Award Gründen in Bremen sowie der 2. Platz beim Bremer Gründungspreis (Publikumspreis) verliehen. Im Herbst 2020 rollte das junge Deep-Tech-Unternehmen seine fertiggestellte Konstruktionssoftware ELISE 2.0 aus und wuchs bis Ende 2020 auf 22 Mitarbeitende an.

Im Projekt ADAPTER, einem Helmholtz Leuchtturmprojekt für Wissenstransfer, entwickeln GERICS und FZJ in engem Dialog mit Praxispartnern eine breite Informationsbasis für die Landwirtschaft. Der Wissens-transfer erfolgt dabei über ein Praxisnetzwerk und die ADAPTER Produktplattform, die seit Oktober 2020 zur Nutzung online ist (www.adapter-projekt.de).

Der EARTO Innovation Award 2020 wurde an Osteolabs verliehen. Das am GEOMAR entwickelte Verfahren aus der Meeresforschung, das ursprünglich zur Untersuchung von Korallendiebstahl, wurde zur nicht-invasiven Früherkennung der Volkskrankheit Osteoporose weiterentwickelt.

Mit dem Sturmflutmonitor (<https://sturmflutmonitor.de>) und dem Sturmmonitor (www.sturm-monitor.de online) gingen 2020 zwei neue Online-tools der HZG Küstenforschung online, die der faktenbasierten Einordnung von Extremereignissen Stürmen und Sturmfluten dienen.

Ende 2020 ist auch das vom MWFK geförderte Projekt KONSAB (GFZ) zum Transfer von Fernerkundungswissen durch (Online-)Weiterbildungsformate für die Land- und Forstwirtschaft erfolgreich abgeschlossen worden. Das von Helmholtz geförderte Wissenstransferprojekt SAPIENS (GFZ) wird die Aktivitäten mit anderen Zielgruppen fortsetzen.

A.2.4.1.4 Quantitative Indikatoren

	Einheit	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Veränderung 2020 zu 2019 absolut	Veränderung 2020 zu 2019 prozentual
ISI oder SCOPUS zitierte Publikationen	Anzahl	2.738	2.902	3.243	3.315	3.592	3.710	3.926	216	6%
Bücher und Buchkapitel	Anzahl	296	340	298	316	356	294	237	-57	-19%
Drittmittelträge	TEUR	116.346	117.431	128.146	138.180	127.582	135.267	133.198	-2.069	-2%
abgeschlossene Dissertationen	Anzahl	215	209	246	243	187	195	181	-14	-7%
Nachwuchsgruppen	Anzahl	29	32	37	40	37	37	39	2	5%
ausgewählte koordinierte nationale und intern. Förderprogramme	Anzahl	125	144	127	139	149	156	167	11	7%
Kooperationen mit der Wissenschaft	Anzahl	1.034	1.109	1.287	1.351	1.412	1.368	1.321	-47	-3%
Kooperationen mit der Wirtschaft	Anzahl	261	307	347	365	361	349	357	8	2%
prioritätsbegründende Patentanmeldungen	Anzahl	19	10	16	22	17	8	8	0	0%
erhaltene Rufe	Anzahl	24	16	12	11	10	8	14	6	75%
Gastwissenschaftler	Anzahl	458	563	449	563	568	602	516	-86	-14%
Kapazität der grundfinanzierten Wissenschaftler	PJ	1.082	1.128	1.174	1.120	1.129	1.161	1.184	24	2%
Kapazität der drittmittel-finanzierten Wissenschaftler	PJ	651	619	579	578	616	634	679	45	7%
Summe Wissenschaftler	PJ	1733	1747	1.752	1.698	1.745	1.794	1.863	69	4%

Die Anzahl ISI- oder Scopus-zitierten Publikationen konnte im Berichtsjahr 2020 wiederum gesteigert werden. Die durchschnittliche Publikationsleistung beträgt wie im Vorjahr 2,1 Publikationen pro Wissenschaftler/in (grund- und drittmittelfinanziert). Die Drittmittelträge sind in 2020 im Vergleich zum Vorjahr um 2% zurückgegangen. Gegenüber dem Vorjahr ist die Anzahl der Kooperationen mit Wissenschaft in 2020 um 3% gesunken, während die Kooperationen mit der Wirtschaft um 2% gesteigert werden konnten. Die Anzahl der prioritätsbegründeten Patentanmeldungen ist gegenüber dem Vorjahr unverändert. Eine nahezu Verdopplung (mit 8 im Jahr 2019 und 14 im Jahr 2020) ist für die Anzahl der erhaltenen Rufe zu verzeichnen. Im Jahr 2020 hat sich Anzahl der Gastwissenschaftler/innen gegenüber dem Vorjahr um 14% verringert, was vermutlich auf die Corona-Pandemie zurückzuführen ist. Die Kapazität der Wissenschaftler/innen erhöhte sich sowohl bei dem grundfinanzierten als auch bei den drittmittelfinanzierten WissenschaftlerInnen insgesamt im Berichtsjahr 2020 (+4%) wie bereits im Vorjahr (+3%).

A.2.4.2 Rolle des Zentrums im Forschungsbereich Erde und Umwelt

Im Forschungsbereich Erde und Umwelt beteiligt sich das KIT am Programm „Atmosphere and Climate“ (ATMO).

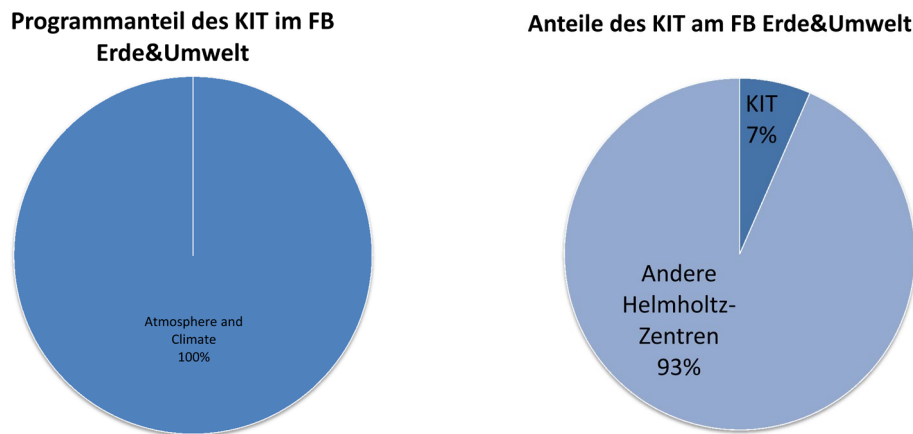


Abbildung 21: Programmanteile des KIT im Forschungsbereich Erde und Umwelt

Das „Modular Observation Solutions for Earth Systems (MOSES)“ wird unter Beteiligung des KIT als gemeinsames Beobachtungssystem innerhalb des Forschungsbereiches Erde und Umwelt betrieben. Die aus sehr flexiblen und mobilen Beobachtungsmodulen bestehende Infrastruktur ist speziell dafür ausgelegt, die zu untersuchenden Wechselwirkungen von kurzfristigen Ereignissen als auch langfristigen Trends in Systemen von Erde und Umwelt in Beziehung zueinander zu bringen. Ziel ist es, den Klimawandel über die verschiedenen Skalen von Zeit und Raum besser zu verstehen.

Im Rahmen des Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft wird das Zukunftsthema „Developing Advanced Earth System Modelling Capacity (ESM)“ für drei Jahre gefördert (Federführung: AWI; Partner: FZJ, GEOMAR, GFZ, HZG, UFZ, DLR, KIT). Hier wird die Expertise auf dem Gebiet der globalen und regionalen Modellierung der beteiligten Zentren gebündelt und somit gestärkt. Ebenfalls als Zukunftsthema wird „Digital Earth“ gefördert. In diesem Projekt werden Rahmenbedingungen für eine integrative Zusammenführung verschiedenster Daten geschaffen, um deren vollständige Nutzung zu ermöglichen.

Das KIT baut derzeit seine Aktivitäten auf dem Gebiet der Atmosphärenforschung durch den Vorschlag zur Durchführung der Satellitenmission ATMO-SAT als Teil der nationalen Roadmap für Forschungsinfrastrukturen des BMBF aus. ATMO-SAT ist eine vom KIT und FZJ gemeinsam entwickelte Satellitenmission zur Untersuchung der atmosphärischen Variabilität mit dem Ziel der Verbesserung von regionalen Klima- und mittelfristigen Wettervorhersagen.

Zudem beteiligt sich das KIT am Antrag „Aerosols, Clouds, and Trace gases Research Infrastructure Network Deutschland (ACTRIS-D)“ für die nationale Roadmap für Forschungsinfrastrukturen des BMBF.

Atmosphere and Climate (ATMO)

Übergeordnetes Ziel des in die Programmenthemen „Cloud and weather research“, „Land surface processes in the climate system“, „Tropospheric trace substances and their transformation processes“ und „Composition and dynamics of the upper troposphere and middle atmosphere“ unterteilten Programms ATMO ist es, konsistente Prozessdarstellungen für At-

mosphären- und Klimamodelle zu entwickeln und somit belastbare Szenarien zur effizienten und umsetzbaren Verringerung von Folgen des Klima- und Umweltwandels durch rechtzeitige Warnungen und Anpassungen bereitzustellen. Dafür konzentriert sich das Programm auf die Untersuchung der grundlegenden Prozesse in der Atmosphäre (von der Erdoberfläche bis zur Mesosphäre) und ihre Kopplung mit der Biosphäre.

Der Beitrag des KIT im Rahmen des Programms beinhaltet einzigartige messtechnische Expertise und Infrastruktur zur Messung der wichtigsten Prozesse des atmosphärischen Wasserkreislaufs sowie der biogeochemischen Kreisläufe umweltrelevanter Spurengase und von Aerosolen. Das KIT ist stärkster Partner im ATMO-Programm und an allen Programmenthemen beteiligt. Es stellt sowohl den Programmsprecher, wie auch zwei der Programmenthemensprecher.

A.2.4.3 Programmanteil Atmosphere and Climate (ATMO)

A.2.4.3.1 Das Programm im Überblick

Ziele und Einbettung in den Forschungsbereich

Übergeordnetes Ziel des Programms ATMO ist es, konsistente Prozessdarstellungen für Atmosphären- und Klimamodelle zu entwickeln und somit belastbare Szenarien zur effizienten und umsetzbaren Verringerung von Folgen des Klima- und Umweltwandels durch rechtzeitige Warnungen und Anpassungen bereitzustellen. Dafür konzentriert sich das Programm auf die Untersuchung der grundlegenden Prozesse in der Atmosphäre (von der Erdoberfläche bis zur Mesosphäre) und ihre Kopplung mit der Biosphäre.

Das Programm ATMO erfasst mit einzigartiger messtechnischer Expertise und Infrastruktur die wichtigsten Prozesse des atmosphärischen Wasserkreislaufs sowie der biogeochemischen Kreisläufe umweltrelevanter Spurengase und von Aerosolen. Die in umfangreichen Messkampagnen in internationalen Initiativen und in Versuchskammern erhobenen Daten werden in gekoppelten Modellsystemen dazu verwendet, die aus den Umweltveränderungen resultierenden ökologischen und sozioökonomischen Folgen zu quantifizieren und Handlungswissen für den Klima- und Umweltschutz zu gewinnen. Die Forschungsarbeiten sind durch langfristig angelegte Stationsmessungen, Flugzeug-, Ballon- und Luftschiffmessungen sowie durch Satellitenmessungen und Geräteentwicklungen eng miteinander verknüpft.

Die Vernetzung von ATMO mit anderen Programmen des Forschungsbereichs Erde und Umwelt wurde in den ersten fünf Jahren der PoF III-Periode maßgeblich weiterentwickelt. Dies gilt besonders für die Klimaforschung (REKLIM-Initiative, MOSES), die polare Stratosphärenforschung (Programm „Marine, Coastal and Polar Systems“), die Naturkatastrophenforschung (Portfoliothemen REKLIM und ESKP) und die Fernerkundung mit Satelliteninstrumenten (Programm „Geosystem: The Changing Earth“, AtmoSat). Außerdem bestehen enge Verbindungen mit dem Forschungsbereich „Luftfahrt, Verkehr und Weltraum“, insbesondere in der Physik der Atmosphäre und der Satellitenfernerkundung.

Programmstruktur

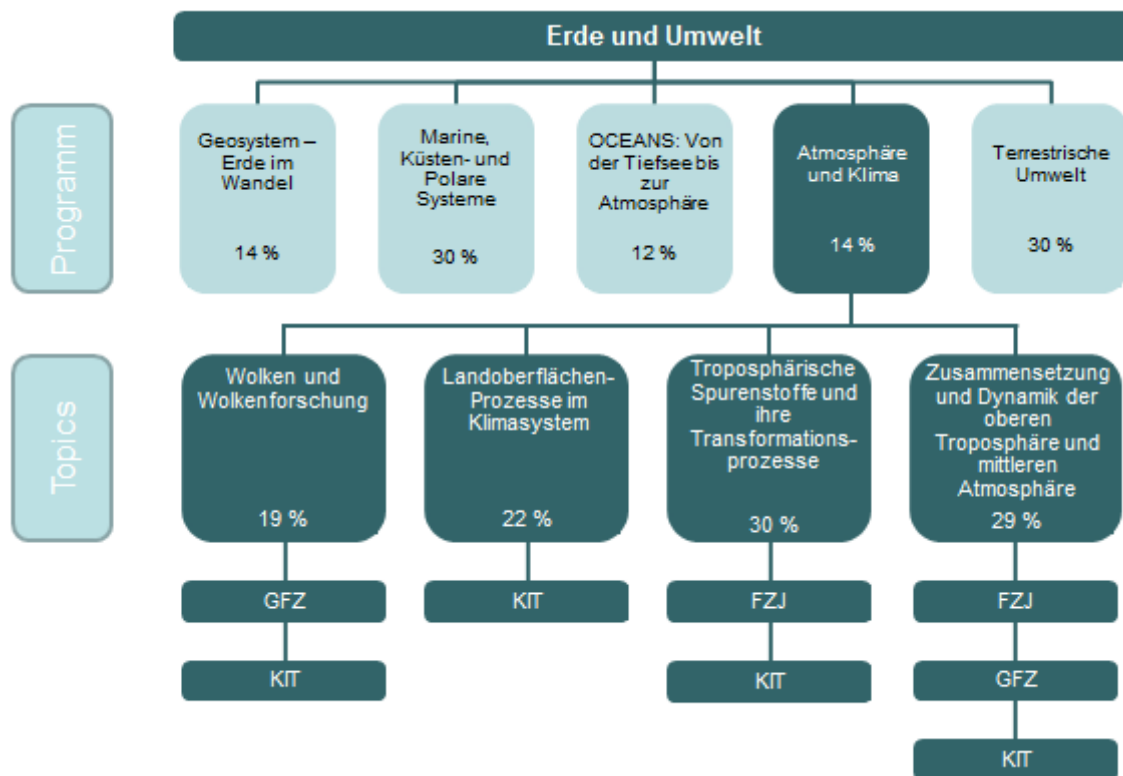


Abbildung 22: Programmstruktur ATMO

Programmthema 1: „Wolken und Wetterforschung“ (Sprecher: Prof. Dr. Christoph Kottmeier, KIT (bis 30. September 2020); Prof. Dr. Joaquim Pinto, KIT (seit 01. Oktober 2020); Prof. Dr. Thomas Leisner, KIT)

Im Programmthema 1 werden die meteorologischen Prozesse in Wolken sowie in synoptischen Wettersystemen mit Hilfe von Laboruntersuchungen (u.a. erweitertes AIDA Laboratorium), mittels boden- und flugzeuggestützter Messungen in internationalen Feldmessprogrammen (KITcube, HALO Kampagnen, neue GPS-Verfahren) sowie durch Entwicklung und Anwendung komplexer Modelle (ICON, ICON-ART) untersucht und Handlungsempfehlungen entwickelt.

Programmthema 2: „Landoberflächen-Prozesse im Klimasystem“ (Sprecher: Prof. Dr. HaPe Schmid + Prof. Dr. Klaus Butterbach-Bahl, KIT)

In diesem Forschungsthema werden die Auswirkungen des globalen Klimawandels auf das regionale Klima und die daraus resultierenden Rückkopplungen unter Berücksichtigung weiterer „Global Change“-Faktoren, u.a. der Landnutzung, in einem umfassenden Ansatz untersucht. Wechselwirkungs- und Rückkopplungsprozesse zwischen Boden, Vegetation und Atmosphäre werden sowohl auf urbaner, regionaler wie auch globaler Ebene zeitlich und räumlich quantifiziert.

Programmthema 3: „Troposphärische Spurenstoffe und ihre Transformationsprozesse“ (Sprecher: Prof. Dr. Andreas Wahner, FZJ; Prof. Dr. Astrid Kiendler-Scharr, FZJ)

Thema 3 trägt zum verbesserten Verständnis troposphärischer Prozesse bei und liefert Daten, die für die Erfassung und Beurteilung der Wechselwirkung von Luftqualität und Klimawandel notwendig sind. Diese Ergebnisse werden in operationalen Modellen für die Vorhersage der globalen und regionalen atmosphärischen Zusammensetzung eingesetzt und tragen damit auch direkt zur Entwicklung der europäischen GMES (Copernicus) Initiative bei.

Programmthema 4: „Zusammensetzung + Dynamik d. oberen Troposphäre + mittleren Atmosphäre“ (Sprecher: Prof. Dr. Martin Riese, FZJ; Prof. Dr. Johannes Orphal, KIT (bis 30. September 2020); Prof. Dr. Peter Braesicke, KIT (seit 01. Oktober 2020))

PT4 dient der Quantifizierung des Einflusses atmosphärischer Variabilität (5 bis 100 km) auf das globale und regionale Klima. Ziel ist die Verbesserung von Klimaprojektionen und längerfristigen Wettervorhersagen auf der Grundlage eines verbesserten Verständnisses der zugrundeliegenden Prozesse. Die wissenschaftlichen Analysen beruhen auf der integrierten Nutzung von Beobachtungsdaten (Satellit, Flugzeug, Ballon), prozessorientierten Simulationen sowie Erdsystem- und Klimamodellierung.

A.2.4.3.2 Programmsergebnisse

Wissenschaftliche Ergebnisse

Bessere Vorhersagen für die Luftfahrt

Da Vulkanasche eine große Gefahr für Flugzeuge darstellt, ist eine korrekte und zuverlässige Vorhersage ihrer Ausbreitung in der Atmosphäre unerlässlich für die Sicherheit der Luftfahrt. Eine solche Vorhersage ist nur möglich, wenn alle physikalischen und chemischen Prozesse, welche die Ausbreitung beeinflussen, im Vorhersagemodell berücksichtigt werden. In den letzten Jahren wurden zwar Parametrisierungen vulkanischer Emissionen von verschiedenen Forschergruppen entwickelt, bis heute werden aber aerosoldynamische Prozesse und die Wechselwirkung von Strahlung und Aerosolpartikeln in Vorhersagemodellen für die Ausbreitung von Vulkanasche nicht berücksichtigt. Das Modellsystem ICON-ART wurde daher um die Behandlung dieser Prozesse erweitert. Um eine mögliche Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit der Ausbreitung zu untersuchen, wurde die Raikoke-Eruption 2019 simuliert und die Ergebnisse mit Satellitenmessungen verglichen. Die Studie zeigt zum ersten Mal, wie die kombinierte Betrachtung der Aerosoldynamik und der Aerosol-Strahlungswechselwirkung die Genauigkeit der Ausbreitungsvorhersage sehr feiner Vulkanasche in ICON-ART verbessert und die Modellergebnisse dadurch näher an die Satellitenmessungen heranbringt. Damit können in Zukunft zuverlässigere Aussagen zur Flugsicherheit nach Vulkanausbrüchen getroffen werden.

Muser, L. O., Hoshyaripour, G. A., Bruckert, J., Horváth, Á., Malinina, E., Wallis, S., Prata, F. J., Rozanov, A., von Savigny, C., Vogel, H., and Vogel, B.: Particle aging and aerosol–radiation interaction affect volcanic plume dispersion: evidence from the Raikoke 2019 eruption, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 15015–15036, <https://doi.org/10.5194/acp-20-15015-2020>, 2020.

Extremereignisse in der hydrologischen Wirkungskette

Im Rahmen des MOSES Vorhabens startete 2019 unter der Koordination des KIT und unter Beteiligung von UFZ, GFZ und FZJ eine Messkampagne zur Erforschung hydrologischer Extreme im Müglitztal. Der KITcube (<https://kitcube.kit.edu/>) lieferte dabei Informationen über die Entstehung und Entwicklung von Starkniederschlägen sowie detaillierte Niederschlagsverteilungen und somit wichtige Größen zur Interpretation der begleitenden Messungen von Bodenfeuchteverteilungen, Grundwasserbildung und Abflussverhalten sowie Austauschprozessen zwischen Tropo- und Stratosphäre. Eine gemeinsame Publikation aller an der Kampagne beteiligten vier Helmholtz-Zentren ist in Vorbereitung. Die für 2021 geplante, von ATMO initiierte und federführend koordinierte Messkampagne „Swabian MOSES“ vereint Aktivitäten der Wirkungsketten „Hydrologische Extreme“ mit denen von „Hitzewellen“ und unter-

streicht den integrativen Charakter der MOSES Initiative. Im neuen Untersuchungsgebiet (u.a. Schwäbische Alb und Neckartal) untersuchen die beteiligten Zentren zusammen mit den Universitäten Tübingen und Hohenheim die Entstehung, Entwicklung und Auswirkung konvektiver Starkniederschläge an Deutschlands „Gewitterhotspot“. Im Fokus der Forschung steht die Verifikation der aus Modellergebnissen abgeleiteten Annahmen über die Hauptauslösemechanismen von Gewittern. Erstmals zum Einsatz kommen werden dabei das 2020 in den KITcube integrierte, weltweit einzigartige Dual-Frequency Dual-Pol Wolkenradar, das neue Informationen zur inneren Struktur von Wolken liefert. Diese Daten werden auch für die Untersuchungen zum impulsgesteuerten Schadstofftransport in Gewässern durch die Universität Tübingen benötigt. Zudem wurde das flugzeuggetragene Doppler-Lidar-Messsystem -für langsam fliegende Forschungsflugzeuge 2020 weiterentwickelt und getestet. Die erzielten Messergebnisse bestätigen die durch den dafür entwickelten Simulator erwartete gute Performance (Gasch et al. 2020). Der auf Large Eddy Simulations-Eingangsdaten basierende Simulator erlaubt nun die Optimierung der Messstrategie für den kommenden Einsatz im Rahmen von „Swabian MOSES“.

Gasch, P., Wieser, A., Lundquist, J. K., Kalthoff, N. (2020): An LES-based airborne Doppler lidar simulator and its application to wind profiling in inhomogeneous flow conditions. *Atmospheric measurement techniques*, 13 (3), 1609–1631. doi:10.5194/amt-13-1609-2020.

Green Deal: Gut für ein klimaneutrales Europa – schlechter für den Planeten

Europa soll bis 2050 der erste klimaneutrale Kontinent werden – das hat die EU mit dem „Green Deal“ Ende 2019 angekündigt. Ziel ist, die Kohlenstoffemissionen zu verringern sowie Wälder, Landwirtschaft, umweltfreundlichen Verkehr, Recycling und erneuerbare Energien zu fördern. Gleichzeitig untergräbt der wachsende Import von Millionen Tonnen Getreide und Fleisch pro Jahr landwirtschaftliche Standards der EU – Umweltschäden werden so aus der EU ausgelagert.

Der „Green Deal“ riskiert somit ein schlechter Deal für den Planeten zu werden. Damit der „Green Deal“ zum Erfolg werden kann, sollten Nachhaltigkeitsstandards genauer definiert und harmonisiert werden. Weitere Handlungsempfehlungen beinhalten, dass die EU nicht nur ihren territorialen, sondern auch ihren weltweiten CO₂-Fußabdruck bewertet und verringert, den Fleischkonsum reduziert, sowie mehr auf innovative Technologien zu setzen.

Fuchs, R., Brown, C., Rounsevell, M. (2020). Europe's Green Deal offshores environmental damage to other nations. *Nature*, 586, 671-673 doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-020-02991-1>.

Diversifizierung von Europäischen Buchenwäldern zur Anpassung an den Klimawandel und Erhöhung der Bodenkohlenstoffspeicherung

Die trockenheitsanfälligen Buchenwälder Mitteleuropas stehen angesichts zunehmender sommerlicher Trockenperioden vor großen Herausforderungen. Die Beimischung anderer, tiefer wurzelnder Baumarten (z.B. Eiche und Tanne) wird in der Forstwirtschaft diskutiert und bereits angewandt, um die Trockenheitsresistenz der Europäischen Buchenwälder zu erhöhen, mit jedoch bisher unklaren Auswirkungen auf die Speicherung von Bodenkohlenstoff (SOC) und damit die Treibhausgas-Senkenfunktion. Feldversuche im Schwarzwald, in Kroatien sowie eine Meta-Analyse zeigten, dass durch Beimischung anderer Laubbaumarten in Buchenwäldern keine Änderung der SOC-Speicherung stattfindet. Die Beimischung von Koniferenarten führt jedoch im Mittel zu einer Zunahme der SOC-Speicherung von 0,1 t C pro Hapro Jahr. Die größten SOC-Zugewinne können dabei auf sandigen, humusarmen Standorten erzielt werden. Somit kann zielgerichtete Diversifizierung der Buchenwälder Mitteleuropas nicht nur die Trockenheitsresistenz, sondern gleichzeitig auch die Treibhausgas-Senkenfunktion dieser weit verbreiteten Waldbestände erhöhen.

Rehshuh S., Jonard M., Wiesmeier M., Rennenberg H., Dannenmann M (2020). Impact of European Beech Forest Diversification on Soil Organic Carbon and Total Nitrogen Stocks – A Meta-Analysis. *Frontiers in Forests and Global Change*, in press, DOI: 10.3389/ffgc.2021.606669.

Kleinskalige Modellierung der städtischen Luftqualität

Trotz der Bemühungen um eine Verbesserung der Luftqualität in städtischen Ballungsgebieten stellt die hohe Belastung durch Schadstoffe wie Stickoxide und Feinstaub auch weiterhin ein großes Problem dar. Im Zuge des Klimawandels besteht zudem ein erhöhtes Risiko für Sommersmogepisoden mit erhöhten Konzentrationen von Ozon und weiteren Photooxidenten im Stadt-Umlandbereich.

Wegen der starken räumlichen Variabilität der städtischen Schadstoffkonzentrationen sind zur Beschreibung und Untersuchung der kleinräumigen Konzentrationsfelder Modelle erforderlich, in denen Gebäude und einzelne Straßenschluchten aufgelöst werden können. Hierzu wird mit Partnern auf nationaler und internationaler Ebene ein innovatives holistisches numerisches Stadtklimamodell (PALM-4U) entwickelt, inkl. der Entwicklung eines Luftchemiemoduls, das den flexiblen Einsatz von Chemiemechanismen mit unterschiedlicher Komplexität erlaubt. Das Modell ermöglicht es, neben der Luftchemie auch weitere städtische Problemfelder wie Überwärmung oder Starkwindschäden in einer bisher nicht erreichten räumlichen und zeitlichen Auflösung zu adressieren.

Khan, B., Banzhaf, S., Chan, E. C., Forkel, R., Kanani-Sühring, F., Ketelsen, K., Kurppa, M., Maronga, B., Mauder, M., Raasch, S., Russo, E., Schaap, M., and Sühring, M. (2021). Development of an atmospheric chemistry model coupled to the PALM model system 6.0: Implementation and first applications, *Geosci. Model Dev.*, <https://doi.org/10.5194/gmd-2020-286>.

Hochaufgelöste und voll gekoppelte atmosphärisch-hydrologische Modellierung: Kompartiments-übergreifende Analyse des regionalen Wasser- und Energiekreislaufs

Der Austausch von Feuchtigkeit und Energie zwischen der Landoberfläche und der bodennahen Atmosphäre ist stark von terrestrisch hydrologischen Prozessen, wie der Speicherung von Wasser im Boden und der raum-zeitlichen Umverteilung von Oberflächen- und Bodenwasser abhängig. Mit vollgekoppelten Hydrologie-Atmosphäre-Modellsystemen können diese komplexen Prozesse mit ihren Wechselwirkungen realistischer dargestellt werden. Ein weiterer Vorteil dieser Modellsysteme ist die intrinsisch geschlossene Wasserbilanz. Für die Beurteilung der Qualität von vollgekoppelten Simulationen sind umfangreiche regionale hydrologische und meteorologische Beobachtungen besonders wichtig. So zeigte ein Vergleich zwischen dem klassischen, regionalen atmosphärischen Modell WRF und seiner vollgekoppelten, hydrologisch erweiterten Version WRF-Hydro auf der Basis von TERENO Beobachtungen im Einzugsgebiet der Ammer, dass durch die Kopplung deutlich verbesserte Resultate z.B. bei den Wärme-flüssen und dem simulierten Zustand der atmosphärischen Grenzschicht erreicht werden können. Die Kalibration der auch für das atmosphärische Modell wirksamen Parameter des hydrologisch erweiterten Landoberflächenmodells wurde hierbei mit simuliertem und gemessenem Abfluss für verschiedenen Pegel durchgeführt.

Fersch, B., Senatore, A., Adler, B., Arnault, J., Mauder, M., Schneider, K., Völksch, I., and Kunstmann, H. (2020). High-resolution fully coupled atmospheric-hydrological modeling: a cross-compartment regional water and energy cycle evaluation, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 24, 2457–2481, <https://doi.org/10.5194/hess-24-2457-2020>, 2020.

COVID-19-induzierte CO₂-Emissionsminderungen sind in der Atmosphäre nicht nachweisbar

Einschränkungen während der COVID-19-Pandemie führten 2020 zu einer Reduzierung der weltweiten Kohlendioxidemissionen um 7-8 Prozent. Dennoch zeigte eine Analyse von hemisphärisch repräsentativen TCCON-Messungen keine signifikant nachweisbare Abflachung

des CO₂-Anstiegs in der Atmosphäre. Grund hierfür ist, dass der Effekt der Emissionsreduzierung durch COVID-19 auf die atmosphärische Wachstumsrate dominant überlagert wird durch die noch stärkere natürliche Klimavariabilität der Ozean- und Landsenken. In Folge muss eine modellbasierte Referenz herangezogen werden für den Fall ohne CO-VID-19-Einfluss mit entsprechenden Unsicherheiten.

Sussmann, R., and Rettinger, M.: Can We Measure a COVID-19-Related Slowdown in Atmospheric CO₂ Growth? Sensitivity of Total Carbon Column Observations, *Remote Sens.*, 12, 2387, <https://doi.org/10.3390/rs12152387>, 2020.

Strategische Themen

Nachwuchsförderung

Die vielfältigen Aus- und Weiterbildungsaktivitäten der Institute spiegeln die hohe Priorität der Nachwuchsförderung im Programm ATMO wieder. Einige dieser Aktivitäten werden im Folgenden kurz dargestellt:

Die Bachelor- und Master-Ausbildung am KIT in der Meteorologie mit mehr als 100 Studierenden wird maßgeblich von ATMO-Wissenschaftler/innen gestaltet. Zusätzlich haben Wissenschaftler/innen Lehrverpflichtungen an den Universitäten Augsburg, Freiburg, Heidelberg und München. Durch die Beteiligung an Initiativen wie „Uni für Einsteiger“ sowie ein Schüler/innen-Mentoring Programm versucht ATMO junge Menschen für ein Studium auf dem Gebiet der „Klima- und Atmosphären-Forschung“ zu begeistern.

Die Doktorand/innenförderung bzw. -weiterbildung erfolgt koordiniert über die beiden Helmholtz Graduiertenschulen GRACE („Graduate School for Climate and Environment“) am KIT und HITEC („Graduate School for Energy and Climate“) in Jülich sowie durch das Helmholtz Kolleg MICMoR („Mechanisms and Interactions of Climate Change in Mountain Regions“) bzw. das IFU-Graduate Office am KIT/IMK-IFU in Garmisch-Partenkirchen. Alle vier Organisationen sind eng miteinander verlinkt – die Weiterbildungsangebote stehen allen Promovierenden unabhängig von der Schule/Kolleg offen. Seit 2015 finden fast jedes Jahr (nicht 2020 aufgrund der Corona-Pandemie) die sogenannten ATMO PhD-Days statt.

Die sieben 2020 über Drittmittel finanzierten Nachwuchsgruppen reflektieren die hohe Qualität der ATMO-Forschung, gleichzeitig sind sie ein Indikator für den Erfolg der strukturierten Nachwuchsförderung dieses Programms.

2020 wurde zudem die Ausarbeitung eines gemeinsamen Personalkonzepts innerhalb des FB EuU angestoßen, dessen Entwicklung die „Ein-Programm-Strategie“ untermauert. Für das zukünftige Personalkonzept sind sieben Bausteine geplant, die Nachwuchswissenschaftler/innen auf unterschiedlichen Karrierestufen (Doktorand/innen, Postdocs, Führungskräfte) sowie Mitarbeitende im Wissenschaftsmanagement und Personalentwicklungsabteilungen unterstützen und begleiten sollen. Das Konzept wird maßgeblich zur Nachwuchsförderung beitragen und Ansätze liefern, die im Topic 1 des neuen Programms „Changing Earth“ integriert werden.

Neben den übergeordneten Entwicklungen zeigen sich auch in individuellen Erfolgen die guten Arbeitsverhältnisse und die herausragende Forschung der Nachwuchswissenschaftler/innen im Programm ATMO. Dazu zählt der Start von zwei neuen Helmholtz Nachwuchsgruppen unter der Leitung von Dr. Martina Klose (Titel: „A big unknown in the climate impact of atmospheric aerosol: Mineral soil dust“) und Dr. Emma Järvinen (Titel: „Solving the Cirrus Cloud Puzzle: Do Cirrus Warm or Cool our Climate?“), welche beide einen wichtigen Beitrag in der Aerosol- und Klimaforschung leisten und die entsprechende Kompetenzen innerhalb des ATMO-Programms ausbauen. Weitere erfolgreiche Einwerbungen von Drittmitteln durch

Nach Nachwuchswissenschaftler/innen sind auch Teil der in Abschnitt „Vernetzung“ genannten Projekte.

Chancengleichheit

Die Gewährleistung der Chancengleichheit ist eines der zentralen Ziele aller am Programm ATMO beteiligten Helmholtz-Zentren (GFZ, FZJ, KIT). ATMO verfolgt das Ziel, den Anteil von Frauen auf allen Qualifikationsebenen durch ein unterstützendes Arbeitsumfeld für beide Geschlechter zu erhöhen. Von entscheidender Bedeutung ist dabei die Reduktion des „Verlustes“ der weiblichen Wissenschaftler auf dem Karriereweg nach der Promotion. Die diesbezüglichen Aktivitäten und Strukturen wurden im Rahmen der wiss. Evaluation 2017/2018 positiv dokumentiert („very impressed by the KIT-ATMO structures for career development, talent management and equal opportunity“, “[...] on this critical area of equity [...] to extend the innovative activities being developed by the ATMO teams to other programs and research areas.“).

Mit einer weiblichen Doktorandenquote von 40-50% ist ATMO auf einem guten Weg – nichtsdestoweniger sind weitere Anstrengungen erforderlich. ATMO setzt dabei verstärkt auf Mentoring (z.B. über das "Helmholtz Advance - A Year for Your Career" bzw. das „X-Ment“ - Programm) bzw. Networking-Plattformen für weibliche Wissenschaftler.

Am KIT erfolgt eine ständige Begleitung und Weiterentwicklung der Maßnahmen für die optimale Vereinbarkeit von Familie und Beruf (z.B. flexible Arbeitszeiten, Elternzeitprogramm, Kinderbetreuung) durch die Audits „berufundfamilie“ und „familiengerechte hochschule“.

Die umfangreichen Bestrebungen innerhalb des ATMO-Programms, die Chancengleichheit voranzutreiben, zeigen sich auch in Errungenschaften einzelner hervorragender Wissenschaftlerinnen. Dazu zählt die erfolgreiche Bewerbung von Dr. Nadine Rühr (IMK-IFU, KIT) auf eine „Helmholtz W2/W3-Professur für exzellente Wissenschaftlerinnen“ mit dem Titel „Forest resilience to climate change: From plant physiology to ecosystem dynamics“.

Vernetzung

Forschung zu Atmosphäre und Klima baut auf Kooperationsprojekte sowie gemeinsame Forschungsprogramme und Infrastrukturmutzung mit internationaler Vernetzung auf. Die ATMO-Programm-Forschung ist dementsprechend weltweit mit den besten Forschungseinrichtungen verbunden. In immer stärkerem Umfang nehmen Wissenschaftler/innen des Programms ATMO auch führende Rollen bei Verbund-Projekten (z.B. EU: IAGOS / BMBF: ClimXtreme, ROMIC-2 / HGF: MOSES, REKLIM / DFG: Transregio-SFB Waves2Weather, HALO) ein. Die strategische Begutachtung im Dezember 2019 hat diese Ausnahmestellung bestätigt. So wurde vom Panel eine „international leadership“ verbunden mit „international unique contributions“ beschrieben. Diese durchaus positive Einschätzung haben die Gutachter/innen mit einer ähnlichen Aussage zur Vernetzung („strong and outstanding international collaborations“) ergänzt.

Etwa 11 Mio. Euro eingeworbene Drittmittel (2020) unterstreichen den hohen Vernetzungsgrad der ATMO-Forschung in der wissenschaftlichen Community. Im Folgenden sollen kurz beispielhaft einige Drittmittel-Projekte angesprochen werden: Ein Highlight stellt das BMBF-Verbundvorhaben „Regionale Informationen zum Klimahandeln“ (RegiKlim) dar, welches 2020 bewilligt wurde und mit rund 18 Mio. Euro gefördert wird – der Anteil des KIT liegt bei etwa 2 Mio. Euro. Das KIT ist im Rahmen des Querschnittsthemas NUKLEUS sowie der Projekte KARE und ISAP (speziell im Arbeitspaket UrKIEx) an RegiKlim beteiligt. NUKLEUS befasst sich mit der Bereitstellung hochaufgelöster Klimainformationen für Deutschland und verfolgt das Ziel, die Datengrundlage für ein öffentlich zugängliches Datenportal zu liefern. In

KARE sollen in vier Landkreisen im bayrischen Oberland, Kommunen für den Anpassungsbedarf in Hinblick auf ein ansteigendes Risiko im Zusammenhang mit Starkniederschlägen sensibilisiert werden. Gemeinsam mit regionalen Praxis- und Politikakteuren sollen hierzu in zwei Pilotkommunen planungsrelevante Instrumente für das kommunale Risikomanagement und die Klimawandelanpassung entwickelt und getestet werden, um im Anschluss einen Transfer in andere Kommunen zu ermöglichen. Ziel von UrKlEx ist es, auf die Region Stuttgart zugeschnittene Klimadaten und Klimaanalysen zu erstellen, welche sowohl von den anderen ISAP-Arbeitspaketen benötigt werden als auch im aktualisierten Klimaatlas der Region Stuttgart Verwendung finden. In der BMBF-Fördermaßnahme ClimXtreme (2019-2023) befassen sich die Wissenschaftler/innen mit der Bewertung von extremen Wetterereignissen (z.B. Hitzewellen) und deren Veränderungen, Unsicherheiten und Auswirkungen in Mitteleuropa sowohl in der Vergangenheit als auch in den kommenden Jahrzehnten. Das gesamte Projekt ist in vier Module unterteilt, wobei das KIT an zweien davon beteiligt ist (Modul A und B). Der Fokus in Modul A, welches vom KIT koordiniert wird, liegt auf dem Prozessverständnis, wohingegen in Modul B insbesondere statistische Ansätze zum Einsatz kommen. Die Gesamtfördersumme für Modul A und B liegt bei über 7,8 Mio. Euro, wovon etwa 1,5 Mio. Euro für das KIT bewilligt wurden. Des Weiteren ist ein durch die EU im Rahmen des Rahmenprogramms H2020 finanziertes International Training Network (ITN) bewilligt worden, an dem zehn weitere, internationale Partner beteiligt sind: European weather Extremes: Drivers, Predictability and Impacts (EDIPI). Der anvisierte Start ist der 01. März 2021. Im Projekt PermaStrom untersucht ein Forscher/innenteam des Programms zusammen mit dem DWD und dem Solarenergie-Dienstleister meteocontrol, wie sich der Einfluss von atmosphärischen Aerosolpartikeln (z.B. Staub aus der Sahara) in Ertragsprognosen für Photovoltaikanlagen besser berücksichtigen lässt. Das BWE fördert das Projekt mit 2,5 Mio. Euro, wovon 1,1 Mio. Euro für das KIT zur Verfügung stehen. Ein weiteres Projekt ist „Dynamik, Variabilität und bioklimatische Effekte von niedrigen Wolken im westlichen Zentralafrika“ (DYVALOCCA), in dem ATMO-Wissenschaftler/innen zusammen mit Partnern in Frankreich und Afrika forschen. Das Projekt wird von der DFG und der französischen Agence nationale de la recherche (ANR) gefördert. Außerdem wurden drei weitere Projekte bewilligt (u.a. „Solar-driven Photocatalytic Membrane Reactors: Cutting-edge Technology for Provision of Clean Drinking Water“), welche internationale Kollaborationen, im Speziellen mit Namibia, Taiwan und Norwegen, fördern.

ATMO bringt einzigartige Infrastrukturen wie AIDA, IAGOS, HALO, TERENO oder KITcube als Forschungsplattformen in die Verbundforschung ein. Dabei wird die Zusammenarbeit zwischen den Zentren nicht nur durch eine gemeinsame Nutzung dieser Infrastrukturen ermöglicht, sondern auch durch deren gemeinsamen Auf- und Ausbau. Beispielsweise plant das FZJ für 2021/22 den Aufbau eines Aerosolmesscontainers für die Integration in den KIT-Cube, um zukünftig Wechselwirkungen zwischen Meteorologie und Aerosolen bzw. Atmosphärenchemie besser untersuchen zu können.

Drittmittelinwerbungen

Die Helmholtz-Programmforschung wird durch Drittmittelprojekte thematisch ergänzt und in seinen Kapazitäten erweitert. Als Beispiel sei hier das Projekt MOSAIK-2 (BMBF, 2019-2022) genannt. Es thematisiert die modellbasierte Stadtplanung, was die Weiterentwicklung des Stadtklimamodell PALM-4U beinhaltet. Das Projekt trug innerhalb von PoF III zu Programmthema 2 bei und bildete eine wichtige Grundlage für die Entwicklung des Subtopics 1.1. „Air Quality“ im neuen PoF IV-Programm. Derzeit sind mehr als 60 Wissenschaftler/innen über externe Finanzquellen finanziert, was etwa 40% der Kapazität ausmacht.

Die Drittmittelinwerbung spiegelt auch die erfolgreiche Förderung von Nachwuchswissenschaftler/innen wider (siehe hierzu auch unter „Nachwuchsförderung“). Dazu zählt die Etablierung von Nachwuchsgruppen wie zum Beispiel (neben den bereits unter „Nachwuchsförderung“ genannten) die in 2020 neu gegründete Nachwuchsgruppe „Climate change and land-use impacts on European bumblebee populations“ unter der Leitung von Dr. Penelope Whitehorn. Insgesamt befanden sich 2020 sieben Nachwuchsgruppen in einer Drittmittelförderung.

Genauso spielt die Drittmittelinwerbung eine entscheidende Rolle für die Vernetzung des ATMO-Programms innerhalb der wissenschaftlichen Community und mit Industriepartnern (siehe hierzu auch unter „Vernetzung“). In 2020 startete u.a. das Projekt EDE 4.0., in dem ATMO-Wissenschaftler/innen mit der EDI GmbH zusammenarbeiten. Hier wird die Nutzung von Künstlicher Intelligenz im Forstmanagement vorangetrieben. 2020 gab es im ATMO-Programm am KIT insgesamt 55 Kooperationen mit wissenschaftlichen Partnern und 11 Kooperationen mit Industriepartnern.

Wissens- und Technologietransfer

Eine zentrale Informationsschnittstelle zwischen Wissenschaft und der Öffentlichkeit bzw. Industrie 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 bereits erwähnten Begutachtung 2017/2018 wird in Zukunft der Fokus noch stärker auf den Austausch mit ausgewählten Stakeholdern gelegt mit dem Ziel, bedarfsorientierte Service-Leistungen anzubieten. Übergeordnetes Ziel ist dabei, die Klimaforschung für die Gesellschaft nutzbar zu machen. In gleicher Weise unterstützt ATMO über das Klimabüro aber auch die Deckung des kurzfristigen Informationsbedarfs – so z.B. im Nachgang des heißen Sommers 2018 in Deutschland mit Beiträgen über die Ursachen und Folgen von Hitze und Dürren im Fernsehen, Radio oder für die Printmedien.

Das „Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM)“ ist eine interdisziplinäre Forschungseinrichtung des KIT auf den Themenfeldern Katastrophen, Risiken und Sicherheit. Im Rahmen der Forensischen Katastrophenanalysen (FDA) werden 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 Berichte zu einzelnen Ereignissen werden zeitnah der breiten Öffentlichkeit, aber auch verschiedenen Hilfsorganisationen (u.a. WorldBank, ReliefWeb) zur Verfügung gestellt. Seit März 2020 betreibt CEDIM zusammen mit Risklayer GmbH (Ausgründung des KIT) ein eigenes CORONA-Dashboard. Gegenüber den offiziellen Zahlen sind die von CEDIM/Risklayer gesammelten und aufbereiteten Fallzahlen aktueller, umfassender und weisen eine höhere Granularität auf. Neben der Nutzung für Forschungsprojekte werden sie tagesaktuell von verschiedenen Medien verwendet (u.a. ZDFheute, Tagesspiegel, MDR). Außerdem fließen sie ein in das Corona-Dashboard der John Hopkins University. Eine enge Zusammenarbeit mit dem DWD, dem „European Center for Medium-range Weather Forecasts“ (ECMWF), führenden Industrieunternehmen in der Satellitenentwicklung (z.B. Airbus, Thales, Noveltis, Astrium) als auch mit EUMETSAT und ESA sind weiterhin sehr wichtige Eckpunkte des Technologie- und Wissenstransfers dieses Programms in die Öffentlichkeit und Industrie. Ein besonders sichtbarer Wissenstransfer findet mit dem DWD statt. 2020 wurde ein neuer Kooperationsvertrag mit dem DWD unterschrieben (DWD-KIT), der zehn größere Kooperationsfelder umfasst, die in jährlichen Abstimmungstreffen weiterentwickelt werden. Zu den Kooperationsfeldern zählen u.a. die Vorhersagemodellierung von Aerosolen (z.B. Vulkanasche), die hochauflösende Klimamodellierung, die Entwicklung von

Messverfahren und die Validierung von Satellitendaten. Der Vertrag wurde mit der Aufnahme in das Entwicklerkonsortium für das ICON-Modellsystem (mit DWD, MPI-Hamburg, DKRZ) ergänzt. Hierbei bringt ATMO seine Expertise in der regionalen Klimamodellierung und der Modellierung von Spurengasen und Aerosolen (ICON-ART) ein.

Der Wissenstransfer wird im ATMO-Programm auch maßgeblich durch Publikationen vorangetrieben – das gilt sowohl für Publikationen, die für die wissenschaftliche Community bestimmt sind, als auch für Beiträge in einem weiteren Umfeld. Beispielsweise wird Prof. Dr. Almut Arneth Leitautorin des 6. IPCC Assessment Reports (AR6) sein. Sie trägt in dieser Position zum Kapitel „Terrestrial and freshwater ecosystems and their services“ (Working Group 2 – AR6-WG2) bei. Ein weiteres Beispiel ist der Beitrag von Prof. Dr. Mark Rounsevell am IPBES Report über „Biodiversity and ecosystem services for Europe and Central Asia“.

Neue Strukturelle Entwicklungen und veränderte Rahmenbedingungen

Das Programm wird entsprechend des Programm-Antrags umgesetzt bzw. weitergeführt.

Stand der Umsetzung der Senatsempfehlungen

Da die Empfehlungen mit Ende der dritten Programmperiode bereits umgesetzt wurden bzw. dauerhaft in der Umsetzung sind, sind diese im letzten Übergangsjahr zur PoF IV nicht mehr aufgeführt

A.2.4.3.3 Künftige Programmentwicklung

In PoF IV wird **Topic 1 “The Atmosphere in Global Change”** des neuen Programms „Changing Earth – Sustaining our Future“ das ATMO-Programm (PoF III) ablösen. Die damit einhergehenden strukturellen Änderungen sind eine Herausforderung, bieten jedoch auch gleichzeitig einen wissenschaftlichen Mehrwert, nämlich die Änderungen des Erdsystems durch die globale Klimaerwärmung unter einem ganzheitlichen Ansatz zu betrachten. Hierbei spielt der „Whole Atmosphere“-Ansatz innerhalb von Topic 1 eine entscheidende Rolle. Dieser ermöglicht es den ATMO-Wissenschaftler/innen, komplexe Prozesse in der Erdatmosphäre und im Klimasystem nicht nur getrennt voneinander zu untersuchen, sondern fördert die Betrachtung von deren Wechselwirkungen und gesamter Prozessketten.

Die thematischen Forschungsschwerpunkte in PoF III (abgebildet durch die vier Programmenthemen) werden auch in PoF IV (abgebildet durch die drei Subtopics in Topic 1) teilweise weitergeführt, aber von ihrem generellen Fokus her komplett neu aufgestellt. Für jedes Subtopic wurden im Antrag Deliverables und Milestones für die einzelnen Jahre definiert. Die neuen Subtopics „Air quality“, „Climate Feedbacks“ und „Future Weather and Extremes“ befassen sich ganz konkret mit gesellschaftsrelevanten Themen. Dies wird die ATMO-Wissenschaftler/innen vor neue Herausforderungen stellen, zeitgleich aber durch die enge Vernetzung, die bereits im ATMO-Programm besteht, realisierbar sein und zudem die Möglichkeiten der Entwicklung nachhaltiger Lösungsansätze erweitern. Dies wird durch die Nutzung sowie den Ausbau vorhandener und den Aufbau neuer Forschungsinfrastrukturen unterstützt.

Die enge Verzahnung über die Topic-Grenzen hinaus wird u.a. durch die sogenannten „Cross-Cutting Activities“ (CCAs) realisiert, die ein Rückgrat des neuen PoF IV-Programms darstellen. Für die CCA Fernerkundung wurde 2020 bereits ein White Book erstellt, das die Inhalte dieser CCA geschärft und mögliche Kooperationen zwischen den beteiligten Zentren definiert hat. Die Vernetzung innerhalb des Programms (z.B. durch den Innovationspool) und in Topic 1 erfolgt zusätzlich über das gemeinsame Personalkonzept des FB EuU.

2020 fanden innerhalb von ATMO bereits einige Veranstaltungen statt, um den Start von PoF IV zu organisieren und zu gestalten. Neben der strategischen Aufstellung des neuen Topics (Klausur 30.06.20, monatliche Treffen seit September 2020) wurden ergänzend speziell Querschnittsaktivitäten vorangetrieben (CCA Fernerkundung Treffen 28. September 2020, REKLIM Workshop 25.-26. November 2020). Die bevorstehenden Aktivitäten in PoF IV werden auch durch eine Neuausrichtung der Präsentation vor und der Kommunikation mit der Öffentlichkeit begleitet. Ein Beispiel ist hier die zukünftige Webpräsenz von Topic 1, die bereits 2020 angestoßen wurde. Der Aufbau einer gemeinsamen Topic 1-Webseite und die damit einhergehenden Aktivitäten werden 2021 zwischen den Zentren und dem FB Programmmanagement abgestimmt. Momentan besteht bereits ein erster Entwurf für die möglichen Inhalte dieser Webseite.

Die schwierige Situation 2020 aufgrund der Corona-Pandemie hat den gewohnten Arbeitsalltag beeinflusst und teilweise zur Absage geplanter Vorhaben, wie die für 2020 von KIT und FJZ vorgesehenen 2. Müglitztal-Kampagne innerhalb von MOSES, geführt. Dennoch hat das die ATMO-Beteiligten, wie oben aufgezeigt, nicht daran gehindert, sich intensiv auf den Übergang von PoF III auf PoF IV vorzubereiten, sodass 2021 einem erfolgreichen Auftakt im Programm „Changing Earth“ nichts im Wege steht.

A.2.4.3.4 Senatsempfehlungen

Der Senat macht sich den ihm vorliegenden Vorschlag zur Bewertung des Programmfortschritts 2020 zu eigen und beschließt sie als seine Bewertung zum Programmfortschrittsbericht 2020. Er bestätigt damit den vorliegenden Controllingbericht des Präsidenten für 2020.

A.2.4.4 Strategische Initiativen

A.2.4.4.1 Advanced Earth System Modelling Capacity (ESM)

Zielsetzung: Entwicklung einer innovativen Erdsystemmodellierung

Beteiligte Zentren: AWI, FZJ, GFZ, GEOMAR, HZG, KIT, UFZ

Das ESM-Projekt (Advanced Earth System Modelling Capacity, Koordination: AWI) begann im April 2017 und wurde ursprünglich von der HGF im Rahmen des Impuls- und Vernetzungsfonds für einen Zeitraum von drei Jahren finanziert. In der Zwischenzeit wurde das ESM-Projekt kostenneutral bis Ende 2020 verlängert, um einen nahtlosen Übergang in die PoF IV-Periode zu gewährleisten. Das Projekt, an dem acht Helmholtz-Zentren beteiligt sind, zielt darauf ab, die Kapazitäten in der Erdsystemmodellierung im Forschungsbereich Erde und Umwelt deutlich zu stärken. Insbesondere für die Diagnose von Erdsystemmodellen („virtuelle Feldkampagnen“ in hochauflösenden Modelldaten am AWI) wurden bis Ende 2020 zusätzliche Mittel in Höhe von 1 Mio. Euro aus der HGF bewilligt.

A.2.4.4.2 Digital Earth

Zielsetzung: Entwicklung neuer Methoden für die Analyse von Atmosphären-, Ozean- und terrestrischer Forschung

Beteiligte Zentren: GEOMAR, AWI, FZJ, GFZ, HZG, HMGU, KIT, UFZ

„Digital Earth – Towards SMART Monitoring and Integrated Data Exploration of the Earth System - Implementing the Data Science Paradigm“ ist ein zentrales Verbundprojekt der Helmholtz – Zentren des Forschungsbereichs Erde und Umwelt. Ziel von Digital Earth ist es, datengetriebene Forschung durch neue Ansätze aus Informatik und Data Science so zu verbessern, dass disziplinübergreifende Fragestellungen zum System Erde integrativ untersucht werden können. Das Helmholtz-Projekt „Digital Earth“ wurde am 10. September 2020 von einer Jury von Digitalisierungsexpert/innen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Medien mit dem Sonderpreis für „Digital Science“ mit einem „Digital Leader Award“ in der Kategorie „Society“ ausgezeichnet. Mit dem „Digital Leader Award“ zeichnen NTT und IDG Business Media seit 2016 branchenübergreifend Projekte und Teams aus, welche die digitale Transformation vorantreiben. „Digital Earth“ wurde außerdem eingeladen im Rahmen des Digital-Gipfels der Bundesregierung vier projektbezogene Beiträge vorzustellen. Der Digital-Gipfel ist eine jährliche Veranstaltung, die durch das BMWi initiiert und organisiert wird. Er dient als Plattform zur gemeinsamen Gestaltung des zukunftsfähigen Rahmens für den digitalen Wandel. Der Digital-Gipfel stand 2020 unter dem Thema „Nachhaltiger Leben“ und fand vom 20. November bis -01. Dezember 2020 virtuell statt.

A.2.4.4.3 Modular Observation Solutions for Earth Systems (MOSES)

Zielsetzung: Mobiles und modular einsatzfähiges Beobachtungssystem zur Untersuchung der Auswirkungen dynamischer Ereignisse auf Erde und Umwelt

Beteiligte Zentren: GEOMAR, AWI, FZJ, GFZ, HZG, HMGU, KIT, UFZ

Im Jahr 2020 konzentrierten sich die Aktivitäten auf die system-/zentren-übergreifenden Testkampagnen zur Vorbereitung ereignisorientierter Einsätze des Beobachtungssystems sowie auf die Auswertungen bisheriger Kampagnen. Wegen der Corona-Pandemie kam es in beiden Feldern zu Verzögerungen, die durch Anpassungen jedoch z.T. aufgefangen wer-

den konnten. Geräteinvestitionen und -entwicklungen wurden weitgehend abgeschlossen. Das zentrale Metadatenportal ist seit Frühjahr 2020 online, es stellt die Metadaten der Kampagnen, der eingesetzten Messsysteme und Messdaten im aktuellen Stand bereit. Die Steuerungsgruppe hat ein Koordinationskonzept für die MOSES-Betriebsphase (ab 2022) entwickelt, das dem MB EuU Anfang 2021 zur Entscheidung vorgelegt wird.

A.2.4.4.4 Regionale Klimaänderungen (REKLIM)

Zielsetzung: Verbund von neun Forschungszentren für regionale Beobachtungs- und Prozessstudien in Kombination mit Modellsimulationen zur Verbesserung von regionalen und globalen Klimamodellen

Beteiligte Zentren: AWI, FZJ, GFZ, GEOMAR, HZG, KIT, UFZ, DLR, HMGU

Für die Umsetzung des neuen Forschungsprogramms „Changing Earth – Sustaining our Future“ in der PoF IV hat der REKLIM-Forschungsverbund seine Ausrichtung als CARF (Cooperation Across Research Fields) geschärft. In zwei digitalen Workshops wurden Ideen für zukünftige konkrete Projekte in den sechs weiterentwickelten Research Themes (RTs) von REKLIM gesammelt und Möglichkeiten für neue Kooperationen ausgelotet. Der zweite Workshop im Herbst fand dazu mit Teilnehmenden aus neun Helmholtz-Zentren, der Helmholtz Geschäftsstelle sowie zwei universitären Partnern statt. Es hat sich gezeigt, dass nach wie vor hohes Interesse an zentren- und themenübergreifenden Projekten besteht. Insbesondere die Erfahrung mit topic-übergreifender Arbeit in REKLIM (vormals zwischen den Programmen der PoF III, jetzt zwischen den Programm-Topics) kann dazu genutzt werden, hier Mehrwerte und eine Integrationsfunktion für das neue Forschungsprogramm zu bilden. Viele RT Teilnehmerkreise haben sich bereits für Nachfolgetreffen verabredet, um nun in der Diskussion zu bleiben und Priorisierungen und Arbeitspläne zu konkretisieren. Es wurden bereits konkrete Arbeitsfelder identifiziert und neue Möglichkeiten zur Vernetzung in den RTs aufgesetzt. Für 2021 sind weitere Workshops, wenn möglich auch in Präsenz geplant. Darüber hinaus ist das Erwachsenenbildungsprojekt „klimafit – Klimawandel vor unserer Haustür und was kann ich tun?“ trotz COVID-19-Pandemie zusammen mit dem AWI-Klimabüro und WWF Deutschland weiterentwickelt und in ein Blended-Learning-Format überführt worden, um den Herausforderungen des pandemie-bedingten Ausfalls von Präsenzveranstaltungen zu begegnen. So konnte der vhs-Kurs 2020 bundesweit an allen 32 Standorten erfolgreich zu Ende geführt werden. Von 510 Teilnehmenden haben 320 den Kurs mit einem Zertifikat abgeschlossen und wirken nun als Multiplikator/innen in ihren Kommunen. Darüber hinaus ist klimafit unter 110 Bewerbungen für die Endrunde der besten sechs Projekte für den Nord-West-Award 2020 nominiert worden und ist mit dem Transferpreis 2020 des AWI-Fördervereins ausgezeichnet worden.

A.2.4.4.5 Innovationspool

Digital Earth

Nachfolgende Darstellung des Eigenanteils im Forschungsbereich Erde und Umwelt gilt für das zweite Zukunftsthema „Digital Earth (DE)“. Wie in der Beschreibung der DE-Aktivitäten unter Beteiligung des KIT (Kapitel A.2.4.4.2) ausgeführt, wird das Zukunftsthema erfolgreich umgesetzt. Diese Implementation wird über eine durch die Grundfinanzierung unterstützte Forschung ergänzt. Das KIT greift dabei die Empfehlungen der PoF-Begutachtungen 2017 und 2019 auf.

Die zusätzlichen PoF-Ressourcen sind u.a. in die Weiterentwicklung des Virtual Field Campaign-Viewers sowie die Entwicklung eines Service Katalogs zur Einbettung von Digital Earth Ergebnissen in den DataHUB eingesetzt worden. Außerdem wurden konzeptionelle Schnittstellen zwischen verschiedenen Workflows des Flood Event Explorers entwickelt. Des Weiteren wurden erste Versionen der Kapiteltexte zu Digital Earth Methoden und Ergebnissen für das Digital Earth Book zur Veröffentlichung verfasst.

Die zuvor dargestellten Tätigkeiten wurden im Projekt „Digital Earth“ durch zwei grundfinanzierte VZÄ Wissenschaftler realisiert.

A.3 Programmungebundene Forschung

A.3.1 Zusätzliche Themen innerhalb von Programmen

Projekt zur virtuellen Materialentwicklung (VirtMat) in Vorbereitung auf PoF IV in den Programmen STN und BIFTM

In Vorbereitung auf die Umsetzung der Planungen im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien in die PoF IV hin zum neu aufgestellten Forschungsbereich Information wurde im KIT ein Projekt aufgesetzt, das die virtuelle Materialentwicklung in den Vordergrund stellt. Das Gesamtprojekt wurde für den Zeitraum 2017 bis 2020 aus Programmungebundenen Mitteln sowie über die Programme STN und BIFTM finanziert. Im Jahr 2021 wird VirtMat mit 13 neuen Projekten im Programm MSE starten und zudem durch vier Innovationspool-Projekte in allen drei Programmen des FB Information verstärkt.

Die Einzelprojekte werden durch jeweils mindestens eine/n experimentell und eine/n theoretisch ausgewiesene/n Wissenschaftler/in aus den Programmen BIFTM/STN betreut und haben ein prädiktives Verfahren zur Entwicklung oder Verbesserung eines innovativen Werkstoffs oder Herstellungsverfahrens mit anschließender experimenteller Validierung zum Ziel. Hierzu wurden auf Basis von externen Gutachten von einem Koordinationsgremium insgesamt zwölf Projekte ausgewählt. Damit tragen gegenwärtig insgesamt über 80 Wissenschaftler/innen (inklusive Promovierende) zu der VirtMat-Initiative bei.

A.3.2 Themen außerhalb von Programmen: Themennennung

Außerhalb der Programmatik angesiedelte Arbeiten werden in diesem Berichtsteil mit

- Thema
- Ergebnissen
- Besonderen Vorkommnissen
- Weiterer Planung

dargestellt.

A.4 Wissens- und Technologietransfer (LK III)

Einleitung

Wir begreifen den Transfer als übergreifendes Handlungsfeld, in dem wir unsere Aktivitäten in Forschung, Lehre und Innovation mit der Gesellschaft verknüpfen. Der Dienst an der Gesellschaft ist ein grundlegender Bestandteil unserer Mission. Wir sehen uns 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 auszuschöpfen. Wir beraten gesellschaftliche und politische Institutionen und unterstützen die Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse in der Praxis. Als Verantwortung begreifen wir, die eigenen Forschungsaktivitäten in Beziehung zu Bedarfen der Gesellschaft zu setzen und deren Folgen kritisch unter ethischen Gesichtspunkten zu hinterfragen. Wir greifen aktiv aktuelle Entwicklungen und Bedarfe in der Gesellschaft auf und machen diese für Forschung, Lehre und Innovation gleichermaßen fruchtbar. Zu diesem Zweck haben wir international sichtbare Instrumente etabliert, u.a. in Innovation und Technologietransfer, wissenschaftlicher Politikberatung, öffentlicher Berichterstattung oder 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 Umsetzung der in diesem Rahmen projektierten Transfervorhaben, wie z.B. der „KIT Academy for Responsible Research, Teaching and Innovation (ARRTI)“ hat nach dem Wiedergewinn des Titels „Exzellenzuniversität“ 2019 begonnen.

Das KIT ist seit 2020 an der Entwicklung der Transferstrategie in der Helmholtz-Gemeinschaft beteiligt und arbeitet in diesem Kontext zugleich an der strategischen Bündelung seiner eigenen vielfältigen und zahlreichen Transferaktivitäten. Der Vizepräsident des KIT für Internationales und Innovation, 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. Im 2020 erarbeiteten Struktur- und Entwicklungsplan 2022-2026 des KIT ist der Wissenstransfer bereits mit Zielen und Maßnahmen beschrieben. Das KIT arbeitet darüber hinaus als Helmholtz-Zentrum im Projekt „Transferbarometer“ des Stifterverbandes mit.

Die folgende Darstellung enthält ausgewählte Instrumente des KIT für den Transfer im Sinne von Kommunikation, Beratung und Anwendung mit Gesellschaft, Wirtschaft, Politik und Kultur.

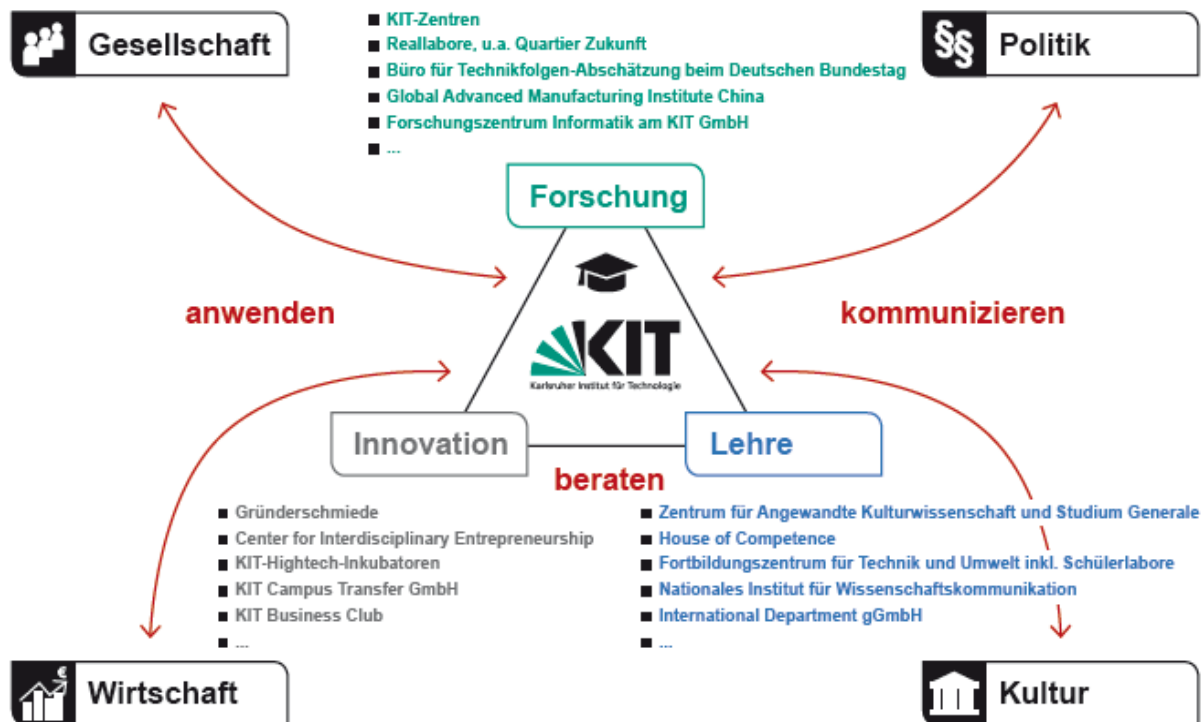


Abbildung 23: Ausgewählte Transferinstrumente des KIT

Bei der Fusion der Vorgängereinrichtungen Universität Karlsruhe (TH) und Forschungszentrum Karlsruhe zum KIT im Jahr 2009 wurde Innovation als Kernaufgabe im KIT-Gesetz verankert und seine herausgehobene Bedeutung für die Einrichtung explizit als Aufgaben- und Handlungsrahmen formuliert.

Der Transfer und die konsequente Orientierung an der Gesellschaft sind in der vom Aufsichtsrat des KIT am 09. November 2015 beschlossenen Dachstrategie KIT 2025 formuliert: „Wir schaffen und vermitteln Wissen für Gesellschaft und Umwelt (...). Zu den globalen Herausforderungen der Menschheit leisten wir maßgebliche Beiträge in den Feldern Energie, Mobilität und Information (...). Durch unsere Innovationstätigkeit schlagen wir die Brücke zwischen Erkenntnis und Anwendung zum gesellschaftlichen Nutzen, wirtschaftlichem Wohlstand und Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlagen.“ Es ist geplant, Transfer künftig als umfassendes Handlungsfeld in der Dachstrategie KIT 2025 zu verankern.

Die aus der Dachstrategie KIT 2025 abgeleitete Marketing- und Kommunikationsstrategie (MKS) präzisiert dies: „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 weiter verbessert, z.B. durch die Weiterentwicklung 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 Startups 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“ wird das Zusammenwirken mit den verschiedenen externen Partnern und Stakehol-

dern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft abbilden und weiterentwickeln. Das ressortübergreifende Umsetzungsprojekt zur Ausgestaltung des Fächermodells läuft seit Anfang 2018 und wurde auch 2020 weiter vorangetrieben.

Das Projekt „Politische Vernetzungsarbeit“, das ebenfalls in der Dachstrategie KIT 2025 wurzelt, wurde 2018 mit dem Ziel gestartet, die politische Vernetzungsarbeit des KIT zu strukturieren und neue Aktivitäten und Maßnahmen zu entwickeln und umzusetzen. 2020 fanden Besuche von Abgeordneten, Staatssekretär/innen und Minister/innen (in Präsenz und virtuell) ebenso statt wie ein virtuelles Forschungsfrühstück mit der Helmholtz-Gemeinschaft.

Für den Transfer in seiner ganzen Bandbreite stehen am KIT wissenschaftliche Einrichtungen und professionelle Unterstützungsstrukturen zur Verfügung. Unterschiedlichste Organisationseinheiten und Akteur/innen sind an vielen Schnittstellen damit befasst, zielgruppen- und themenadäquate WT-Formate zu gestalten und zu entwickeln und dabei aus den Synergien zu schöpfen, die das KIT als die „Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft“ auch für das Arbeitsfeld Wissenstransfer bietet (siehe Kap. A. 4.1). Die DE Innovations- und Relations-Management (IRM) koordiniert die Innovationsaktivitäten am KIT und unterstützt die Bereiche, Institute und KIT-Zentren beim Technologietransfer in die industrielle Anwendung, der Sicherung und dem Transfer von Schutzrechten sowie der Überführung einer Geschäftsidee in eine Gründung. (siehe Kap A.4.2)

A.4.1 Wissenstransfer

Die gesellschaftliche Relevanz aller Aufgaben und Aktivitäten des KIT ist in seiner Mission (wie oben erläutert) 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 adressiert, greifen wir auf und tragen damit aktiv dazu bei, die Wissenschaft und ihre Bedeutung für die Bewältigung großer globaler Herausforderungen im öffentlichen Bewusstsein zu verankern. Daher kommuniziert das KIT nicht nur über Ergebnisse und Erkenntnisse der Wissenschaft, sondern auch über den Wissenschaftsprozess an sich, welcher transparent und ergebnisoffen die verschiedenen Fakten berücksichtigt und sich selbst hinterfragt. Alle Mitglieder und Angehörigen sind dabei Botschafter/innen des KIT und tragen damit zu einer offenen Dialogkultur nach innen und außen bei.

Als übergeordnete Ziele für den Wissenstransfer (WT) des KIT sind bisher beschrieben:

Die Stärkung sowohl der Bedeutung von WT als auch der Wissenschaft in gesellschaftlichen Bedarfsfeldern, eine stärkere Vernetzung der Ingenieur- und Naturwissenschaften mit den Geistes- und Sozialwissenschaften, der Ausbau des Themenfeldes „Technology Futures and Assessment“ sowie dialogischer Formate und die Entwicklung von Angeboten zur wissenschaftlichen Weiterbildung. Daraus abgeleitet und mit entsprechenden Aktivitäten und Maßnahmen hinterlegt sind die strategische Schwerpunkte des Wissenstransfers im KIT:

- Nutzung und Diskussion von Ergebnissen aus Forschung, Lehre und Innovation für Akteur/innen aus Politik, Wirtschaft, Kultur und Gesellschaft
- Transfer und Wechselwirkung von technologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen / Technikfolgenabschätzung
- Öffentliche Wissenschaft
- Weiterbildung (Wirtschaft, Verwaltung, interessierte/breite Öffentlichkeit)

- Kultur und Entwicklung der Nachhaltigkeit
- Wissenschaftskommunikation
- Verantwortung in Forschung, Lehre und Innovation

Als **Knotenpunkte der vielfältigen und vielgestaltigen WT-Aktivitäten** seien im Folgenden die wichtigsten Einrichtungen benannt, an denen die genannten Schwerpunkte dezentral, verankert sind

Insbesondere die acht KIT-Zentren, in denen die für das KIT zentralen interdisziplinären Forschungsschwerpunkte abgebildet sind, kommunizieren themenbezogen Ergebnisse aus Forschung, Lehre und Innovation zur weiterführenden Nutzung und Diskussion und sind Ansprechpartner/innen für Akteur/innen aus 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

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)** befassen sich in ihrer Forschung mit dem Transfer und der Wechselwirkung von technologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen.

Das **Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale (ZAK)** bietet eine Vielzahl von Veranstaltungsreihen und Formaten zur „Öffentlichen Wissenschaft“ an. Mit seinen öffentlich sichtbaren Formaten im Wissens- und Technologietransfer leistet das KIT einen signifikanten Beitrag zum Dialog zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. (weitere Details zu den Aktivitäten des ZAK siehe auch Kapitel A.6.2). Wegen der Corona-Pandemie fanden Veranstaltungen 2020 teilweise im Online-Format statt oder wurden im Einzelfall ausgesetzt oder auch verschoben.

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 breite Informationsvermittlung eine gleichgewichtige Rolle (weitere Details zu den Aktivitäten des FTU siehe auch Kapitel A.6.3). Die Fortbildungen 2020 fanden unter entsprechenden Hygienevorgaben oder auch online statt.

Mit dem **Karlsruher Transformationszentrum für nachhaltige Zukünfte und Kulturwandel (KAT)** wird das vom Institut für Technikfolgenabschätzung (ITAS) betriebene „Reallabor 131: KIT findet Stadt“ ausgebaut und verstetigt. Das KAT unterstützt, erforscht und gestaltet die Menschheitsaufgabe der „großen Transformation“ und hinterfragt dabei grundlegende kulturelle Muster unserer (globalen) nicht nachhaltigen Wirtschafts- und Lebensweise. Es lädt mit seiner integrativen Kopplung von Forschung, Praxis und Bildung dazu ein, bestehende gesellschaftliche Systemgrenzen zu überwinden und sucht Alternativen und Ansatzpunkte für zukunftsfähige Kulturen der Nachhaltigkeit.

Mehr als 40 Weiterbildungsangebote pro Semester veranstaltet die **Akademie für Wissenschaftliche Weiterbildung Karlsruhe e.V. AWWK** (An-Institut des KIT) in den Fachgebieten Naturwissenschaft, Technik und Gesundheit ebenso wie in verschiedenen geisteswissenschaftlichen Disziplinen wie Geschichte, Philosophie, Literatur- oder Musikwissenschaft. Das Angebot richtet sich an alle Bildungsinteressierten, vor allem an Personen, die nach ihrem Berufsleben eine wissenschaftliche Bildung anstreben und an Interessierte, die neben ihrem Beruf weitere Interessensgebiete wissenschaftlich vertiefen möchten. Entsprechend den Rahmenbedingungen der Corona-Pandemie fanden die Weiterbildungsveranstaltungen a) in Kleingruppen von max. 10 Personen und unter entsprechenden Hygieneauflagen statt oder b) als Online-Kurse.

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 Wissenschaftler/innen bietet. Gesellschafter sind das KIT und die Klaus Tschira-Stiftung.

Im Teilinstitut **Wissenschaftskommunikation des Instituts für Technikzukünfte** gehören – neben der Studierendenausbildung – auch Forschungsprojekte zur Kommunikation von, 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.

Auch den **Transfer qualifizierter Absolvent/innen und Expert/innen** aus Universitäten und weiteren Forschungseinrichtungen in Gesellschaft, Wirtschaft, Politik und Kultur sehen wir als wichtigen Beitrag für die Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft. Wir bieten neben grundständigen Bachelorstudiengängen und konsekutiven Masterstudiengängen außerdem weiterbildende Masterstudiengänge an. Eine sehr erfolgreiche Einrichtung hierfür ist die **HECTOR School**, die sowohl Weiterbildungsmasterstudiengänge anbietet als auch Kurse, 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 WT-Formate entwickelt und umgesetzt, wie z.B. die erste „KIT Science Week“. Diese wird vom 05. bis 10. Oktober 2021 in Karlsruhe ausgerichtet und widmet sich dem Thema „Der Mensch im Zentrum lernender Systeme“. Die Science Week kombiniert eine hochrangige wissenschaftliche Konferenz mit Veranstaltungsformaten für die Öffentlichkeit, z.B. Podiumsdiskussionen, Veranstaltungen für Schüler/innen und Studieninteressierte, Bürgerdialog oder TEDx-Veranstaltungen. Entstanden aus dem erfolgreichen Antrag des KIT in der Förderlinie Exzellenzuniversität wird die Science Week die Darstellung der Transferleistungen des KIT und den Dialog zwischen KIT und Gesellschaft weiter stärken. Zudem erwarten wir uns Rückwirkungen aus der Gesellschaft auf das Agenda Setting des KIT.

In der **Wissenschaftskommunikation** berichtet SEK 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 Forschungs- und Lehrthemen des KIT ein, im Jahr 2020 wurde das KIT in deutschsprachigen Printmedien in über 18.000 Artikeln sowie in 16.000 Online-Artikeln genannt. Das Forschungsmagazin lookKIT erscheint vierteljährlich mit einer Auflage von 15.000 Exemplaren. Ein Expert/innenportal zur Vermittlung kompetenter Ansprechpersonen und die Rechercheunterstützung für Journalist/innen ergänzen das Portfolio. Zu tagesaktuellen Themen liefert der Presseservice des KIT Ein-

schätzungen von Expert/innen des KIT aus Sicht der Wissenschaft und informiert auch in den Sozialen Medien und steigender Reichweite: Fast 30.000 Menschen folgen dem KIT bei Twitter, auf Facebook hat das KIT fast 42.000 Abonnent/innen, rund 6.000 auf YouTube und etwa 17.100 Follower auf Instagram. Darüber hinaus sind mehr als 89.000 Menschen über LinkedIn mit dem KIT verbunden.

Highlight-Aktivität	Ressourcen (in FTE)	Zielgruppe	ASP im Zentrum	Zuordnung zum Helm- holtz-Fors- chungs- bereich
ENERGIE-Wende. Wandel. Wissen. (Ver- anstaltungsreihe)	k.A. mög- lich	Bürger/innen inte- ressierte Öffentlich- keit	KIT-Zentrum Energie	Energie
COVID-19 Dashboard von CEDIM/Risklayer	0,8	Industrie, Wirt- schaft, Politik	Prof. Dr. Mi- chael Kunz, Dr. Susanna Mohr	Erde & Um- welt /Gesundheit
Forschungspodcast „Selbstbewusste KI“	0,5 für dieses Teil- projekt	Bürger/innen, inte- ressierte Öffent- lichkeit, interdiszi- plinär Forschende	Prof. Dr. Karsten Wendland (ITAS)	Schlüssel- technologien /Information
Bewilligung des Realla- bors „Robotische Künst- liche Intelligenz“	ca. 5	Zivilgesellschaft, öffentliche Partner- institutionen, Poli- tik, Industrie/Wirt- schaft	Prof. Dr. Ta- mim Asfour/ KIT-Zentrum Information · Systeme · Technologien	Schlüssel- technologien /Information
Berufung von Prof. Dr. Armin Grunwald zum Co-Vorsitzenden des "Nationalen Begleitgre- miums"	k.A. mög- lich	Politik	Prof. Dr. Ar- min Grun- wald (ITAS)	Energie

Veranstaltungsreihe ENERGIE – Wende. Wandel. Wissen.

Durch aktuelle Hitzewellen und zunehmende Klimaproteste im Jahr 2019 sind vielen Bürger/innen die immer drängenderen Fragen zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes und der damit verbundenen Rolle eines nachhaltigen Energiesystems verstärkt deutlich geworden. Die Notwendigkeit, den fossilen CO₂-Ausstoß möglichst schnell zu beenden, stützen auch zahlreiche Erkenntnisse aus der Wissenschaft. Doch was ist möglich und wie schnell kann es gehen? Wie kann der nachhaltige Umbau des Energiesystems – mit dem Ziel der vollständigen Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern – aussehen und welche Lösungsmöglichkeiten und Herausforderungen gibt es dabei?

Vor diesem Hintergrund startete das KIT-Zentrum Energie Anfang 2020 die Veranstaltungsreihe ENERGIE – Wende. Wandel. Wissen., um mit der interessierten Öffentlichkeit in einen Dialog zu treten. Zu Beginn der Veranstaltungen wurde mit jeweils drei Kurzvorträgen wissenschaftlich fundiert zu einem Themenkomplex informiert, um anschließend ausführlich Fragen von Teilnehmenden zu beantworten und mit dem Publikum zu diskutieren. Im Februar 2020 konnten zwei der geplanten Veranstaltungen durchgeführt werden:

ENERGIESPEICHER – Elektrisch. Thermisch. Chemisch. am 03. Februar 2020:

Zum bisher ungelösten Problem auf dem Weg in ein CO₂-neutrales Energiesystem – der Speicherung großer Energiemengen – präsentierten die KIT-Wissenschaftler Prof. Dr. Maximilian Fichtner, Prof. Dr.-Ing. Thomas Wetzels und Prof. Dr.-Ing. Roland Dittmeyer Lösungen für neue Batterietechnologien und thermische Speicher sowie die Umwandlung von erneuerbarer Energie in chemische Energieträger.

ERNEUERBARE ENERGIEN – Sonne. Erde. Wind. am 17. Februar 2020:

Über die Potenziale von Wind-, und Sonnenenergie sowie der Geothermie, die theoretisch eine nahezu unbegrenzte Energiebereitstellung ermöglichen, informierten die Wissenschaftler Prof. Dr. Alexander Colmann, Prof. Dr. Thomas Kohl und Prof. Dr. Stefan Emeis. Herausforderungen und neuste Forschungstrends wurden beleuchtet und diskutiert.

Die für März bereits geplante Veranstaltung ENERGIESYSTEM – Entwicklungspfade. Technik. Märkte. musste aufgrund der Corona-Beschränkungen leider abgesagt werden.

Es ist geplant, dieses Format zukünftig weiterzuführen, denn mit ca. 130 Teilnehmenden pro Abend wurde die Veranstaltungsreihe von der Bevölkerung sehr gut angenommen und erhielt viel positives Feedback.

COVID-19 Dashboard von CEDIM/Risklayer

Unvollständige und unsichere Daten sind wesentliche Merkmale großer Katastrophen. Die gilt sowohl für Naturkatastrophen als auch für Pandemien wie der aktuellen SARS-CoV-2 Pandemie. Für wichtige zu treffende Entscheidungen sind in beiden Fällen möglichst valide, aktuelle und hoch aufgelöste Daten und Informationen unabdingbar. Dies gilt vor allem dann, wenn die Entscheidungen mit weitreichenden Konsequenzen für die Bevölkerung und die Wirtschaft verbunden sind wie beispielsweise ein Lockdown und weitere nicht-therapeutische Maßnahmen gegen die Ausbreitung der Pandemie.

Vor diesem Hintergrund hat Risklayer GmbH, eine Ausgründung aus dem KIT, in Kooperation mit der interdisziplinären Forschungseinrichtung Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM) des KIT im März 2020 damit begonnen, räumlich hoch aufgelöste, tagesaktuelle Daten zur Corona-Pandemie zu sammeln – in Deutschland von Beginn an auf Kreisebene (teilweise sogar auf Gemeindeebene). Das Pandemiegeschehen wird über den neu entwickelten Risklayer-Explorer in interaktiven Karten dargestellt (<https://www.risklayer-explorer.com/event/100/detail>). Die von CEDIM/Risklayer gesammelten und aufbereiteten Fallzahlen sind auch ein Jahr nach dem Beginn der Pandemie noch immer aktueller und valider gegenüber den offiziellen Zahlen des Robert Koch-Instituts (RKI; siehe z.B. <https://www.spiegel.de/wissenschaft/corona-risklayer-liefert-aktuellere-daten-als-das-robert-koch-institut-rki-a-926fb66f-96e2-4431-a69f-be35b9710297>).

Die Plattform bietet einen schnellen Überblick über die Ausbreitung des Corona-Virus in Deutschland und auf der ganzen Welt hinunter bis auf Landes- und Kreisebene. Dazu wird auf offizielle Statistiken von Regierungen und Gesundheitsministerien zurückgegriffen, in Deutschland direkt auf die Daten der 401 Kreise und kreisfreien Städte. Bisher wurden mit der Scraping-Methode – also dem Zusammenführen von Informationen auf verschiedenen offiziellen Webseiten – mehrere Tausend Datenquellen analysiert. Der Crowdsourcing-Initiative von CEDIM/Risklayer haben sich über hundert Freiwillige aus Deutschland und der ganzen Welt angeschlossen, die täglich nach entsprechenden Daten suchen und in die Datenbank eintragen, deren Einträge vor der Veröffentlichung noch dreifach verifiziert werden. Die Plattform informiert über Infektionszahlen, Sieben-Tage-Inzidenzen, Mortalitätsraten, Letalitätsraten und Genesene. Zusätzlich werden aus Daten sozialer Netzwerke auch die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Mobilität der Bevölkerung in verschiedenen Feldern wie Wohnung, Arbeitsplatz, Einzelhandel und Freizeiteinrichtungen analysiert.

Die von CEDIM/Risklayer gesammelten Daten und Informationen sind frei zugänglich (open access). Sie fließen ein in das bekannte Dashboard der Johns Hopkins University und werden von verschiedenen Medien tagesaktuell verwendet (ZDF, Tagesspiegel, MDR u.a.; siehe hierzu auch <https://www.zdf.de/nachrichten/heute/coronavirus-ausbreitung-infografiken-102.html>; „Das ZDF greift bei den Fallzahlen zum Coronavirus auf unterschiedliche Datenquellen zurück. Für Deutschland liefert Risklayer die aktuellsten Zahlen...“). Außerdem bestehen vielfältige Kontakte in die Politik. Die Daten und der Hintergrund der Datensammlung wurden von mehreren Bundesminister/innen nachgefragt.

Aufgrund der Aktualität und Granularität der Daten sollen diese im Rahmen von (beantragten) weitergehenden Forschungsprojekten genutzt werden, um darauf basierend Kausalketten und wesentliche Treibern des Infektionsgeschehen näher zu untersuchen. Damit ließen sich zielgerichtete Reaktion auf das Pandemiegeschehen ableiten.

Forschungspodcast „Selbstbewusste KI“

Das Thema Künstliche Intelligenz (KI), hat längst die Grenzen von Wissenschaft und Technik überschritten und wird in der Gesellschaft breit diskutiert. Oft geht es dabei um die Frage, ob KI ein Bewusstsein entwickeln kann und was das für den Menschen bedeutet. Diesen und weiteren Fragen widmet sich der Wissenschaftspodcast „Selbstbewusste KI“ der Forschungsgruppe „KI-Bewusstsein“ des KIT. In zwölf Folgen und einer Abschlussrunde, die Fragen der Hörer/innen aufgreift, nähern sich Expert/innen aus Wissenschaft und Gesellschaft dem Thema und öffnen es für interessierte Bürger/innen und interdisziplinär Forschende.

Entstanden ist der Podcast, der sich thematisch an der Grenze zwischen Mensch und Maschine bewegt, aus dem durch das BMBF geförderten Forschungsprojekt „Abklärung des Verdachts aufsteigenden Bewusstseins in der Künstlichen Intelligenz“ am KIT. Die Forschungsgruppe „KI-Bewusstsein“ um Prof. Dr. Karsten Wendland am Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) untersucht und kartiert darin, welche Gruppen wissenschaftlich, wirtschaftlich und weltanschaulich zu aufsteigendem Bewusstsein in der KI arbeiten. Die Entwicklung des Podcasts wurde redaktionell und technisch aktiv unterstützt von Studierenden des Studiengangs "Technical Content Creation" an der Hochschule Aalen.

In zwölf Folgen beleuchtet der Podcast das Themengebiet rund um „Bewusstsein“ Künstlicher Intelligenz aus unterschiedlichen Perspektiven. Die Expert/innen kommen etwa aus Robotik, Psychologie, Philosophie, Jura, Technikgeschichte, Sozialwissenschaften, Neurowissenschaften oder Theologie. Ergänzend zu den zwölf Folgen der Podcast-Serie stellen in einer abschließenden Sonderfolge Schüler/innen eines Abiturjahrgangs Philosophie ihre Fragen an die Gesprächspartner in einem online organisierten Diskussionsformat.

Besondere Resonanz erfolge durch Anfragen von Radiosendungen (SWR, Campusradio) sowie durch Kontaktaufnahmen u.a. durch Wissenschaftler/innen, die ihrerseits Interesse an fachlichem Austausch zu KI-bewusstsein haben und die teilweise über diesen indirekten „Rekrutierungskanal“ als Mitautoren für einen Sammelband zum Thema KI-Bewusstsein gewonnen werden konnten.

Zum Zeitpunkt März 2021 verzeichnet der Podcast über 7.000 Einzelabrufe über die verschiedenen Ausspielungskanäle. Alle Podcastfolgen wurden als Audiodokumente über die einschlägigen Podcast-Plattformen (Spotify, ApplePodcast, RadioPublic etc.) sowie als Open Access-Dokument über die KITopen-Plattform veröffentlicht. Ebenso wurden alle Podcasts vollständig transkribiert und ebenfalls als Open Access-Dokumente bereitgestellt (derzeit in Veröffentlichung) Eine zweite Staffel mit zwölf weiteren Folgen ist geplant für 2021/22. Die Podcasts sind verfügbar auf der Website des Projekts: www.ki-bewusstsein.de/podcast

Bewilligung des Reallabors „Robotische Künstliche Intelligenz“

Ziel des Reallabors ist es, eine Brücke zwischen der fortschrittlichen KI- und Robotikforschung am KIT und zivilgesellschaftlichen Akteur/innen in öffentlichen Einrichtungen zu bauen. Das Konzept sieht vor, sowohl Künstliche Intelligenz (verkörpert durch humanoide Roboter an verschiedenen Orten des öffentlichen Raums) für viele Menschen erfahrbar zu machen und dadurch sowohl eine breite Sensibilisierung für KI-Technologie zu erreichen, als auch experimentell neue Erkenntnisse für die Erforschung und Entwicklung zukünftiger Roboter zu gewinnen. Hierfür greift das Projekt sowohl auf die technischen Forschungsarbeiten des Instituts für Anthropomatik und Robotik (IAR), als auch die Kompetenzen des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) zurück. Das MWK fördert das Reallabor mit 800.000 Euro.

Viele Sektoren des (öffentlichen) Lebens könnten durch den Einsatz intelligenter Robotertechnologie effizienter, angenehmer und sicherer gestaltet oder anderweitig verbessert werden. Allerdings divergiert das technisch Machbare und gesellschaftlich Umsetzbare in der Regel wesentlich. Mangelnder Kontakt der Zivilgesellschaft mit modernster Technik führt nicht nur zu Fehleinschätzungen der technischen Möglichkeiten, sondern auch zu verstärkten Berührungsängsten oder illusionären Nutzungserwartungen. Umgekehrt ist es der Forschung nicht ohne weiteres möglich, die Fülle an möglichen Bedürfnissen und gesellschaftlich nutzbringenden Anwendungen zu überblicken, um sich dementsprechend zielorientiert auszurichten. Mit dem beantragten Reallabor soll genau dieses Problem adressiert werden, indem die Nachfrageseite zu Wort kommt. Es soll ein möglichst großer Kreis potentieller Anwendenden, Profiteure und Benachteiligter von KI-Technologien aller Altersstufen eng mit Forschenden des KIT in Kontakt treten, gemeinsam mögliche Anwendungsszenarien erarbeiten, die jeweiligen Möglichkeiten, Grenzen und Risiken robotischer KI-Technologien erörtern und Experimente unter realen Bedingungen im Sinne von Machbarkeitsstudien in verschiedenen Szenarien an unterschiedlichen Einrichtungen in Karlsruhe mit diversen Nutzergruppen durchführen.

Es wird ein verteiltes Reallabor der robotischen KI realisiert, das vielfältige Experimente mit diversen Nutzergruppen in unterschiedlichen Umgebungen ermöglicht, die von Kindertagesstätte über Schule bis zu Museum, Bibliothek und Krankenhaus reichen. Somit widmet sich das Vorhaben zum einen der gesellschaftlichen Herausforderung der Digitalisierung durch die Erfahrbarmachung von KI-Robotertechnologien und dem Abbau möglicher Berührungsängste mit diesen Technologien. Zum anderen stellen diese Experimente einen bidirektionalen Austausch und Wissenstransfer auf Augenhöhe zwischen der Forschung und der Anwendung zum gesellschaftlichen Nutzen dar, und tragen zu einer gesellschaftszentrierten Forschung an Technologien, die Menschen brauchen und tatsächlich haben wollen, bei. Die Aktivitäten des Reallabors gliedern sich in den Aktivitäten der KIT-Zentren „Information · Systeme · Technologien“ (KCIST) und „Mensch und Technik“ (MuT) ein.

Das Projekt startete im Januar 2021. Die ersten Roboter sollen, abhängig von der Entwicklung der Corona-Pandemie, im Laufe des Jahres im Einsatz sein.

Berufung von Prof. Dr. Armin Grunwald zum Co-Vorsitzenden des Nationalen Begleitgremiums

Prof. Dr. Armin Grunwald, Leiter des ITAS, wurde im Mai 2020 gemeinsam mit Prof. Dr. Miranda Schreurs von der Technischen Universität (TU) München zum Vorsitzenden des Nationalen Begleitgremiums (NBG) gewählt. Armin Grunwald ist seit 2016 Mitglied des Gremi-

ums und war vorher auch Mitglied der Endlagerkommission des Deutschen Bundestages, die das zurzeit laufende Standortauswahlverfahren in den wesentlichen Teilen konzipiert hat. Das Nationale Begleitgremium ist ein unabhängiges, pluralistisch zusammengesetztes gesellschaftliches Gremium, berufen von Bundestag und Bundesrat. Wissenschaftler/innen, Politiker/innen, Studierende, interessierte und nach Zufallsprinzip ausgewählte Bürger/innen: die Bandbreite der Mitglieder ist groß und spiegelt die Vielfalt der Gesellschaft wider. Ziel ist es, die Endlagersuche für hoch radioaktive Abfälle vermittelnd zu begleiten – unabhängig, transparent, wissenschaftsbasiert und bürgernah, in Kooperation mit aber auch Distanz zur Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) und dem Bundesamt für Sicherheit der kerntechnischen Entsorgung (BASE).

Zentrales Medium der Arbeit des Gremiums sind monatliche Sitzungen im Plenum, die grundsätzlich öffentlich stattfinden. Daneben gibt es als „Werkstatt“ des NBG vier Fachgruppen, in denen vertiefte Beratungen stattfinden zu den Themen der Öffentlichkeitsbeteiligung, der Geologiedaten, zu Sicherheit und Strahlenschutz sowie zur Lernfähigkeit und anderen Systemfragen des gesamten Verfahrens. Öffentliche Veranstaltungen mit Bürgerbeteiligung sind zurzeit durch die Pandemie auf virtuelle Formate beschränkt, finden aber weiter statt wie z.B. zur Auswertung des ersten Termins der Fachkonferenz Teilgebiete. Das NBG sieht Verbindungen zur Politik, insbesondere zu Bundestag und Bundesrat als besonders wichtig für ein zielführendes Suchverfahren in größtmöglichem Konsens. Immer wieder nehmen beispielsweise Bundestagsabgeordnete an Sitzungen des NBG teil. Jüngst wurde auch eine öffentliche Veranstaltung zur Rolle der Bundesländer im Verfahren durchgeführt.

Weitere Wissenstransfer-Aktivitäten 2020

Die Tabelle ist thematisch wie folgt gelistet: themenübergreifende Aktivitäten, Themenfelder der KIT-Zentren, Wissenschaftskommunikation. Innerhalb der Themenfelder sind die Einzelpunkte nach Formaten sortiert (Beiräte/Gremienmitgliedschaften, Veranstaltungen, Projekte, Expert/innenzugänge/Onlinetools und –Plattformen, Medienbeiträge, öffentliche Vorträge, Weiterbildung/Erziehung) sowie gegebenenfalls nach Datum aufsteigend.

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/transferbarometer	Mitwirkung des KIT bei der Initiative „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.
Fachausschuss Kultur der UNESCO	Prof. Dr. Caroline Robertson-von Trotha ist Mitglied im Fachausschuss Kultur der Deutschen UNESCO Kommission.
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. Das KIT wird bei der Erstellung der TRK-Energiestrategie durch Prof. Dr. Schmeck (AIFB) und Dr. Wolfgang Breh (KIT-ZE) vertreten. Prof. Dr. Thomas Hirth, Vizepräsident des KIT für Innovation und Internationales, ist Mitglied im Aufsichtsrat.
Veranstaltungsreihe „KIT im Rathaus“ www.zak.kit.edu/	siehe Aktivitäten zum Thema Klima und Umwelt

Veranstaltungsreihe "World Science Café" www.zak.kit.edu/worldsciencecafe	Im World Science Café geben geflüchtete und gefährdete Forschende Einblicke in ihr Arbeitsfeld. Das ZAK richtet in Kooperation mit dem International Scholars and Welcome Office (IScO) des KIT dieses Veranstaltungsformat aus, in dem Geflüchtete der Öffentlichkeit über ihre wissenschaftliche Arbeit berichten. Am 13. Februar war in dieser Reihe Dr. Jonathan Ngh (Global South Studies Center der Universität Köln) zu Gast für einen Vortrag zum Thema „Migration & Human Trafficking in the Global South: Cameroon to the Arab Gulf States“.
Info Session Reihe: Wissenschaftliche Weiterbildung	Verschiedene Info Sessions informieren über die Möglichkeit der berufs begleitenden akademischen Weiterbildung in den aktuellen Themen Digitale Transformation, Industrie 4.0, E-Mobilität, ADAS, AI... z. B. „Machine Learning: Implementation of Artificial Intelligence in Production Systems“ mit Prof. Fleischer, w bk, am 22. April mit 38 Teilnehmenden aus der Industrie.
Fame Lab	Dr. Ulrike Brandt-Bohne vom NaWik war Jurymitglied beim virtuellen FameLab Landesentscheid Baden-Württemberg im April. Das NaWik wurde als offizieller Partner der Veranstaltung geführt.
Campustage 2020 www.sek.kit.edu/lehre-hochforschung	Im Rahmen des BMBF-Projektes „KIT-Lehre^{Forschung}“ und seinem Nachfolgeprogramm „KIT-Lehre^{Forschung}-PLUS“ fanden am 15./16. Oktober die Campustage „Lehre^{Forschung}“ statt. Die Eröffnungsveranstaltung mit öffentlicher Keynote-Speech von Prof. Dr. Peter Tremp und Diskussion wurde live online übertragen. Die Teilprojekte gaben in digitalen Workshops und Vorträgen Einblicke in die Themenstellungen der forschungsorientierten Lehre und berichteten der interessierten Öffentlichkeit über ihre Erkenntnisse aus der zweiten Förderphase (2017-2020).
Veranstaltungsreihe "Colloquium Fundamentale" www.zak.kit.edu/7261.php	Das Colloquium Fundamentale widmet sich mit Vorträgen und Publikumsdiskussionen aktuellen Themen, im SS 2020 der „Bioökonomie“ anlässlich des Wissenschaftsjahres. Unter dem Titel „Fossile Rohstoffe ade! Forschung auf dem Weg in die Bioökonomie“ diskutierten Expert/innen verschiedener Disziplinen in vier Vorträgen kontrovers über eine biobasierte Zukunft. Drei weitere Vorträge in 2020 schlossen zu Beginn des Wintersemesters an. Das Semesterthema des Colloquium Fundamentale lautete: „<i>Das vom Menschen Gemachte. Kulturwissenschaft gestern und morgen</i>“.
Veranstaltungsreihe „Internationales Forum“ www.zak.kit.edu/internationales_forum_archiv.php	Prof. Dr. Hartwig Lüdtke, Vizepräsident der Deutschen UNESCO-Kommission sowie Stiftungsvorstand und Direktor des Technoseums in Mannheim, sprach am 12. Februar im Rahmen der Reihe „Internationales Forum“ zum Thema „Frieden durch Kulturarbeit. Die Rolle der UNESCO im System der Vereinten Nationen. Am 07. Dezember fand ein weiteres Internationales Forum statt: „Menschenrechte und Diktatur: Neues Sicherheitsgesetz in Hongkong und Chinas Umgang mit Minderheiten in Xinjiang“, Vorträge von Prof. Dr. Dirk Pleiter (Amnesty International e.V.) und Anne Renzenbrink (Reporter ohne Grenzen e.V.).
Teilnahme des KIT am EF-EFFEKTE-Dienstag	Das KIT nahm 2020 an der EF-EFFEKTE-Reihe 2020/21 teil, aufgrund der Corona-Pandemie im online-Format. EF-EFFEKTE im Juli: Das Leben der Zukunft erforschen. Wie sieht ein wirklich nachhaltiges Leben aus? Die Infrastruktur des 21. Jahrhunderts muss unter anderem für Klimawandel, knappe Ressourcen und zunehmende Verstädterung gerüstet sein. Wie kommen wir dahin? Lösungsansätze zeigte Prof. Dr. Andreas Gerdes, der am Karlsruher Institut für Technologie den KIT Innovation Hub „Prävention im Bauwesen“ leitet.
Projekt „Knowledge Transfer Upper Rhine (KTUR)“ https://science.rmtmo.eu/de/neues/programm-interreg-v-oberrhein-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)
THINKTANK „Industrielle Ressourcenstrategien“ https://www.iip.kit.edu/1064_4070.php	Ein hoher Anteil industrieller Wertschöpfung und gleichzeitig wenig eigene Rohstoffe – vor diesem Hintergrund ist der „THINKTANK Industrielle Ressourcenstrategien“ entstanden. Als Berater für Entscheidungsträger aus Politik und Industrie entwickelt er auf wissenschaftlicher Basis lösungsorientierte und zukunftsfähige Ideen für zentrale technologisch-strategische Problemstellungen zu Ressourceneffizienz, Ressourcennutzung und Ressourcenpolitik.
Innovations- und Relationsmanagement bei IRM, z.B. „NEULAND Innovationstag am KIT“	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.
TRIANGEL Open Space www.triangel.space	Bauliche Fertigstellung und erste Pilotveranstaltungen im TRIANGEL, dem Transfer- und Gründungszentrum des KIT in der Fußgängerzone der Stadt Karlsruhe.
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 (BMBF-gefördert). 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 01. 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. 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	Aufgrund der Pandemie musste der Girls' Day im Jahr 2020 leider kurzfristig abgesagt werden. Für 2021 wird die Veranstaltung aufgrund der anhaltend unsicheren Lage in einem Online-Format geplant.
KIT-Kinder-Uni 2020 www.kinder-uni.kit.edu	Wegen der Corona-Pandemie konnte 2020 leider keine Kinder-Uni stattfinden.
Zentrum für mediales Lernen www.zml.kit.edu	Internetgestützte Lehrkräftefortbildungen zu verschiedenen Themen.
MOOCs: Mediales Lernen im 21. Jahrhundert http://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/angebote-fuer-schueler.php	Das ZML bietet mit Partnern (Fakultät für Informatik, LFZG, InnoEnergy, Zentrum Energie) drei einwöchige Science Camps p.a. für 14 bis 16-Jährige (20 TN/Camp) zu den Themen Energie, Geothermie, Informatik an. Jugendliche können eine Woche forschendes Lernen erleben und selbst Themen setzen. Ihre Erfahrungen und Erkenntnisse aus Treffen mit Wissenschaftler/innen, Experimenten und Exkursionen halten sie als Videoclips, E-Books oder Webseiten fest.
Science Exchange Program http://www.zml.kit.edu/science-exchange-program	Deutsch-Chinesischer Schüleraustausch mit Projektphase am KIT
Schulkindbetreuung am KIT	Die Schulkindbetreuung des KIT ist ein ganzjährig stattfindendes außerschulisches Bildungs- und Betreuungsangebot für Kinder im schulpflichtigen Alter mit dem Ziel der Rekrutierung von insbesondere weiblichem Nachwuchs sowie zur Vereinbarkeit von Studium, Beruf und Familie. Es besteht aus der Ferienbetreuung (in allen Schulferienzeiten des Landes Baden-Württemberg), der KIT-Kinder-Uni sowie der Kongress-Betreuung.
Praktika	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.

	tungen wie Vorträge, Besichtigungen und Gesprächsrunden. 2020 ist die Reihe coronabedingt ausgefallen.
Schüler-Aktivitäten, Schüler- und Jugendlabore Übersicht https://www.fortbildung.kit.edu/KIT_Angebote.php	Neben über 10 Schülerlaboren bieten verschiedene Akteur/innen des Netzwerks Schüleraktivitäten eine Vielzahl von Angeboten für Kinder und Jugendliche an. Pandemiebedingt 2020 nur eingeschränkt, einige Angebote wurden digital durchgeführt. Neue Angebote digital entwickelt. Sehr viele Besuche und Praktika mussten aber ausfallen.
Haus der kleinen Forscher www.haus-der-kleinen-forscher.de/nc/de/netzwerk/netzwerk-karlsruher-institut-fuer-technologie/	Naturwissenschaft und Technik in Kita und Grundschule; Fortbildungen für Erzieher/Innen und Lehrer/Innen in Kooperation mit HGF und Südwest Metall. KIT betreut die Angebote für Karlsruhe und angrenzende Landkreise. Die Angebote wurden teilweise digital durchgeführt.
HECTOR School Academy	Unternehmen und Mitarbeiter/innen werden in ihrem Change Prozess im Rahmen von Entwicklungen wie der digitalen Transformation, Industrie 4.0, autonomes Fahren, Elektromobilität und erneuerbare Energien mit aktuellen wissenschaftlichen Insights aus Forschung und anwendungsorientierter Lehre auf höchstem Niveau unterstützt. Das Angebot reicht von maßgeschneiderten Programmen für Unternehmen, über Modulbelegungen bis hin zu Zertifikatskursen – inkl. einem MBA Fundamentals Programm für Promovierende in den Naturwissenschaften.
Master of Science in Financial Engineering (HECTOR School) https://www.ectorschool.kit.edu/master-financial-engineering.php	Das Masterprogramm FE bietet spezialisierte Finanz-, Technologie- und Management-Kurse, um Teilnehmende mit Data Science, Machine Learning und Predictive Analytics darauf vorzubereiten, die Transformation der Finanzindustrie anzuführen. Vermittelt wird sowohl Management-Know-how, wie auch tiefergehendes Wissen in technologischen Themen. Die Zielgruppe arbeitet in finanzproduktorientierten Dienstleistungsbereichen, z. B. Beratungsunternehmen, Investment- und Privatbanken, Unternehmensabteilungen in der Industrie, Versicherungsgesellschaften.
Master of Science in Management of Product Development (HECTOR School) https://www.ectorschool.kit.edu/master-management-of-product-development.php	Steigende Anforderungen an maßgeschneiderte Produktlösungen, niedrige Produktionskosten, hohe Qualitätsstandards, reduzierte Entwicklungszeiten und verkürzte Produktlebenszyklen erfordern hochqualifizierte Fachkräfte. Der Masterstudiengang Management of Product Development ist die Antwort auf diesen Bedarf. Zielgruppe sind Führungskräfte, die in der Produktentwicklung oder im Produktmanagement arbeiten, z.B. in Maschinen- und Anlagenbau, Automobil- und Zulieferindustrie, Messtechnik, Großgeräteindustrie.
Master of Science in Production and Operations Management (HECTOR School) https://www.ectorschool.kit.edu/master-production-and-operations-management.php	Das Masterprogramm POM befähigt Ingenieure, den Betrieb einer Produktions- oder Dienstleistungsorganisation zu analysieren, zu verstehen und zu managen, insbesondere in einem globalen Kontext. Die Teilnehmenden werden qualifiziert, die Effizienz von Wertschöpfungsprozessen im Betrieb von Produktions- und Dienstleistungssystemen zu optimieren. Zielgruppe sind Führungskräfte in der Produktion und/oder Logistik oder im Anlagenbau. Typische Branchen können z. B. Maschinen- und Anlagenbau, Prozess-Industrie, Automobil- und Automobilzulieferindustrie sein.
Aktivitäten zur Bekämpfung der Corona-Pandemie	
Das KIT unterstützt bei der Bewältigung der Corona-Krise seit 2020 mit Sachbeiträgen und wissenschaftlich-technischen Dienstleistungen und wertet Daten aus, die als Grundlage politischer Entscheidungen dienen können. Für verschiedene Projekte, in denen zu SARS-CoV-2 geforscht wird, stellt das KIT Infrastrukturen zur Verfügung. Wissenschaftler/innen des KIT beschäftigen sich außerdem mit Aspekten wie dem Arbeiten im Homeoffice sowie gesellschaftlichen und technischen Folgen der Krise. Die Krisensituation schafft zudem außergewöhnliche Bedingungen für die Forschung, um neue Erkenntnisse zu gewinnen. Aufgrund der Vielfalt und Vielzahl der Aktivitäten und Projekte können diese hier nicht als Einzelnennungen Platz finden, sind jedoch im Überblick und mit weiterführenden Informationen auf der Webseite http://www.kit.edu/kit/corona-pandemie-forschung-und-hilfsaktivitaeten-am-kit.php dargestellt.	
Aktivitäten zum Themenfeld Energie	
Beirat Nachhaltige Bioökonomie https://um.baden-	Die Leiterin des Bereiches I, Professorin Dr. Andrea Robitzki, wurde 2020 in den Beirat Nachhaltige Bioökonomie der Landesregierung Baden-Württemberg berufen.

w uerttem-berg.de/de/wirtschaft/bioeconomie/beirat-nachhaltige-bioeconomie-der-landesregierung/	
Forschungspartnerschaft KA Energie	Der geplante öffentliche Workshop der „Forschungspartnerschaft Karlsruhe Energie“ wurde wegen Corona auf 2021 verschoben.
EIT InnoEnergy www.innoenergy.com	Netzwerk europäischer Forschungseinrichtungen und Energieunternehmen zur Förderung der erneuerbaren Energien in Wissenschaft, Innovation, Weiterbildung, Gründungsberatung.
Energiewendetage BW https://www.zukunftscampus.kit.edu/801.php	Wie auch bereits in den vergangenen Jahren war geplant, dass das KIT sowohl an der zentralen Veranstaltung in Stuttgart am 19. September teilnimmt, als auch wieder eine KIT-interne Ausstellung durchführt. Die Veranstaltung in Stuttgart wurde corona-bedingt kurzfristig abgesagt. Daraufhin wurde die Präsenzveranstaltung am KIT ebenfalls abgesagt, die Beiträge dafür aber im Intranet präsentiert (s. Link).
Projekt „reFuels – Kraftstoffe neu denken“	Der von fossilen Kraftstoffen getriebene Individual- und Lastverkehr trägt durch den Ausstoß von CO ₂ wesentlich zum Klimawandel bei. Synthetische Kraftstoffe – sogenannte „reFuels“ – lassen sich auch aus nichtfossilen Kohlenstoffquellen herstellen und stellen einen wesentlichen Beitrag zu einem raschen Wandel in eine CO ₂ -neutrale Mobilität. Das KIT will mit Partnern aus der Automobil-, und Mineralölindustrie und mit Unterstützung der Landesregierung Baden-Württembergs die Chancen dieser Kraftstoffe für Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt in einem breit angelegten Programm erforschen und die Einführung und Industrialisierung vorantreiben.
Projekt „Energietransformation im Dialog“ – vom Reallabor zum Karlsruher Transformationszentrum“ (EDia) www.dialog-energie.de/aktuelles/	Technologien spielen beim Wandel des deutschen Energiesystems eine wichtige Rolle, die nachhaltige Gestaltung unseres Energiesystems ist aber vor allem eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe. EDia bringt unterschiedliche Akteur/innen zusammen, um über die Mitgestaltung der Energiewende zu sprechen. Dabei kommen unterschiedliche Beteiligungsformate zum Einsatz. So wurden im vergangenen Jahr unterschiedliche Informations- und Erklärvideos veröffentlicht. Das Format „Tour Nachhaltige Energie“ wurde weiter vorangetrieben und digital weiterentwickelt sowie ein Szenario-Workshop zur Rolle von Narrativen im Energiewende- und Klimakontext durchgeführt.
Projekt „Literaturforschung und Energiewende“ www.kit.edu/kp/2017_107_volkswagenstiftung-fordert-projekt-zur-modelltheorie.php	Das durch die VolkswagenStiftung geförderte Verbundprojekt erforscht gesellschaftliche Narrative und ihren Einfluss auf die wissenschaftliche Modellbildung am Beispiel der Energieforschung. Ziel ist die Entwicklung einer literaturwissenschaftlichen Modelltheorie, die auch als neues Instrument in die Technikfolgenabschätzung einfließen soll.
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	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	Kerntechnische Aus- und Weiterbildung mit speziellen Lehrangeboten in Nuklearwissenschaften und Ingenieurwesen in Verbindung mit der industriellen Perspektive der Firma Framatome.
Master of Science in Energy Engineering and Management (HECTOR School) https://www.ectorschool.kit.edu/master-energy-engineering-and-management.php	Der Masterstudiengang „Energy Engineering and Management“ vermittelt ein umfassendes Verständnis heutiger und zukünftiger Energiesysteme und der Wechselwirkungen ihrer Elemente. Vermittelt wird breiteres Wissen in Management-Know-how und tiefergehendes Wissen in technologischen Themen. Zielgruppe sind Projektleitende oder technische Führungskräfte in den Branchen Energieerzeugung, -transport, -verteilung, -speicherung oder -vertrieb arbeiten, z.B. in Energieversorgungs- und Energieerstellungs-Unternehmen.

Aktivitäten zum Themenfeld Information · Systeme · Technologien (inkl. Digitalisierung)	
Regionaldialog zum Thema "Nachhaltige urbane Mobilität - Stadtquartiere gemeinsam neu denken" im Rahmen des Beteiligungsprozesses zur High-Tech Strategie	Im Sommer 2020 führte das BMBF im Pilotverfahren einen Beteiligungsprozess zur Weiterentwicklung der Hightech-Strategie 2025 durch. Kernstück dieses Prozesses waren sieben Regionaldialoge, deren individuellen Themenschwerpunkte die besonderen regionalen Charakteristika widerspiegeln. Der Karlsruher Dialog wurde durch den Präsidenten des KIT als Mitglied des Hightech-Forums in Patenschaft begleitet und durch das ITAS gemeinsam mit anderen Partnern umgesetzt.
KCIST Online-Lecture Series on AI@KIT http://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. Diese KIT-interne Veranstaltung findet jeden letzten Montag im Monat mit breiter Beteiligung von Professoren, Postdocs, Doktoranden und Studenten des KIT statt.
Science Camp Robotics Online http://www.kcist.kit.edu/deutsch/896.php	Das Science Camp Robotik Online richtet sich an Schülern/innen der Klassenstufen 8 bis 10. Diese haben die Möglichkeit, im Rahmen eines online-Formats, die grafische Programmierung in Choregraphie von humanoiden NAO Robotern zu erlernen. Das Programm des Camps wird durch die Einführung in die Programmiersprache Python ergänzt. Das Camp findet während der Schulferien statt und dauert fünf Tage.
Bürger/innenforen und Digilounge im Rahmen von digilog @bw	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 Bürger-Innenforen (in Präsenz) und Digilounges (Online-Format) 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 wie dem KIT.
Projekt „JuBot- Jung bleiben mit Robotern: Vielseitige Assistenzrobotik für die Alltagsbewältigung“ www.kit.edu/kp/2020_092_jung-bleiben-im-alter-mit-assistenzrobotern.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 abzusichern oder Kompetenzen aufzubauen, die Flow fördern. Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) fördert das Projekt mit 1,36 Mio. Euro.
Projekt „Deepen Genomics - Chancen und Herausforderungen der Konvergenz von künstlicher Intelligenz, moderner Humangenomik und Genom-Editierung“ www.its.kit.edu/projekte_koen19_deepen.php	Die Entschlüsselung des menschlichen Erbguts gibt noch immer Rätsel auf. Künstliche Intelligenz könnte helfen, diese zu lösen. Neue therapeutische Ansätze für schwere Krankheiten scheinen möglich, ebenso wie nichtmedizinische „Verbesserungen“ des Erbguts. Das Projekt untersucht, welche Anwendungen realistisch sind, vor welche ethischen Fragen sie die Gesellschaft stellen und welche Handlungsmöglichkeiten für einen verantwortungsvollen Umgang mit dieser Technologie daraus ableitbar sind.
Projekt "Simulierte Welten" www.simulierte-welten.de/index.php	Ziel des Projektes ist es, Schüler/innen 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/files/Downloads/Publikationen/AG-7_Bericht_web_final.pdf	Ob bei Rettungseinsätzen, Löscharbeiten oder Inspektionen in der Tiefsee: Mobile Roboter, die sich mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz (KI) in unbekannten Situationen zurechtfinden, können den Menschen künftig bei Tätigkeiten in gefährlichen Umgebungen wirksam unterstützen.

Plattform ROBDEKON www.robdekon.de/aktuelles/presse/eroeffnungsfeier	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.
TeleTrusT Engineer for System Security	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).
Master of Science in Information Systems Engineering and Management (HECTOR School) https://www.hectorschool.kit.edu/master-information-systems-engineering-and-management.php	Im Masterstudiengang ISEM werden Informatiker/innen sowie Betriebswirt/innen befähigt, die Digitalisierung voranzutreiben und Führungsaufgaben, insbesondere in der digitalen Transformation zu übernehmen. Vermittelt wird Management-Know-how und tiefergehendes Wissen in technologischen Themen. Mit den Spezialisierungen in Digital Services und Autonomous Robotics qualifizieren sich Absolvent/innen für neue Möglichkeiten in z.B.: IT, Automotive, Consulting, Produktion, Logistik, Finanzen, Handel, Öffentlicher Sektor und Gesundheitswesen.
Aktivitäten zum Themenfeld Mobilität	
Vorsitz des Wissenschaftlichen Beirats des BMVI	Prof. Dr. Kay Mitusch (ECON, Lehrstuhl für Netzwerkökonomie) ist seit 01.01.2020 Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Prof. Mitusch gehört dem Gremium seit 2009 an, und übernimmt den Vorsitz für zwei Jahre.
Forschungsinformationssystem für Mobilität und Verkehr (FIS)	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) wird, zusammen mit dem Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (IKEM), für die kommenden drei Jahre die inhaltliche Pflege der Auswertungsbereiche „Zukunftsfähiges und nachhaltiges Verkehrssystem“ sowie „Innovative Verkehrstechnologien“ verantworten.
Transformationsrat Automobilwirtschaft BaWü	Für den Transformationsrat zur Automobilwirtschaft im Rahmen des Strategiedialogs der Landesregierung ist Prof. Dr. Frank Gauterin ist für das KIT im Gremium vertreten.
Beirat e-mobil BW	Der Beirat steht der e-mobil BW GmbH in beratender und unterstützender Funktion zur Seite. Das Gremium mit hochrangigen Vertreter/innen 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.
Zwei weitere Jahre Deutsches Mobilitätspanel	Das Institut für Verkehrswesen (IfV) wurde vom BMVI für weitere zwei Jahre 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	Im Rahmen der Arbeitsgruppensitzungen werden technologische, wirtschaftliche, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte diskutiert, Roadmaps erarbeitet und Projektideen entwickelt. Beispielsweise wurde ein von der AG Intelligent Move erarbeitetes Positionspapier „Automatisiert. Vernetzt. Elektrisch – Testregionen in Baden-Württemberg“ vorgestellt, das als Grundlage für die Ausschreibung eines Testfelds „Autonomes Fahren Baden-Württemberg“ diente.
Strategiedialog Automobilwirtschaft BaWü	Der SDA BW ist ein Format der institutionalisierten Zusammenarbeit. Im engen Schulterschluss von Politik, Wirtschaft, Wissenschaft, Arbeitnehmerverbänden, Verbraucherorganisationen, Umweltverbänden und Zivilgesellschaft

https://stm.baden-wuerttemberg.de/de/themen/strategiedialog-automobilwirtschaft/	schaft sollen in den kommenden Jahren Projekte, Maßnahmen und Konzepte erarbeitet werden, um den Transformationsprozess der baden-württembergischen Automobilindustrie erfolgreich zu gestalten. KIT-seitig sind Prof. Gauterin, Prof. Albers, Dr. -Ing. Kagerbauer und Dr. Ing. Pfriem im Gremium vertreten.
Innovationscampus „Mobilität der Zukunft“	Der Innovationscampus als gemeinsame Plattform des Karlsruher Instituts für Technologie und der Universität Stuttgart wird vom Ministerium für Wissenschaft und Kunst des Landes Baden-Württemberg bis 2024 gefördert und ermöglicht durch exzellente Grundlagenforschung zu Mobilitätsprodukten und den dazu passenden Produktionstechnologien neue (interdisziplinäre) Ansätze und Innovationen mit disruptivem Charakter. Im Juni 2020 fand die erste Beiratssitzung mit Vertretern aus Wissenschaft und Wirtschaft statt.
Carl Benz Gedenkvorlesung http://www.fast.kit.edu/lff/13111.php	Die geplante Carl-Benz-Gedenkvorlesung 2020 musste corona-bedingt abgesagt werden, findet jedoch 2021 wieder statt
Umfangreiche Beteiligung des KIT an der Zwischenbilanzkonferenz des Strategiedialogs Transformation der Automobilwirtschaft, koordiniert durch die Landesregierung Baden-Württemberg	Im Rahmen der Konferenz (17. September) wurde das KIT im Top Level Meeting vertreten von Vizepräsident Herrn Prof. Dr. Thomas Hirth und dem wissenschaftlichen Sprecher des KIT-Zentrums Mobilitätssysteme Prof. Dr. Frank Gauterin. Teilnehmende des Meetings waren unter anderem: Ministerpräsident Kretschmann, Minister/in Bauer, Hermann, Hoffmeister-Kraut, Schneider, Strobel, Untersteller, Vorstandsvorsitzende Blume (Porsche AG), Denner (Robert Bosch GmbH), Källenius (Daimler AG), Mastiaux (EnBW Energie Baden-Württemberg AG).
Begleitforschung auf dem Testfeld Autonomes Fahren Baden-Württemberg (TAF BW)	Auf dem TAF BW gewinnen Forschungsprojekte unter Realbedingungen wertvolle Erkenntnisse für die Entwicklung des automatisierten Fahrens. Doch wie wirken sich die Projekte selbst auf Verkehr und Technologien auf dem Testfeld aus? Was bedeutet das in den realen Straßenverkehr integrierte Testfeld für die Gesellschaft? Das Projekt „bwirkt“ nimmt Begleit- und Wirkungsforschung zum automatisierten und vernetzten Fahren auf dem TAF BW in den Blick und leitet Handlungsempfehlungen für Wissenschaft, Industrie und Politik ab.
Begleitforschung zu MOIA https://www.mdpi.com/2071-1050/13/2/958	Mobility-On-Demand ist eines der wichtigsten Forschungs- und Entwicklungsthemen im Verkehrsbereich der letzten Jahre. Erste Anbieter von Ridepooling-Diensten, wie z.B. MOIA, sind bereits am Markt aktiv und bieten ihre Dienste dem Kunden an. MOIA betreibt in Hamburg eine Flotte von derzeit 450 Elektrofahrzeugen, die Fahrtwünsche von Personen kombiniert und somit Ridepooling anbietet. Erste Ergebnisse wurden in dem Journal Beitrag: Usage and User Characteristics Insights from MOIA, Europe's Largest Ridepooling Service veröffentlicht.
Projekt „Fahrerkabine 4.0“ https://www.kit.edu/kp/2020_057_fahrerkabine-4-0-automatisiertes-belastungsmanagement.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	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-Expert/innen einen spielerischen Einblick in die Möglichkeiten, Grenzen, Abhängigkeiten und Auswirkungen unterschiedlicher Ansätze urbaner Mobilitätspolitik.
Master of Science in Mobility Systems Engineering & Management (Hector School) https://www.hectorschool.kit.edu/master-mobility-systems-engineering-and-management.php	Das Masterprogramm MSEM ermöglicht eine einzigartige Kombination an Vorlesungen im Themenfeld Entwicklung aufkommenden Technologien und Systeme. Prozesse, Methoden und Werkzeuge für die Herausforderung zukünftiger E-Mobilität, autonomes Fahren, Kommunikation und weltweitem Absatzmanagement werden sowohl auf der Ingenieurs- als auch auf der Betriebswirtschaftlichen Seite beleuchtet. Zielgruppe sind Berufstätige, die in der Entwicklung, Produktion oder Integration von Embedded Systems arbeiten.
Webinare der „Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe“	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 zu-

http://www.profilregion-ka.de/index.php/de/	sammengeschlossenen Forschungseinrichtungen, sowie von kooperierenden Industrieunternehmen. Aufgrund der corona-bedingten Restriktionen im größten Teil des Jahres 2020 wurde die Seminarreihe durch mehr kostenfreie Webinare ersetzt. Die Profilregion bietet drei bis vier Mal pro Jahr eine 90-minütige Veranstaltung mit jeweils zwei Fachvorträgen zur kostenlosen Teilnahme an. Im Jahr 2020 wurden folgende Themen behandelt: • Sharing, Hailing, Selling - Grundlagen, Potenziale & Auswirkungen neuer Mobilitätsdienste • Infrastruktur für alternative Antriebe - Nutzerakzeptanz und Ladeverhalten in der Praxis • Schlüsselkomponente E-Motor - Von der Theorie bis zur Erarbeitung von Demonstratoren
Prof. Dr. Eric Sax im P. M. Magazin 10/2020	Um das Klima zu schonen, sollen auch Lkw künftig elektrisch fahren. Aber welches ist das beste Antriebskonzept für die Giganten der Straße? Im Artikel "Schwer unter Strom" im P. M. Magazin, Ausgabe 10/2020, gibt Prof. Sax dazu Prognosen ab und erklärt, warum er die Brennstoffzellentechnologie favorisiert. Zur Problematik der zukünftig wohl stark überlasteten Stromnetze meint Prof. Sax, dass an einem Technologiemix aus elektrischen Antrieben, synthetischen Kraftstoffen sowie Oberleitungen kein Weg vorbeiführt.
Aktivitäten zum Themenfeld Materialien	
Technik.Kontrovers 3D-Druck	Wie lassen sich negative Folgen von Technik frühzeitig identifizieren? Wie können Potenziale des Fortschritts genutzt und seine Risiken minimiert werden? Und wie können Innovationen dem Menschen zu Gute kommen? Unter dem Titel „Zurück in die Technik-Zukunft“ schilderten Expert/innen für Technikfolgenabschätzung am ITAS, welche Methoden sie entwickelt haben, wie und ob ihre Studien zu gesellschaftlichen Debatten beitragen konnten und wie sich ihre Rolle als Forschende veränderte.
Vom Projekt DaNa organisiertes Cluster-Meeting 2020	Zum Cluster-Meeting treffen sich die Partner aus Forschung und Industrie und präsentieren ihre Ergebnisse aus den Projekten der BMBF Fördermaßnahme NanoCare4.0, dieses fand 2020 virtuell statt und war als öffentliche Veranstaltung ausgerichtet (ca. 80 TN).
Hector Seminar	Im Rahmen des Hector-Seminars fand im April/Mai 2020 eine 3-teilige Workshop-Reihe zum Thema „Pasta aus dem 3D-Drucker“ in Kooperation mit dem Exzellenzcluster 3D Matter Made to Order statt. Das Modul wurde von WissenschaftlerInnen angeboten, um gemeinsam an der Revolutionierung von dreidimensionalen additiven Fertigungstechniken zu forschen. Die Veranstaltung hat online stattgefunden.
Workshop 3D Makerspace	In diesem eintägigen Workshop (23. Juli) erlernten die TeilnehmerInnen 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, die dich danach befugen, eigenhändig die Maschinen und Softwares zu nutzen.
Graphene Flagship Online Workshop	Graphene Flagship Innovation Workshop Electronics, öffentlicher Workshop für TN, die den Einsatz von Graphen für Elektronik diskutieren möchten und um innovative Partnerschaften zu knüpfen. Vortrag „Graphene Standardization – Key enabler for Graphene Electronics“, Sprecherin Thirid Gspann (02. November)
NanoVision 2020 http://www.nanomat.de/NanoVision2020.php	NanoMat (s. unten) veranstaltete mit der NanoVision 2020 „Sense of Materials“ am 12/13. November ein virtuelles Symposium mit Vorträgen internationaler Expert/innen und Diskussionen zu den Schwerpunktthemen Bioelektronik, Funktionale Oberflächen und Intelligente Nanomedizin. Mit der NanoVision bietet NanoMat sowohl seinen Partnern als auch Interessenten aus Industrie, Wissenschaft und Öffentlichkeit ein Forum, sich über aktuelle Themen und zukünftige Trends in der Nanotechnologie auszutauschen und Kollaborationsmöglichkeiten aufzuzeigen.
NanoMat öffentliche Vorträge Vorträge im Rahmen des EnABLES projects Öffentliche Webinar Serie https://www.enables-project.eu/events/	• Webinar #7: 29. Oktober. Surya Abhishek Singaraju (KIT) and Mahmoud Wagih (UoSouthampton) zum Thema „Neue Reihe tragbarer und allgegenwärtiger IoT-Anwendungen durch Gedruckte, textilbasierte und flexible Elektronik“. • Webinar #8 26. November. Xiaowei Feng (KIT) and Mahmoud Wagih (UoSouthampton) zum Thema „Printed Electronics for Energy Harvesting“
Innovations-Plattform MaterialDigital	Das vom BMBF geförderte Verbundprojekt „Innovations-Plattform MaterialDigital“ verfolgt das Ziel, eine nachhaltige Infrastruktur zum standardisierten

www.materialdigital.de	Umgang mit Daten und digitalen Repräsentationen der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik zu entwickeln. Dazu arbeitet die Plattform mit ihren Partnern an wegweisenden Vereinheitlichungen zu Datenstrukturierungen, Softwarearchitekturen und Auswertungsroutinen. Die Plattform engagiert sich beim Aufbau einer materialwissenschaftlichen Interessensgemeinschaft mit Schwerpunkt Materialdigitalisierung und interagiert aktiv mit ihren mittlerweile über 650 Nutzenden. Anfang 2020 wurde ein Informationsworkshop mit 200 TN in Berlin durchgeführt.
DaNa-Wissensbasis www.nanopartikel.info	Die BMBF-geförderte Info- und Austauschplattform zur Sicherheitsforschung von Nanomaterialien wurde 2020 in einer neuen Fördermaßnahme DaNa4.0 um den Aspekt der innovativen Materialien erweitert. Sie bereitet gesellschaftlich relevante naturwissenschaftliche Daten zu neuen, innovativen und anwendungssicheren Materialien auf. 2020 hatte die Webseite rd. 300.000 Seitenaufrufe. Der zugehörige Twitter-Account nano_info hat 455 Follower. Neu etabliert wurde Projekt DaNa bei LinkedIn (180 Follower).
Geschäftsstelle NanoMat www.nanomat.de	Überregionales Netzwerk (Industrie, Wissenschaft) für Materialien der Nanotechnologie, mit Geschäftsstelle am KIT.
Sommerferienprogramm „3D Druck für Mädchen“	Vom 10.08. – 14.08. 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 IceCube Neutrino Observatorium“ www.kceta.kit.edu/veranstaltungen.php#servatorium	Dr. Andreas Haungs berichtete am 19. März im Mannheimer Planetarium über die Neutrinoforschung am Südpol. Der Wissenschaftler des KIT stellte hochenergetische Neutrinos als Tracer der Quellen der allgegenwärtigen kosmischen Strahlung vor und beschrieb die jüngsten Ergebnisse des IceCube-Neutrino-Observatoriums am Südpol.
Woche der Teilchenwelt https://www.kceta.kit.edu/veranstaltungen.php	Wie entstand das Universum? Woraus bestehen wir? Was untersucht die „Weltmaschine“ am CERN? Solchen Fragen konnten Wissenschaftsinteressierte in der Woche der Teilchenwelt vom 02. bis 08. November nachgehen. Bei der virtuellen Führung zum KATRIN Experiment wurde ein Einblick der Größe und der Komplexität des Experimentes vermittelt. Internationalen Charakter bekam die Woche der Teilchenwelt mit der Einbindung des International Cosmic Day. Auch daran haben sich Forschende des KIT beteiligt und gemeinsam mit einer Schülergruppe aus Österreich Daten des KASCADE-Experimentes ausgewertet.
Projekt „Teilchenwelt“ www.teilchenwelt.de	In der Astro-/Teilchenphysik erlangen Wissenschaftler/innen einen immer tieferen Einblick in die Welt der kleinsten Teilchen und die großen Rätsel des Universums. Das Netzwerk hat das Ziel, dieses faszinierende Wissen an Lehrkräfte, Jugendliche und Projektleitende zu vermitteln. KCETA ist Mitglied in diesem Netzwerk.
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 Wissenschaftler/innen und Unternehmen zugänglich zu machen. KIT ist dabei eine der 18 Partnerorganisationen, die Koordination liegt bei HZDR. (Laufzeit 2017-2021).
Neutrino Nachmittag für Jugendliche und Studierende in Naturwissenschaft und Technik	Das KATRIN-Experiment hat zusammen mit dem Netzwerk Teilchenwelt am 19. Juni einen Nachmittag zu Neutrinos veranstaltet. Mehr als 40 Jugendliche und Studierende machten sich auf die Spur der großen Frage nach den Leichtgewichtigen der Physik. Ein Vortrag zur Neutrinowaage KATRIN von Prof. Dr. Kathrin Valerius eröffnete das Webinar, dann folgte eine virtuelle Tour am Experiment durch Dr. Manuel Klein (KCETA).
Aktivitäten zum Themenfeld Klima und Umwelt	
Ausschuss Umwelt und Gesundheit der Stadt Karlsruhe https://web3.karlsruhe.de/Gemeinde-rat/ris/bi/kp0040.php?_kgrnr=48728	Als Vertreter/in des KIT sind im Ausschuss für Umwelt und Gesundheit des Stadtrats Karlsruhe als sachverständige Bürger Dr. Wolfgang Breh (KIT-ZE) und Prof. Dr. Erwin Zehe (KIT-KU) aktiv.

Karlsruher Klimaschutzbeirat www.karlsruhe.de/b3/natur_und_umwelt/klimaschutz/beirat.de	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-ZE).
KIT im Rathaus: Das KIT-Zentrum Klima und Umwelt stellt sich vor www.zak.kit.edu/6616.php	Am 29. Januar gaben Wissenschaftler/innen des KIT-Zentrums Klima und Umwelt im Bürgersaal des Rathauses Karlsruhe Einblicke in ihre Arbeit und Forschung, zum Thema „Stadt und Klimawandel“. Besonders willkommen waren Schüler/innen und junge, engagierte Klima-Aktivisten. Im Anschluss gab es die Möglichkeit zur Diskussion und zur Besichtigung einer Posterausstellung des Zentrums.
Statuskolloquium Umweltforschung https://www.ptka.kit.edu/Statuskolloquium-2019.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: Inter- und transdisziplinäre Entwicklung von Strategien zur Erhöhung der Resilienz von Bäumen in wachsenden Städten und urbanen Regionen“ https://www.itas.kit.edu/projekte_saha18_grulu.php	Das 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 ämterübergreifenden 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“ http://www.itas.kit.edu/projekte_mewa18_kia.php	Das transdisziplinäre Projekt „Klimaschutz gemeinsam wagen!“ will mit Bürger/innen Alternativen für klimafreundliches Handeln in den Themenfeldern Ernährung, Mobilität und Konsum entwickeln. Akteur/innennetzwerke werden von Klimacoachs begleitet bei der Umsetzung einzelner Maßnahmen und wirken als Multiplikatoren, um einen Klimaschutz-Transfer in andere Quartiere anzustoßen.
Süddeutsches Klimabüro www.sueddeutsches-klimabuero.de	Der Klimawandel stellt eine der größten Herausforderungen für die Gesellschaft des 21. Jahrhunderts dar. Entscheidungsträger auf internationaler, nationaler sowie regionaler Ebene benötigen fundierte sowie zugleich spezifische und verständliche Informationen über mögliche Klimaänderungen. Das Süddeutsche Klimabüro am KIT vermittelt zwischen Klimaforschung und Gesellschaft und stellt wissenschaftliche Informationen zu Klima und den Auswirkungen auf den regionalen Klimawandel bereit. Seit 2019 ist das CEDIM auch Mitglied der Arbeitsgruppe „Klimaschutz und Klimaanpassung in der Landwirtschaft Baden-Württemberg“ sowie des wissenschaftlichen Expert/innengremiums der „Klimastiftung für Bürger“.
Portal Umwelt-BW https://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 Nutzer/innen zu präsentieren.
Earth System Knowledge Platform (ESKP) www.eskp.de	Wissensplattform des Helmholtz-Forschungsbereichs „Erde und Umwelt“, Schwerpunkt des Wissenstransfer: Naturgefahren, Klimawandel, Schadstoffen und Energiewende und Umwelt. Ein zentraler Baustein des Wissensangebots sind seit 2017 sogenannte Themenspezial-Ausgaben (offene Synthese-Formate). ESKP läuft 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 MNK 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	Einrichtung des Landes BaWü am KIT mit dem Ziel, fachübergreifende Forschung, Lehre, Ausbildung und Technologie zur Geothermie zu fördern, Bürger, Ministerien und Behörden zu informieren und zu beraten.

www.agw.kit.edu/2591.php	
Klima und Umwelt News	Newsletter des KIT-Zentrums Klima und Umwelt mit Informationen zu aktuellen Forschungsvorhaben, -ergebnissen, wichtigen Publikationen, Aktivitäten, gedruckt und digital, in Deutsch und Englisch.
Videoreihe „Real Science, Real Talk: Wissenschaft zu Klima und Corona“ http://www.deutsches-klimakonsortium.de/de/coronaklima.html	18 Expert/innen renommierter Klimaforschungseinrichtungen geben Einblick in ihre aktuelle Arbeit zur Corona- und Klima-Krise. Beitrag zur Videoreihe mit dem Titel „Bessere Luft in China: Corona als Chance“ mit Dr. Hendrik Andersen vom KIT. (veröffentlicht am 20. Oktober)
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 2020 Spielfilme und Dokumentationen von Natur, Menschen, Gesellschaft im Wandel. Wie begegnen Menschen dem Wandel und der Zerstörung ihrer natürlichen Lebensgrundlagen? Welche Alternativen gibt es für die Weltgemeinschaft, für unsere Gesellschaft, unsere Region und für uns selbst?
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 Karlsruher Institut für Technologie (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 Partner auch andersorts zu realisieren.
Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag www.tab-beim-bundestag.de	Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) ist eine selbstständige wissenschaftliche Einrichtung, die den Bundestag und seine Ausschüsse in Fragen des wissenschaftlich-technischen Wandels berät. Das TAB wird seit 1990 vom ITAS auf Basis eines Vertrags mit dem Deutschen Bundestag betrieben. Steuerungsgremium des TAB ist der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung. 2018 erfolgte durch diesen Ausschuss die Wiederbeauftragung des TAB für weitere fünf Jahre. 2020 besuchte der Vorsitzende des Ausschusses für Bildung, Forschung und TA des Deutschen Bundestages, Dr. Ernst Dieter Rossmann, das KIT.
Beratung des Panels for Science and Technology Options Assessment (STOA) des EU-Parlaments im Rahmen von Projekten, www.europarl.europa.eu/stoa/	TA-Beratung für das Europäische Parlament durch die vom ITAS geführte European Technology Assessment Group (ETAG), an der sieben weitere Institutionen beteiligt sind (seitens KIT am ITAS).
Zukunftskreis des BMBF	Prof. Dr. Armin Grunwald ist Vorsitzender des Zukunftskreises des BMBF
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 https://www.itas.kit.edu/projekte/sche20_gawis.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 Bürger/innen 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.
„Geschichte schreiben: Das Kernforschungszentrum Karlsruhe – Von der Atomeuphorie über die	Öffentlicher Diskussionsabend am 23. Januar und öffentliche Vorträge, Diskussion und Exkursion am 24. Januar. An zwei Tagen stellten Expert/innen (u.a. MdB Sylvia Kotting-Uhl, Vorsitzende des Ausschusses für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit im Deutschen Bundestag und

Nuklearkontroverse bis zur Energiewende“ www.zak.kit.edu/kfk	Prof. Dr. Horst Geckeis, Leiter des Instituts für Nukleare Entsorgung am KIT) in Kurzvorträgen und Diskussionsrunden ihre Sicht auf das Kernforschungszentrum vor und sprachen über Perspektiven seiner Einordnung und künftigen Erforschung.
„Ingenieur-Geist und Geistes-Ingenieure: Ansätze zu einer KI-Geschichte“	Öffentlicher Vortrag mit Diskussion: PD Dr. Rudolf Seising, Forschungsinstitut für Technik- und Wissenschaftsgeschichte, Deutsches Museum München; Workshop des HEiKAexplore-Projektes „Die Zukunft Zeichnen – Technische Bilder als Element historischer Technikzukünfte in der frühen Künstlichen Intelligenz“ der Forschungsbrücke „Autonomous systems in the area of conflict between law, ethics, technology, and culture“.
Veranstaltungsreihe „technik. kontrovers“	Öffentliche Themenabende am ITAS zu kontroversen Technikfragen mit Vorträgen und interaktiven Elementen Veranstaltungen 2020 • 18. Februar: „Mensch Macht Klima. Klimaschonender Alltag – geht das?“ (live) • 17. November: „Zurück in die Technik-Zukunft“ (digital) • 21. Juli: „Zukünfte des 3D-Drucks. Drucken wir die Welt, wie sie uns gefällt?“ (digital)
Projekt „Audacity for Partnerships: Foregrounding Partnership Development in the Generation of Sustainability Solutions (AudaCity)“	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-gefluechteten-8807.php	Der Erfolg einer psychiatrischen und psychotherapeutischen Behandlung hängt entscheidend von der Qualität der Kommunikation zwischen Therapeut und 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.
Projekt NoWA – Normen im demographischen Wandel www.itas.kit.edu/projekte_krin17_nowa.php	Die durch die drei Dimensionen Alterung, Technisierung und Diversität veränderten Rahmenbedingungen beeinflussen auch grundlegende normative Konzepte von Gesundheit und Krankheit, Zugangs- und Verteilungsgerechtigkeit sowie interkultureller und intergenerationaler Solidarität. Im Projekt NoWa wurden u.a. in insgesamt fünf Foren der Zukunft in ganz Deutschland die Auswirkungen des sozialen Wandels differenziert und in einem inter- und transdisziplinären Dialog entlang der genannten Dimensionen für die normativen Konzepte von Gesundheit, Krankheit, Solidarität und Gerechtigkeit empirisch-qualitativ validiert.
FutureWork - Arbeit im Übergang zum 22. Jahrhundert www.zak.kit.edu/futurework 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 Fachtagung 2020 online.
Projekt „Auswirkungen technischer Systeme auf die eigene Lebensqualität von Menschen mit Typ-1-Diabetes (TeQfor1)“ https://www.itas.kit.edu/projekte_e_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 http://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(s) transformiert, das KIT mit der Stadtgesellschaft Karlsruhes enger verknüpft und neue Formen regionaler Politik- und Gesellschaftsberatung sowie der Partizipation an Wissensproduktion erforscht werden.
Karlsruher Transformations-	Das KAT ist ein Kooperationsprojekt des KIT mit dem Verein „Wandelwirken

zentrum für Nachhaltigkeit und Kulturwandel (KAT) https://www.its.kit.edu/projekte/pase18_kat.php	e. V.' und zielt auf die Bündelung der Aktivitäten im Karlsruher Reallabor-komplex ab, auf dessen Erfahrungen ein verstetigtes Reallabor als epistemischer und gestalterischer Kern des KAT aufbaut und dieses um wesentliche Funktionen erweitert. Hier werden gemeinsame transdisziplinäre Experimente durchgeführt und integrative Nachhaltigkeitslösungen entwickelt. Seine Konzeption wurde in inhaltlicher, organisatorischer und rechtlicher Hinsicht finalisiert; der Start ist für 2021 vorgesehen.
MobiLab – Mobiles Partizipationslabor für Reallaborforschung, empirische Sozialforschung und Citizen Science	Das MobiLab ist ein mobiles Partizipationslabor für Reallaborforschung, empirische Sozialforschung und Citizen Science. Es unterstützt die Reallaboraktivitäten am KIT. Als mobiles Tiny House konzipiert, in ökologischer Bauweise errichtet und mit moderner IT ausgestattet, bietet es innen bis zu 10 Personen sowie im an seine Terrasse anschließenden Außenbereich auch deutlich mehr Personen Platz für Befragungen, Experimente, Workshops, Diskussionen, Filmabende etc. Es befindet sich derzeit im Bau.
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.
TATuP – Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis www.tatup.de	Die begutachtete Open-Access-Zeitschrift für das interdisziplinäre Feld der Technikfolgenabschätzung sowie für angrenzende Themengebiete richtet sich gleichermaßen an Wissenschaft, Politik und interessierte Öffentlichkeit. TATuP mit Redaktion am ITAS erscheint dreimal jährlich im oekom-Verlag.
openTA www.openta.net	Fachportal des Netzwerks Technikfolgenabschätzung mit Federführung und Projektleitung am ITAS.
Buchpublikation „Dein Quartier und du“ www.quartierzukunft.de/unser-neues-buch-dein-quartier-und-du-ist-erschienen/	„Dein Quartier und Du - Reallaborarbeit anschaulich vorgestellt“: Reallaborforschung - was mag das sein? Mit dem neuen Buch "Dein Quartier und Du" wird anhand langjähriger Erfahrungen aus dem "Quartier Zukunft - Labor Stadt" die Arbeit im Reallabor anschaulich gemacht, für Wissenschaftler/innen und Praxispartner gleichermaßen. Das Buch ist frei online verfügbar.
Forschungsblog des KIT-Zentrums Mensch und Technik https://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.
Karlsruher Schule der Nachhaltigkeit (KSN) www.mensch-und-technik.kit.edu/ksn.php	Das transdisziplinäre Projekt „Klimaschutz gemeinsam wagen!“ will mit Bürger/innen Alternativen für klimafreundliches Handeln in den Themenfeldern Ernährung, Mobilität und Konsum entwickeln. Akteur/innennetzwerke werden von Klimacoachs begleitet bei der Umsetzung einzelner Maßnahmen und wirken als Multiplikatoren, um einen Klimaschutz-Transfer in andere Quartiere anzustoßen
Aktivitäten zum Themenfeld Mathematik in der Anwendung	
Tag der Mathematik am KIT	Jedes Jahr im März findet am KIT der Tag der Mathematik statt, ein Aufgabenwettbewerb für Schüler/innen der letzten beiden Klassen. Im Zentrum stehen der (zweiteilige) Mannschafts- und der Einzelwettbewerb. Parallel zu den Wettbewerben gibt es zwei mathematische Vorträge, außerdem Informationen über berufliche Möglichkeiten von Mathematikern
MathSEE Symposium 2020 https://www.mathsee.kit.edu/archiv.php	Das KIT-Zentrum Mathematik veranstaltete vom 07. bis 09. Oktober sein erstes Symposium zu Themen, die mathematische Methoden mit Anwendungen aus der Praxis verbinden. Die virtuelle Podiumsdiskussion zum Thema "Herausforderungen der interdisziplinären Forschung und Karriere" war offen für alle Interessierten.
Podcast-Reihe „Modellansatz“ http://www.math.kit.edu/ianm4/seite/modellansatz/de	Mit mathematischen Modellen und Methoden wird die Welt um uns beschrieben und analysiert, simuliert oder optimiert. In der Podcast-Reihe „Modellansatz“ erzählen Forscher/innen wie sie ihre mathematische Wissenschaft selbst verstehen und erklären, was sie begeistert und welche Überraschungen sie in ihrer Forschungsarbeit erleben. Im Zuge der Open Science Bewegung bieten die Podcasts Einblicke in die Welt der Mathematik, die im gesellschaftlichen Diskurs meist verborgen bleiben, die jedoch zeigen wo die

	Mathematik das alltägliche Leben berührt. Seit 2013 wurden 214 Folgen dieser Reihe am KIT produziert. Der Modellansatz Podcast wurde vom Stifterverband für die deutsche Wissenschaft 2015 als „Hochschulperle Digital“ ausgezeichnet.
Aktivitäten zum Themenfeld Wissenschaftskommunikation	
Science Media Center	Der Präsident des KIT, Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, ist Mitglied des Vorstandes des Fördervereins des Science Media Centers (SMC); KIT war eines der ersten Gründungsmitglieder des Fördervereins. Das Science Media Center wird von der Klaus Tschira Stiftung und Förderern aus Wissenschaft und Wirtschaft unterstützt. Es unterstützt kostenfrei Medienschaffende in ihrer Berichterstattung bei Themen mit Wissenschaftsbezug für einen starken Wissenschaftsjournalismus. Zahlreiche Expert/innen des KIT liefern Input für das SMC durch wissenschaftliche Expertise.
Bundesverband Hochschulkommunikation	Monika Landgraf ist Mitglied des Vorstandes des Bundesverbandes Hochschulkommunikation. Der Verband hat mehr als 1000 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 Wissenschaftler/innen, 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.
#FactoryWisskomm	Bundesforschungsministerin Anja Karliczek hat mit der #FactoryWisskomm einen Prozess zur Stärkung und Weiterentwicklung der Wissenschaftskommunikation in Deutschland gestartet und zu sechs Handlungsfeldern Arbeitsgruppen mit Expert/innen 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, ITZ) in die Arbeitsgruppen des BMBF berufen.
BMBF Wissenschaftsjahr	Beatrice Lugger, NaWiK, hatte erneut den Vorsitz der Jury für die Auswahl zu fördernder Projekte im Wissenschaftsjahr inne. (Sitzung am 17. November)
Siggener Kreis	Vom 20. bis 24. Juli fand wieder ein Treffen des Siggener Kreises statt, an dem Beatrice Lugger vom NaWiK teilgenommen hat. Ein Positionspapier zur Wissenschaftskommunikation in Zeiten der Corona-Krise ist erschienen.
Silbersalz Festival	Am 27. August war Beatrice Lugger, NaWiK, Mitglied der Finaljury des Videowettbewerb „Silbersalz“.
Fast Forward Science https://fastforwardscience.de/	Beatrice Lugger, NaWiK, war erneut Jurymitglied im Wettbewerb Fast Forward Science, dem Video-Wettbewerb für die Wissenschaft für die Kategorien Scitainment und Substanz. Die Jurysitzung fand am 23. September in Berlin statt.
Journalistenpreis Informatik https://journalistenpreis.cs.uni-saarland.de/	Beatrice Lugger, NaWiK, war erneut Jurymitglied des Journalistenpreises Informatik, der herausragende Wissenschaftsjournalistische Beiträge im gesamten deutschsprachigen Raum in den Kategorien Print, Hörfunk und TV auszeichnet. Die Jurysitzung fand am 27. November statt.
Öffentliches Fachgespräch des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung	Beatrice Lugger, NaWiK, hat am 27. Mai 2020 in Berlin als Sachverständige am öffentlichen Fachgespräch des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages teilgenommen und zuvor eine schriftliche Stellungnahme eingereicht.
WissKon	Die WissKon – die NaWiK-Konferenz für kommunizierende Forschende – hat am 07. September im Hybridformat zum ersten Mal stattgefunden. Vor Ort haben 40 Personen teilgenommen. Den Live-Stream haben rund 250 Personen verfolgt und der Videomitschnitt zählt bisher rund 1110 Abrufe.
Lehre hoch Forschung, Teilprojekt „Wissenschaftskommunikation in der onlinemedien-“	Spätestens seit der Entwicklung von Audiopodcasts ist die Nutzung internetbasierter Medien in der universitären Lehre ein Massenphänomen. Neue Entwicklungen wie materialgestützte Videoaufzeichnungen von Präsenzvor-

gestützten Lehre“ http://www.geistsoz.kit.edu/germanistik/2701.php	lesungen setzen diesen Trend fort – auch und gerade am KIT. Bei all diesen Maßnahmen handelt es sich um komplexe Formen von Wissenschaftskommunikation, die Kenntnisse erfordern, die weit über die Anforderungen der klassischen Präsenzlehre hinausgehen (etwa die adäquate Ansprache von Zielpublika mit unterschiedlichsten Wissensvoraussetzungen und Interessen). Die Teilmaßnahme berät die Lehrenden des KIT bei der Umsetzung ihrer onlinemediengestützten Lehre. Das Teilprojekt läuft seit 2017 in der zweiten Förderphase
NaWik Sprechstunden	Im zweiten Quartal 2020 hat das NaWik drei virtuelle Sprechstunden abgehalten mit insgesamt über 120 Abrufen. Themen waren: Risiko- und Krisenkommunikation (7. April), Kommunikation für Vertrauen in die Wissenschaft (13. Mai), Spannungsfeld Wissenschaft und Medien (30. Juni). Auf YouTube zählt die Sprechstunde in Summe über 750 Abrufe.
Expert/innenvermittlung für Medien und Presse www.sek.kit.edu/kit_experten.php	2020 konnte das KIT sein Expert/innenportal weiter ausbauen, das sich bei den Medien wachsender Beliebtheit erfreut. Mit tagesaktuellen Expert/innenmails, in denen Forschende Stellung zu Themen von aktueller Relevanz nehmen, platzierte die DE SEK die Forschungsarbeit des KIT auch 2020 wieder erfolgreich in den Medien und beantwortete zahlreiche Medienanfragen. In 2020 erschienen mehr als 18.000 Printartikel und mehr als 16.000 Onlineartikel mit Nennung des KIT. Bei den Printmedien erreicht das KIT heute die sechsfache Medienresonanz der Summe der beiden Vorgängereinrichtungen.
Online-Plattform 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.
Risikokommunikation zur Künstlichen Intelligenz	Im Februar hat das NaWik das Kompendium zur Risikokommunikation zur Künstlichen Intelligenz für Forscher/innen veröffentlicht. https://www.nawik.de/riki/kompendium/
Blog/YouTube-Kanal „David der Doktorand“ https://davidlohner.de	David Lohner ist Doktorand am Institut für Berufspädagogik (IBAP) und arbeitet am Zentrum für Mediales Lernen (ZML). Er dokumentiert und kommentiert die Entstehung seiner Dissertation zum Thema „Videobasierte Online-Lehre“ im Rahmen der Digitalisierung der Hochschulen. Dabei spricht er neben dem Alltag und der Organisation des Doktoranden-Daseins auch über Fachtagungen, die er besucht sowie aktuelle Forschung aus dem Mediendidaktik und Medienpädagogik.
Wissenschaft medial http://www.zml.kit.edu/wissenschaft-medial.php	Dienstleistungen des ZML zur Unterstützung von Wissenschaftler/innen für Wissenstransfer/ Wissenschaftskommunikation mit digitalen Medien
Wissenschaftskommunikation im Profil	Unter dem Titel „Wissenschaftskommunikation im Profil“, die Videoreihe auf dem YouTube-Kanal des Nawik fortgeführt. Dort stellen Forschende ihre Kommunikationsprojekte vor. Die Reihe umfasst derzeit 16 Videos – rund 4200 Abrufe bisher.

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 Innovation 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 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). Die Motivation für diesen „Service aus einer Hand“ ist bei den Partnern auf überaus positive Resonanz gestoßen. Im Folgenden wird zwar primär über die Themenfelder mit Relevanz zum Technologietransfer berichtet, die Verknüpfung aller in der Dienstleistungseinheit bearbeiteten Aspekte erhält im Alltag, aber auch in neuen strategischen Projekten wie z.B. dem Transferbarometer des Stifterverbands eine stetig zunehmende Bedeutung, so dass 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 Anregung, Unterstützung und Begleitung von entsprechenden Förderanträgen, als auch in der Funktion als Gutachter in den entsprechenden Gutachterausschüssen im Rahmen der WIPANO-Förderlinie.

Die DE IRM und damit auch der Technologietransfer am KIT ist dem Ressort des Vizepräsidenten für Innovation und Internationales zugeordnet. Den Rahmen für die Tätigkeiten im Wissens- und Technologietransfer 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 Lizenzeinnahmen des KIT“ (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 Personalfluktuation, Projektfinanzierungen aber auch Elternzeitphasen etc. gibt es natürliche Schwankungen.

Arbeitsverträge „Technologietransfer“	VZÄ (gerundet)
Grundfinanziert	23,4
Drittmittelfinanziert (BMBF, BMWi, HGF, BW und sonstige Einnahmen)	12,1

Mit unmittelbarer Relevanz für den Technologietransfer werden im Folgenden vier Themenfelder der 2017 verabschiedeten Innovationsstrategie des KIT aufgeführt, die in entsprechenden Folgeprojekten und mit konkreten Zielen und Maßnahmen weiterentwickelt werden. Die Vorhaben im Berichtsjahr 2020 standen dabei unter dem Einfluss der Pandemie.

Die Aktivitäten im Themenfeld **Industry Relations** waren stark von der Pandemie betroffen und der wichtige persönliche Austausch war nur noch vereinzelt möglich. Formate wurden größtenteils digital abgehalten. Die Lenkungskreise mit den strategischen Partnern des KIT haben ebenso stattgefunden wie die Formate des KIT Business Clubs (mehrheitlich digital). Beispielhaft sei hier der Thementag „Energy System for the Future“ genannt. Im Rahmen der Umsetzung der Innovationsstrategie lag der Schwerpunkt auf der Strukturierung der Zusammenarbeit mit Unternehmen der Wirtschaft. Hierfür wurden Kriterien zur Einordnung entwickelt und die Kooperation des KIT mit 18 Unternehmen pilothaft bewertet. Darüber hinaus erfolgten zahlreiche Gespräche mit Unternehmen wie beispielsweise 3M, Endress + Hauser, Freudenberg, Schaeffler und Trumpf zur Vernetzung und Projektanbahnung. Einen Einbruch gab es beim Veranstaltungssponsoring und insbesondere bei der Campuswerbung, da das Interesse der Unternehmen, on campus sichtbar zu sein, pandemiebedingt nachgelassen hat.

Im Themenfeld **Technologietransfer**, das sich der Sicherung und kommerziellen Verwertung des am KIT entstehenden geistigen Eigentums (Intellectual Property – IP) widmet, sind die Innovationskennzahlen gegenüber 2019 gestiegen. Aus 105 Erfindungsmeldungen (Vorjahr: 97) entstanden 50 Patentanmeldungen (Vorjahr: 40). Damit liegt der Schutzrechtsbestand Ende 2020 bei 1.772 (Vorjahr: 1.889). Die im Jahr 2020 erzielten Lizenzeinnahmen lagen bei insgesamt 2,1 Mio. Euro gegenüber 1,3 Mio. Euro im Vorjahr. Die Auswirkungen der Pandemie sind bei den Einnahmen noch nicht erkennbar, da die Lizenzeinnahmen in 2020 auf den Umsätzen der Lizenznehmer im Kalenderjahr 2019 basieren. Neue lizenzbasierte Transferprojekte konnten Pandemie-bedingt nur eingeschränkt gestartet werden. Im Rahmen der Umsetzung der Innovationsstrategie wurde mit den Vorarbeiten zur Evaluierung des Patent-Portfolios zunächst im Universitätsbereich begonnen. Die Fördermaßnahme „Helmholtz Innovation Fonds“ konnte durch eine Kofinanzierung der BMBF-Finanzierung aus dem KIT-eigenen Innovationsfonds verstetigt werden und ermöglicht nun den Einsatz von drei Innovationsmanager*innen in den Themenfeldern „Energie“, „Mobilität und Information“ sowie „Materialien, Klima und Umwelt“.

Die vom BMBF geförderten Projekte „TTO-Alumni“ und „BePerfekt“ wurden erfolgreich abgeschlossen. Das Ergebnis des Projekts TTO-Alumni ist die erfolgreiche Etablierung eines Alumni-basierten Netzwerks aus „KIT Industry Experts“, das Projekt BePerfekt hat zu einer neuen Internetpräsenz www.fokustransfer.de geführt, einem zukünftig zentralen Ort für Information, Weiterbildung und Vernetzung im WTT. Im Rahmen des Interreg-Projekts „Knowledge Transfer Upper Rhine – KTUR“ mit insgesamt 12 Hochschulpartnern aus DE, FR und CH wurde die Analysephase erfolgreich abgeschlossen, die Ergebnisse in einer digitalen Veranstaltung vorgestellt und mit der Umsetzung der identifizierten Maßnahmen begonnen. Das Projekt ist integriert in die strategischen Maßnahmen von EUCOR zur Stärkung von Forschung, Lehre und Transfer am Oberrhein.

Im Themenfeld **Gründungen und Beteiligungen** wurde das Folgeprojekt der Innovationsstrategie zu Gründungen und Beteiligungen im Dezember 2020 erfolgreich abgeschlossen. Die Beratung von Gründerteams, der Austausch mit den Technologiebeteiligungen des KIT sowie die verschiedenen Netzwerk- und Workshop-Formate wurden weitgehend digitalisiert. Einige Formate mussten ausgesetzt werden, neue Formate wurden entwickelt und Gründungen bei Corona-Hilfen durch regionale Partner unterstützt. Die Kennzahlen zeigen trotz der Einschränkungen durch die Pandemie 28 neue Gründungen (Vorjahr: 50) am KIT, davon sieben forschungs-/IP-basierte Vorhaben (Vorjahr: neun) und 21 Vorhaben aus dem studentischen Umfeld (Vorjahr: 41). 2020 war das KIT an neun Gründungen beteiligt (Vorjahr: 10). Die Reduzierung ergibt sich aus dem erfolgreichen Verkauf der Anteile an der celitement GmbH.

Nähere Angaben zu den Unternehmensgründungen von 2005 bis 2020 folgen am Ende der vorliegenden Ausführungen.

Im Rahmen des Projekts Global Horizon Programm (EXIST V des BMWi) konnten mehrere Partnerschaften mit internationalen Organisationen geschlossen und in erste gemeinsame Projekte überführt werden. So wurde mit dem German Accelerator ein neues Programm entwickelt, welches der Wissenschaft in einer frühen Phase den amerikanischen Markt näherbringt. Das laufende Projekt StartupSecure zum Aufbau eines Inkubators für die Förderung von Gründungen aus dem Gebiet der Cyber Security wurde bis März 2021 verlängert, sechs verschiedene Teams gefördert und ein weitreichendes Netzwerk aufgebaut. Mit verschiedenen weiteren Initiativen und Projekten am KIT wie dem upCAT ACCELERATOR, dem Student Innovation Lab oder dem GROW Wettbewerb der Hochschulgruppe Pioniergarage wurden das Bewusstsein und die Befähigung für Gründungen am KIT weiter gestärkt. Gründerteams des KIT wurden über die Programme AHEAD (FhG) sowie Gründermotor (BW) betreut und weiter qualifiziert. Erste Unternehmen sind in den ZEISS Innovation Hub @ KIT eingezogen. Für das gemeinsame Projekt konnten sich das KIT und ZEISS für das Finale bei Falling Walls in der Rubrik Science & Innovation Management qualifizieren. Das KIT hat sich auch an vielen Veranstaltungen im Gründungsumfeld beteiligt, wie dem Hightech Summit der bwcon oder der Innovation Week der TU9 und des DAAD.

Das Bewusstsein und die Entwicklung der **Innovationskultur** wurden über verschiedene zentral organisierte Maßnahmen und Formate rund um die Marke „NEULAND“ gefördert. Während sich die bereits 2019 getroffene Entscheidung, den Innovationstag auszusetzen, als vorteilhaft erwies, wurde das Innovationsmagazin mit Beispielen aus dem Handlungsfeld Innovation ohne Einschränkungen herausgegeben. Die Würdigung der Leistungen im Rahmen des Innovationswettbewerbs und die Übergabe der Preise fand Pandemie-bedingt in einem kleineren Rahmen statt. Der Umbau des Erd- und Untergeschosses des Kollegiengebäudes am Kronenplatz zu einem Begegnungs-, Innovations-, Transfer- und Gründerzentrum „TRIANGEL“ in der Fußgängerzone von Karlsruhe wurde im September erfolgreich abgeschlossen. Im Oktober fanden unter Corona-Auflagen kleinere Pilotveranstaltungen statt, wie beispielsweise der Kaminabend des KIT-Business-Club und Workshops der Leadership Talent Academy. Die offizielle Eröffnung und der Regelbetrieb wurden auf 2021 verschoben.

Im Rahmen verschiedener Abfragen und Projekte wird derzeit in der Wissenschaft intensiv über die Begriffe Transfer und definierte Transferfelder diskutiert, bspw. beim Transferbarometer, einer Initiative des Stifterverbands gemeinsam mit der Helmholtz-Gemeinschaft. Ebenso sieht man sich ändernde Transferstrukturen, die aus Synergiegründen z.B. den Career Service und die Alumni an der Schnittstelle zur Wirtschaft stärker berücksichtigen. Vor diesem Hintergrund und den Bestrebungen zu einer Erweiterung des Transferbegriffs werden, wie auch in den Vorjahren, die Themenfelder Career Service und Fundraising im Lagebericht erwähnt.

Im Themenfeld **Career Service** wurden 2020 alle Formate digitalisiert. Ein Highlight war die erste digitale Karrieremesse mit rd. 100 Ausstellern, für die es von Unternehmensseite sehr gutes Feedback gab. Das neue Career Service Portal ist im Oktober 2020 online gegangen. Hervorzuheben ist auch die 2020 gestartete Leadership Talent Academy, die auf einer Förderung der Karl-Schlecht-Stiftung basiert. Im ersten von drei Durchläufen wurden 30 ausgewählte Teilnehmer*innen in verschiedenen Workshops Themen wie Good Leadership, Business Ethics oder Entrepreneurship präsentiert. Die Spendenbereitschaft für Deutschlandstipendien hat 2020 trotz Pandemie sogar noch zugenommen und das KIT konnte mit 312 Stipendien einen Rekord verbuchen. Die Stipendienfeier fand im Februar 2021 erstmalig digital statt.

Im Themenfeld **Fundraising & Stiftungen** gab es 2020 verschiedene Förderungen durch Stiftungen, Unternehmen und Privatpersonen. Als großen Erfolg kann die Förderung des neuen Lern- und Anwendungszentrums Mechatronik durch einen Finanzierungsbeitrag für den Neubau sowie modernste digitalisierte Werkzeugmaschinen und Software durch das Unternehmen TRUMPF genannt werden. Ein Meilenstein war auch der Start des Vorbereitungsprojekts für den 200. Geburtstag des KIT im Jahr 2025. In diesem Kontext wird auch das Fundraising für neue Projekte durch zwei Personen gestärkt.

Aufgrund der anerkannten Fachkompetenz und führenden Rolle des KIT im IP-basierten Technologietransfer sind mehrere IRM-Mitarbeiter in strategischen Funktionen tätig: Exemplarisch seien genannt Dr.-Ing. Jens Fahrenberg im Vorstand 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)).

Unternehmensgründungen 2005 bis 2019

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	
2008	Simaps GmbH	Gewerbe abgemeldet	-	Nein, hatte mal eine Lizenz	Nein	-	Lizenzvertrag beendet
2008	Videmo GmbH und Co. KG	Aktiv	-	Ja, hatte mal eine Lizenz	Nein	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	Markennutzungsvertrag samt „-Erklärung;“ dass Software NICHT genutzt wird sondern am KIT „eingefroren“

							wurde
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	opvengeering.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	Softwarelizenz stets Nullmeldung
2014	PARALUTION Labs UG & Co. KG	verkauft	EXIST-GS	Nein	Nein	-	
2014	R3DT GmbH	Aktiv	EXIST-GS, JI	Nein	Nein	r3dt.com	
2014	Nanosim GmbH	-	-	-	-		wurde in Nanomatch integriert
2015	300 MICRONS GmbH	Aktiv	HE-komplett	Ja	Ja	300microns.com	
2015	cubuslab GmbH	Aktiv	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	Aktiv	-	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	Aktiv	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	Laufendes Insolvenzverfahren
2016	Robodev GmbH	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	Aktiv	-	Nein	Nein	vanguard-	

	Automation GmbH					<u>automation.com</u>	
2017	Glassomer GmbH	Aktiv	-	ja	Nein	<i>glassomer.com</i>	Lizenzvertrag in Verhandlung
2017	Stochastic Combinatorics GbR	Aktiv	EXIST-FT geplant	Nein	Nein	<i>noch kein Internetauftritt</i>	
2018	Aquarry GmbH	Aktiv	HE, EXIST-FT	Ja	Ja	<i>aquarray.com</i>	
2018	GFX-Global GmbH	Aktiv	-	Ja	Nein	<i>gasflow-mpi.com</i>	
2018	Kamedi GmbH	Aktiv	-	Nein	Nein	<i>heatit.de</i>	Erfolgreiches Crowdfunding
2018	Prenode GmbH	Aktiv	JI	Nein	Nein	<i>prenode.de</i>	
2018	thingsthinking GmbH	Aktiv	-	Nein	Nein	<i>thingsthinking.net</i>	
2018	Usertimes GmbH	Aktiv	-	Nein	Nein	<i>usertimes.io</i>	
2018	Zana Technologies GmbH	Aktiv	EXIST-GS	Nein	Nein	<i>zana.com</i>	
2019	Simutence GmbH	Aktiv	HE komplett	Ja	Ja	<i>Simutence.com</i>	
2019	Schnaitec GmbH	Aktiv	-	Nein	Nein	<i>Schnaitec.com</i>	
2019	SmellDect GmbH	Aktiv	-	Ja	Nein	<i>SmellDect.de</i>	
2019	Ventecon Technologies GmbH	Aktiv	-	Nein	Nein	<i>Ventecon.de</i>	
2019	Thissen Analytics GmbH	Aktiv	-	Ja	Nein	<i>Thissen-analytics.de</i>	
2019	Appointrix GmbH	Nicht aktiv	-	Nein	Nein		
2019	AURA GbR	Aktiv	BMBF	Ja	Nein		
2019	Cepri-Tech GbR	Aktiv	EXIST GS / JI	Nein	Nein	<i>cepri.tech</i>	
2019	PromoNode GbR	Nicht Aktiv	EXIST GS	Nein	Nein		
2019	n.able GmbH	Aktiv	HE komplett	Ja	Nein	<i>n-able-innovation.com</i>	

Ausgründungen im Berichtsjahr 2020

heliopas.ai GmbH (EXIST GS)

Heliopas AI hilft Landwirt/innen bei Bewässerung, Düngung und Spritzmitteln zu sparen, indem es einfache und akkurate Empfehlungen bereitstellt. Mit Hilfe von künstlicher Intelligenz wird täglich vom Weltraum aus die gesamte Realität auf dem Feld analysiert und der tatsächliche Bedarf genau bestimmt. Landwirt/innen steigern so ihren Ertrag, produzieren gesündere Nahrung und schonen die Umwelt. Das Unternehmen ist durch ein EXIST-Gründerstipendium gefördert.

axxelera UG (HEkomplett, Lizenzvertrag)

axxelera stellt ultrahochdichte Peptidarrays her: Mittels patentierter Fertigungstechnik werden auf einem 76 mm x 25 mm großem Glas-Chip 300.000 vom Kund/innen definierbare Peptide synthetisiert. Pharmaforscher benötigen diese Screening Tools für die Erforschung von Krankheiten und die Entwicklung neuer Medikamente. Es besteht ein Lizenzvertrag mit dem Unternehmen.

preML GmbH

preML entwickeln Systeme zur Erkennung von Betonrissen mit bewährten Computer-Vision-Algorithmen und künstlicher Intelligenz. Das Risserkennungssystem ist für die visuelle In-

spektion von Betonfertigteilen konzipiert. Die Verwendung von normalen Industriekameras ermöglicht einen kostengünstigen Einsatz.

Kimoknow UG

Kimoknow entwickelt digitale Montageassistenten auf Basis einer automatisierten KI-gestützten Objekterkennung. Der erste Use-Case ist ein digitaler Montageassistent für die kontaktlose Zusammenarbeit von Menschen und Maschinen.

empowering sustainable design UG

Unternehmenszweck war der Betrieb einer Plattform zur Vermittlung von gebrauchten Rotorblättern; dies umschließt die Beratung zur Verarbeitung des Materials sowie den Vertrieb von Rotorblatt-Endprodukten. Das Unternehmen wurde Anfang 2021 liquidiert.

modugen GmbH (EXIST GS)

ModuGen entwickelt einen digitalen Planungsassistenten für den Holzbaustatiker. Mit intelligenten Algorithmen nimmt ModuGen dem Statiker manuelle Arbeiten ab und steigert seine Effizienz. Das Unternehmen ist durch ein EXIST Gründerstipendium gefördert und konnte bereits eine erste Finanzierungsrunde durchführen.

Kites GmbH

Das Unternehmen bietet als Karlsruhe Information Technology Solutions verschiedene Software- und Entwicklungslösungen für mittelständische Unternehmen an.

Laufende und geplante Gründungsförderprojekte am KIT
(Stand: 22. Februar 2021)

Team/Vorhaben	Förderung	Status	Beteiligung KIT
Articlett	EXIST GS	aktiv	Option
AskYourUI	EXIST GS	aktiv	Option
AURA	BMBF Mensch-Maschine-Interaktion	aktiv	nein
Auvisus	EXIST GS	aktiv	Option
Axxelera	HE komplett	aktiv	Option
Cepri	Junge Innovatoren	aktiv	nein
ChemZyme	HE Spin-off-Programm	aktiv	Option
Cloudfluid	EXIST GS	aktiv	Option
DPS	Junge Innovatoren	aktiv	Option
Edge IT	EXIST GS	aktiv	nein
EvoScenario	EXIST GS	aktiv	Option
FastCast	HE Spin-off-Programm	aktiv	Option
GeoSystemsHub	HE Spin-off-Programm	aktiv	nein
HelioPas	EXIST GS	aktiv	nein
HQS	HE plus	aktiv	nein
IdeeKI	EXIST GS (geplant)	aktiv	Option
Imico	EXIST FT	aktiv	Option
InnoCharge	EXIST FT (geplant)	aktiv	Option
Kamedi (HeatIt)	EXIST GS	aktiv	nein
Mara	EXIST GS	aktiv	Option
Metis Neurotec	HE Spin-off-Programm	aktiv	Option
ModuGen	EXIST GS	aktiv	nein
n-biotics	EXIST FT	aktiv	Option
NPS NanoPoly- mer-Solutions	HE komplett	aktiv	Option
Phytonics (Fleurface)	EXIST FT	aktiv	Option
renumics	Junge Innovatoren	aktiv	nein
RoomPriceGenie	EXIST GS	aktiv	Nein
SafeAD	EXIST GS	aktiv	nein
SciMo	Junge Innovatoren	aktiv	nein
SenseIng	EXIST GS	aktiv	Option
Simutence	HE komplett	aktiv	Option
SLTS	HE Spin-off-Programm	aktiv	Option
Smark	EXIST GS; Junge Innovatoren	aktiv	nein
Smartivate	EXIST GS	aktiv	nein
stiderC	EXIST GS	aktiv	nein

Team/Vorhaben	Förderung	Status	Beteiligung KIT
Unscripted	EXIST GS	aktiv	Option
Visolytika (Video AI)	EXIST GS	aktiv	Option
Vivio	EXIST GS	aktiv	Option

A.5 Bericht zu den besonderen Finanzierungsaufgaben

Siehe hierzu

- Innovationspools
 - Forschungsbereich Energie: Kap. A.2.1.9.6
 - Forschungsbereich Schlüsseltechnologien: Kap. A.2.2.7.3
 - Forschungsbereich Materie: Kap. A.2.3.7.2
 - Forschungsbereich Erde & Umwelt: Kap. A.2.4.4.5
- Programmanteil Supercomputing & Big Data (SBD): Kap. A.2.5
- Strategische Initiativen im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien: Kap. A.2.2.7.2, hier Themengebiet Information und Data Science

A.6 Infrastruktur (LK 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 wissenschaftlichen Einrichtungen und zentralen Betriebseinrichtungen organisiert. Das KIT hat zudem vier nicht akademische Wahlämter (Personalrat, Chancengleichheitsbeauftragten, Jugendausbildungs- und Schwerbehindertenvertretung). Im Berichtsjahr bestehen Administration und Infrastruktur des KIT aus 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 Innovation 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- und Kommunikationsfragen. Sie fungiert damit als zentrale Ansprechpartnerin sowohl für externe Partner als auch intern für Wissenschaft und Administration im KIT. Alle acht Abteilungen sind maßgeblich und in vielfältigen Rollen bei der Umsetzung der Projekte der Exzellenzuniversität und der Dachstrategie KIT 2025 beteiligt, entsprechend spiegelt sich dies in der Arbeit und den Entwicklungen der DE in 2020 wider. So wurden in den Teilprojekten des 100-Professuren-Programms die Rahmenbedingungen für die zusätzlichen Professuren und deren komplexen Berufungsverfahren erarbeitet und das Konzept für das zugehörige Monitoring und Controlling auf den Weg gebracht. Das vielfältige und umfangreiche Programm für die „KIT-Science Week 2021“ wurde zusammengestellt und – pandemie-bedingt – auch auf digitale Alternativformate erweitert. Die interne Gesamtkommunikation rund um die Pandemie für Mitarbeitende und Studierende war von zentraler Bedeutung und hat das KIT durch die zahlreichen Corona-Verordnungen gelotst. Unter diesen Rahmenbedingungen war der Abschluss des Web-Relaunches in 2020 eine besondere Herausforderung und Erfolg zugleich. Darüber hinaus wurden in Handlungs- und Aufgabenfeldern der DE erneut Ziele erreicht und Vorhaben umgesetzt, sowohl auf inhaltlicher als auch struktureller Ebene: Die Gremienbetreuung hat die Findungskommissionen für die zwei Vizepräsidenten für Forschung und für Innovation und Internationales ebenso wie für die Bereichsleitungen II, III, IV und V organisiert und begleitet. Die Organisation und Koordination der Gremien ebenso wie der strategischen Projekte in fast ausschließlich digitalen Formaten war auch im Projektmanagementbüro eine Herausforderung. Im Qualitätsmanagement lag der Arbeitsschwerpunkt auf der Evaluation der Systemreakkreditierung und des zugehörigen KIT-Plus-Verfahrens zur Qualitätssicherung in Studium und Lehre. 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 vorbereitet für den Gremienweg in 2021.

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 Mitarbeiter/innen 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 Anträgen und Projekten; enge Begleitung strategischer Initiativen, Planung und Controlling der programmorientierten Forschung (PoF), Koordination der Umsetzung des Exzellenzuniversitätsantrags sowie strategische Beratung der Leitungsebenen und Konzepterstellung. FOR untergliedert sich in drei Abteilungen und drei Gruppen. Im Zuge der Implementierung der Dachstrategie KIT 2025 ist FOR an mehreren Leit- und Umsetzungsprojekten beteiligt. Das Leitprojekt 1 „Forschungsstrategie“ unter Federführung FOR adressierte in zwei Teilprojekten im Jahr 2020 die folgenden Themen:

LP 1.0 „Etablierung eines kontinuierlichen Strategieprozesses Forschung“: Im Rahmen dieses zum Oktober 2020 gestarteten Leitprojekts steht die Entwicklung eines Managementprozesses zur Weiterentwicklung der Forschungsstrategie im Fokus, welche die Forschung am KIT insgesamt und dauerhaft adressiert, eine integrierte Betrachtung von universitärer und Großforschung ermöglicht und dadurch langfristig die institutionelle Strategie- und Handlungsfähigkeit erhöht sowie herausragende Themenfelder am KIT identifiziert und stärkt.

LP 1.4 „Global Sichtbare Großgeräte“: Im Rahmen dieses im Februar 2020 gestarteten Leitprojekts wurde die Einreichung des KIT für die Aktualisierung der Helmholtz-Roadmap für Forschungsinfrastrukturen koordiniert. Zudem wurde ein Rahmenprozess zur Priorisierung von Vorschlägen für zukünftige Forschungsinfrastrukturen mit Federführung des KIT entwickelt, der bis Ende 2021 mehrere Workshops vorsieht. Erste zweitägige Workshops wurden in einem partizipativen Format mit ca. 50 Teilnehmer/innen erfolgreich durchgeführt.

Zudem wurde im Januar 2020 die Phase zwei des Leitprojektes 4.2. „Forschungsinformationssystem (FIS)“ gestartet. Ziel ist die Implementierung eines FIS für das gesamte KIT zur zentralen Dokumentation und Unterstützung der Berichterstattung von Forschungsaktivitäten, Forschungsergebnissen und Kontextinformationen für alle Bedarfsträger/innen am KIT. Dazu wurden die Anforderungen an einen Datensatz Forschung des KIT erhoben und verabschiedet. Die Evaluation von Anbietersoftware hinsichtlich der Eignung als Plattform für ein FIS des KIT wurde im Oktober 2020 begonnen.

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 & Alumni sowie Fundraising & Stiftungen. Die Tätigkeiten der DE IRM sind in hohem Maße von der Kommunikation beeinflusst, so dass das Jahr 2020 mit den Auswirkungen der Corona-Pandemie von der Notwendigkeit zur Digitalisierung geprägt war. Dies konnte weitgehend umgesetzt werden, exemplarisch sei die erste digitale Karrieremesse des KIT genannt. Einige Veranstaltungen mussten jedoch auch ausgesetzt werden. Die Corona-Pandemie hatte darüber hinaus auch negative Auswirkungen auf die Drittmiteleinahmen, die u.a. zur Finanzierung der DE beitragen. Dies muss 2021 weiter aufmerksam beobachtet werden. Die Ziele, zur strategischen Weiterentwicklung, wurden erreicht. So wurden erste

Maßnahmen der Innovationsstrategie erfolgreich abgeschlossen. Drei, die Entwicklung der DE stärker betreffenden, Vorgänge waren die Verstetigung von drei Innovationsmanager/innen auf Grundlage einer Helmholtz-Förderung, die erstmalige Durchführung einer Leadership Talent Academy sowie die Stärkung des Fundraising als eine strategische Maßnahme zur optimalen Nutzung des anstehenden 200-jährigen Jubiläums des KIT im Jahr 2025. Von aktueller Bedeutung sind Diskussionsprozesse um die Definition eines modernen Transferbegriffs, der über den klassischen Technologietransfer hinausgeht. So zeigt sich im Rahmen der Initiative von Stifterverband und Helmholtz-Gemeinschaft, dass das KIT mit den verschiedenen Themenfeldern und Angeboten der DE IRM Vorreiter einer neuen Entwicklung ist. Eng verbunden mit der Innovationskultur, dem Transferbegriff oder dem Dialog mit der Gesellschaft ist auch die Fertigstellung des TRIANGEL Open Space als Begegnungs-, Transfer- und Gründungszentrum in der Fußgängerzone in Karlsruhe. Die im Dezember geplante Eröffnung musste pandemiebedingt verschoben werden.

Die DE **Internationales (NTL)** ist Anlaufstelle für internationale Studierende, 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. Die Maßnahmen der Internationalisierungsstrategie setzt die DE INTL gemeinsam mit vielen Akteur/innen am KIT um. Die langjährige Zusammenarbeit mit den internationalen Partnern und damit die Stabilität vieler Partnerschaften half der DE INTL, mit Beginn der Corona-Pandemie neue digitale Formate zu erproben. So konnte das KIT im EU-Projekt „EPICUR – European Partnership for an Innovative Campus Unifying Regions–, das erste jährliche Forum virtuell veranstalten. Zudem hat die DE INTL den digitalen Austausch mit den Partnern im HORIZON 2020-Projekt „EPICUR-Research“ gestartet, in dem das KIT Konsortialführer ist. Auch die Zusammenarbeit in Eucor – The European Campus kam trotz der Pandemie voran. Im Projekt „Strategic Alliance Eucor“ koordinierte die DE INTL Aktivitäten mit dem Ziel, neue Themen wie die gemeinsame Wasserstoffforschung zu forcieren. Außerdem unterstützte sie im Strategieplan „Eucor 2020-2023“ vorgesehene Maßnahmen wie den Ausbau des Wissenstransfers und die Weiterentwicklung des Schwerpunkts „Quantum Science and Technology as Research and Teaching Hub“. Außerhalb Europas konnten aufgrund der Corona-Pandemie die Kooperationen nur bedingt weiterentwickelt werden. Präsenzveranstaltungen wie noch zu Beginn des Jahres im Projekt "The Future of Work" mit Alumni im Silicon Valley waren nicht mehr möglich. China bildete weiterhin einen Schwerpunkt: 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“. Mit neuen Partnern in Singapur identifizierte das KIT bei einem Online-Workshop die Wasserstoffforschung als wichtige gemeinsame Zukunftstechnologie. Mit dem Erfolg in der achten Ausschreibungsrunde der Philipp Schwartz-Initiative kann ein weiterer Wissenschaftler seine durch Flucht unterbrochene Forschung am KIT wieder aufnehmen. Damit sind nun zeitgleich fünf Philipp Schwartz-Stipendiaten am KIT eingebunden. Das regionale Netzwerk „Philipp Schwartz Plus“ hat im November am KIT seinen ersten virtuellen Workshop mit Partnern aus Baden-Württemberg und Straßburg abgehalten. Ein heterogenes Bild zeigt sich bei der Mobilität – während der physische Studierendenaustausch im Vergleich zum Vorjahr auf etwa die Hälfte zurückging, entwickelte die DE INTL mit Stiftungen und Partnern zugleich neue Formen für digitale Praktika. Im Projekt „International Excellence Grants and Fellowships“ konnten die ersten Wissenschaftler/innen ausgewählt werden, die 2021 ans KIT kommen. Der Anteil der internationalen Studierenden nahm von etwa 23 % auf 21,5 % ab. Mit Nothilfen und Einzelfallprüfungen von Anträgen auf das Erlassen von Studiengebühren half die DE INTL zahlreichen Studierenden. Sie nutzte zudem digitale Formate, um Studierende einzuschreiben oder ihnen den Studienstart zu erleichtern.

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 Instrumenten 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.). Das Leitprojekt „Personalstrategie“ wurde im Jahr 2020 mit großem Einsatz vorangetrieben. Im Rahmen des Leitprojekts wird ein übergreifender Rahmen für die Gestaltung personalbezogener Instrumente und Prozesse geschaffen werden, der sich an der Dachstrategie KIT 2025 orientiert. Ziel des Projekts ist die Entwicklung von Konzepten, in denen Fokus-Themen analysiert, systematisiert und zielgruppenspezifisch aufbereitet werden sowie Rollenklarheit geschaffen wird. Die Erarbeitung der Konzepte erfolgt in sieben Teilprojekten, die entlang der Fokus-Themen definiert sind. Das Projekt soll im September 2023 abgeschlossen sein. In den Teilprojekten wurden themenspezifische Konzeptentwürfe erstellt, zur Verschränkung der Inhalte hat ein regelmäßiger Austausch zwischen den Teilprojekten stattgefunden. Im Zusammenhang mit den Forderungen des DFG-Kodex für Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis wurden im Jahr 2020 „Grundsätze für die Personalauswahl am KIT“ erarbeitet. 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) weitest möglich vermieden werden. In 2019 startete das aus der Universitätspauschale bzw. ExStra 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 Kandidat/innen 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 Antragstellungsverfahren, passgenaue Qualifizierungsmöglichkeiten sowie ein Netzwerk aus internationalen Wissenschaftler/innen. 2020 waren erste Anträge aus dem YIG Prep Pro erfolgreich. Einige weitere befinden sich aktuell in Begutachtung. Zeitgleich zur Durchführung der Evaluation seiner Chancengleichheitspolitik verfasste das KIT den EXU-Antrag „Living the Change“, der unter anderem das Vorhaben „Gender Equity 1“ vorsah. Mit diesem auf sieben Jahre ausgelegten Vorhaben ist die Weiterbearbeitung der durch die Evaluation identifizierten Handlungsfelder über die Laufzeit des Umsetzungsprojektes hinaus sichergestellt. „Gender Equity 1“ besteht aus drei unterschiedlichen Formaten, die das Thema Chancengleichheit top-down wie bottom-up adressieren: In einem Kultur- und Visionsworkshop erarbeiteten die Präsidiumsmitglieder und Bereichsleitungen im August 2020 eine Gesamtstrategie zur Stärkung der Chancengleichheit. In so genannten Denkwerkstätten für die fünf wissenschaftlichen Bereiche sowie Administration, Infrastruktur und Technik bestimmen die Bereichsangehörigen seit Dezember 2020 Schwerpunkte für die Umsetzung von Chancengleichheitsmaßnahmen, die die spezifische Situation des jeweiligen Bereichs und seiner Fächer adressieren. Im Anschluss an die Workshops können Anträge auf eine finanzielle Förderung solcher sich an den Schwerpunkten orientierender Chancengleichheitsaktivitäten gestellt werden. Die erfolgreichen Antragstellerinnen und Antragsteller werden sich im Rahmen eines so genannten

Metaforums mit weiteren Beteiligten zusammenfinden, ihre Projekte reflektieren und Best-practices austauschen. Angesichts der trotz eines umfangreichen Maßnahmenportfolios noch nicht zufriedenstellenden Chancengleichheitssituation hat das KIT 2018 das Kompetenzzentrum Frauen in Wissenschaft und Forschung (CEWS) mit der Evaluation seiner Chancengleichheitspolitik beauftragt. Durchgeführt wurde diese von März 2018 bis Februar 2019. Neben zahlreichen positiven Ergebnissen sprach das CEWS auch Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Chancengleichheitspolitik aus. Die zuständige Vizepräsidentin für Personal und Recht wurde damit beauftragt, die identifizierten Themen im Rahmen eines Projektes zu fokussieren. Die zuvor bestimmten Handlungsfelder wurden dabei in Teilprojekten bearbeitet. Das Gesamtprojekt startete in 2019 und wird von der Dienstseinheit PEBA geleitet. Es wurden entsprechend die folgenden vier Teilprojekte (TP) aufgesetzt: TP „Erarbeitung eines gemeinsamen Verständnisses über Chancengleichheit“, TP 2: „Reflexion und Entwicklung einer Wertschätzungskultur am Beispiel der Chancengleichheit“, TP 3: „Klärung der Governance der Chancengleichheitspolitik“ und TP 4 „Reflexion und Erhöhung der Genderkompetenz bei Beschäftigten des KIT“. Im Rahmen der vier Teilprojekte wurden 2020 vielfältige Ergebnisse erzielt und Themen vorangebracht. Beispielsweise sei die Erarbeitung eines gemeinsamen Verständnisses über Chancengleichheit, die Durchführung einer Kulturanalyse mit dem Fokus auf Wertschätzung für das Thema Chancengleichheit und die Entwicklung eines Online-Lernmoduls zum Ausbau von Genderkompetenz genannt. 2021 werden weitere Ergebnisse gesichert und die Arbeit der Teilprojekte abgeschlossen.

Dem KIT war es wie in den in den vergangenen Jahren weiterhin ein wichtiges Anliegen, gute Arbeitsbedingungen für seine Beschäftigten anzubieten. Ein wichtiges, 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. Im Jahr 2020 hat 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 2020 154 (80 GFB / 74 UB). Die Zahl der sogleich unbefristeten Neueinstellungen auf der Basis der Selbstverpflichtung „Gute Arbeit am KIT“ betrug 77 (30 GFB / 47 UB). 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.

Aufgrund der Corona-Pandemie war das Jahr 2020 besonders herausfordernd. Da die Beschäftigten vor dem Hintergrund des Infektionsgeschehens zunehmend von zu Hause aus arbeiteten, wurden hierfür schnell technische Lösungen gefunden und die personalvertretungsrechtlichen Grundlagen geschaffen. Daher wurden zwei Dienstvereinbarungen für die Nutzung digitaler Systeme abgeschlossen. Das eine Dokument regelt die Einführung und Anwendung von Videokonferenz-Systemen, damit Besprechungen auch nicht in Form von Präsenzveranstaltungen durchgeführt werden können. Das andere Dokument betrifft das digitale Tool "Rainbow" welches die Nutzung des Festnetzanschlusses über andere Geräte, wie beispielsweise das Smartphone oder das Notebook, ermöglicht. Die beiden Dienstvereinbarungen wurden noch vor dem Jahreswechsel verhandelt und schlussendlich zu Beginn des Jahres 2021 von allen Parteien unterschrieben. Daneben wurde zu Beginn des Jahres 2020 die Dienstvereinbarung zur Nutzung des Online-Bewerbermanagementsystems abgeschlossen. Hierdurch wird die zügige Administration und Verwaltung von Bewerbungen erleichtert. Zudem verringert sich durch dessen Verwendung der Aufwand der Einbindung der im Bewerbungsverfahren Beteiligten innerhalb der Dienststelle.

Zentraler Ansprechpartner für alle rechtlichen und steuerlichen Angelegenheiten des KIT ist die DE **Rechtsangelegenheiten (RECHT)**. Rechtliche Beratung der Organe, Gremien und Organisationseinheiten in Wissenschaft, Administration und Infrastruktur gehören ebenso zu ihren Aufgaben wie die Erstellung und Prüfung von Verträgen, Gutachten und Stellungnahmen des KIT in rechtlichen Fragen sowie die prozessuale Vertretung des KIT im Rahmen der Zuständigkeit der DE. Im Berichtsjahr war RECHT insbesondere mit der vertraglichen Gestaltung mehrerer größerer Forschungsprojekte sowie diverser Rahmenverträge, vornehmlich in der Auftragsforschung, befasst. Neben der Finalisierung des Geschäftsprozesses zur Stipendienvergabe einschließlich der Erstellung einer übergeordneten Stipendienrichtlinie sowie des Geschäftsprozesses für Veranstaltungen am KIT wurde das System zur Behandlung außenwirtschaftsrechtlicher Fragestellungen weiter ausgearbeitet. Schließlich wurden weitere Komponenten des Konzeptes zur Tax Compliance gestaltet. Zu dem Thema Ausgründungen wurde eine Überarbeitung der vorhandenen Informationsmaterialien und Prozesse angestoßen, um hier Transparenz und Compliance für alle an dem Prozess Beteiligten zu schaffen. Zu dem Themenkomplex der Preisvergabe an Beschäftigte wurden ebenfalls Informationsmaterialien erstellt und ein dezidiert Geschäftsprozess erarbeitet, um die rechtskonforme Abwicklung der entsprechenden Sachverhalte sicher zu stellen.

Die DE **Organisationsentwicklung und Prozesse (OEP)** ist im Rahmen ihrer drei Säulen für das Prozess- und Organisationsmanagement sowie für die Organisationsberatung zentral zuständig. Die DE OEP hat in 2020 nicht nur wieder viele Prozessaufnahmen und -optimierungen initiiert und moderiert, sondern auch die dezentralen Prozessmodellierer/innen in ihren Tätigkeiten, mitunter durch Schulungen, unterstützt, sodass es vermehrt definierte und standardisierte Prozesse am KIT gibt, womit die Grundlage für eine IT-gestützte Vorgangsbearbeitung gelegt wird. Im Hinblick auf das strategische Prozessmanagement wurde das Leitprojekt 7 weiterbearbeitet. In diesem Zusammenhang wurden einerseits die Prozessrollen mit ihren Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortungen weiterentwickelt und andererseits ein Pilotprozess mit allen Prozessbeteiligten aufgenommen, welcher schließlich durch den GLK+ verabschiedet wurde. Für die Abstimmungen zum Pilotprozess wurde erstmalig der Prozesszirkel etabliert. Im Hinblick auf das Organisationsmanagement leistet die DE OEP ihren Beitrag zur Stärkung einer stabilen und robusten Aufbauorganisation. Dafür sind insbesondere in 2020 innerhalb des Leitprojektes 4.1 „SAP OM 2.0“ die Grundlagen für die IT-systemseitige Abbildung der Organisationsstammdaten mit den der Governance des KIT entsprechendem Datenmodell entwickelt worden. Nach erfolgreichem Abschluss des Leitprojektes in 2020 werden im Rahmen der Bestandsdatenerhebung und in Zusammenarbeit der DE's SEK und DE OEP die wissenschaftlichen Organisationseinheiten auf ihre Governance hin überprüft und die entsprechenden Daten erhoben, welche im SAP OM aktualisiert werden. Die administrativen Organisationseinheiten werden in Bezug auf die Governance-konformen Organisationsstammdaten von der DE OEP im SAP OM aktualisiert. Innerhalb der Organisationsberatung werden die Projekte „Vereinheitlichung der PSE-Prozesse“ und „Gendergerechte Sprache“ begleitet. Insgesamt unterstützt die DE OEP weitere Projekte, wie z.B. das Leitprojekt 5.2 „Personalstrategie“, LP 4.2 „FIS (Relaunch)“, LP 1.0 „Etablierung eines kontinuierlichen Strategieprozesses Forschung“ oder das Projekt „Umsetzung der Evaluationsergebnisse der Chancengleichheitspolitik am KIT“.

Die Aufgaben der DE **Planen und Bauen (PB)** beinhalten die Projektsteuerung, Vertretung gegenüber Behörden und Prüfinstanzen, sowie die Nutzerberatung in bautechnischen Angelegenheiten aller Neubau- und Gesamtanierungsvorhaben des KIT. Entsprechend der Zuordnung der Liegenschaften zum Großforschungs- oder Universitätsbereich besteht eine unterschiedliche Ausprägung der Aufgaben, Verfahren und Verantwortlichkeiten. Das Neubauprojekt Verfügungsgebäude 319 sowie die Baumaßnahme im Rahmen von EnergyLab 2.0 (Halle und Anlagen) wurden in 2020 gemäß der Terminplanung abgeschlossen und an

die Nutzer/innen übergeben. Die Maßnahme des EnergyLab erhielt zwischenzeitlich Auszeichnungen der Architektenkammer Baden-Württemberg sowie den International Design Award in zwei Kategorien. Neben weiteren Baumaßnahmen wurde das Projekt TRIANGEL fertiggestellt. Auf dem Campus Ost sind die beiden Großprojekte Forschungsfabrik in Kooperation mit der Fraunhofer Gesellschaft und der zweite Bauabschnitt zur Sanierung der ehemaligen Mannschaftsgebäude im Bau. Das städtebauliche Verfahren wird im vierten Quartal 2021 abgeschlossen sein. Die Fertigstellung erfolgt im zweiten- und dritten Quartal 2021. Im Universitätsbereich Campus Süd ist das Projekt InformatiKOM 1 + 2 der Klaus-Tschira-Stiftung (KTS) im Bau. Es wird voraussichtlich im zweiten- und dritten Quartal 2023 an die Nutzer übergeben. Ende des Jahres 2020 begann das Bauvorhaben des Landes, Lern- und Anwendungszentrum Mechatronik (LAZ) an der Kaiserstraße. Der Neubau für die Botanik und die Sanierung des Südwestflügels des IMK am Campus Alpin befinden sich in der Ausführungsplanung. Das Vergabeverfahren für die Planungsleistungen des Karlsruher Center für Optics und Photonics (KCOP) wird im Ersten Quartal 2021 abgeschlossen, für das Institut für Katalyseforschung und -technologie (IKFT) im zweiten Quartal 2021. Weitere im Wirtschaftsplan enthaltene Bauvorhaben befinden sich in der Projektplanung und Projektentwicklung. Parallel zur Baulichen Analyse wird ein systematisches Screening von Gebäudeschadstoffen durchgeführt, welches mit der dritten und letzten Phase im Frühjahr 2021 abgeschlossen wird. Die Ergebnisse fließen in die Sanierungsperspektive und die Bauliche Entwicklungsplanung (BEP) ein. Zur Gründung der DE Planen und Bauen siehe auch Kapitel 6.3 in den Abschnitten zu den DE's Facility Management (FM) und Immobilienmanagement (IM)

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 Mitarbeiter/innen des KIT. EVM ist darüber hinaus zentraler Ansprechpartner und Prozessverantwortlicher 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.

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 Aufgabengebiet 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 Aufgabengebiete sicher zu stellen. Im Rahmen einer internen mittelfristigen Finanzschau werden die zukünftigen Belastungen und finanziellen Risiken detailliert erfasst und dem Präsidium Instrumente zur strategischen Steuerung zur Verfügung gestellt. Dadurch werden Entwicklungen, die wesentlichen Einfluss auf die Vermögens-, Finanz- und Ertragslage haben könnten, rechtzeitig erkannt und entsprechende Maßnahmen zur Gegensteuerung ergriffen. Die Planung wird regelmäßig fortgeschrieben und den Gremien 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 im KIT wird im Rahmen des Leitprojektes 6 der Dachstrategie KIT 2025 weiterverfolgt und 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. In der Ausgangsrechnungen wurde inzwischen die erste elektronische Rechnung versandt und ein elektronischer workflow ist der nächste Schritt. 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)** übernimmt 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 Controlling-Aufgaben zu Ausbauinvestitionen im Auftrag des Präsidiums und der Bereichsleitungen. Im Jahr 2020 wurden 22 laufende Ausbauinvestitions-Projekte mit einem Einzelbudget größer 2,5 Mio. Euro und einem Gesamtbudget von über 180 Mio. Euro begleitet bzw. koordiniert. Mit der personellen Stärkung der Abteilung Projektentwicklung und – Analyse wurde das 2019 neu aufgesetzte Einzelprojektcontrolling und das operative Multiprojekt-Monitoring der betreuten Investitionsprojekte mit dem Ziel einer stringenten und transparenten Informationsaufbereitung inhaltlich weiter ausdifferenziert. Im Projektmanagement wurde im Jahr 2020 weiter an der kontinuierlichen Verbesserung der Prozesse zur operativen Begleitung der Initiierungs- und Umsetzungsphase wissenschaftsinduzierter Ausbauinvestitionen gearbeitet. Mit der Entscheidung des Präsidiums, die Aufgaben des Bau-Controllings für Maßnahmen im vereinfachten Bauverfahren zu PPQ zu verlagern, wurde damit begonnen, zusammen mit den DE's IM und PB das Verfahren weiter zu verfeinern entsprechend Personal zu akquirieren. Ziel ist es, im Jahr 2021 erste Maßnahmen in dem Verfahren zu beginnen. Neben den Kernaufgaben im Rahmen des Projektmanagements, der Qualitätssicherung und des Controllings von wissenschaftsinduzierten Großinvestitionsprojekten nahmen die Mitarbeiter/innen der DE auch in 2020 beratende Aufgaben wahr: Das von PPQ koordinierte Leitprojekt 4.1 zur Anpassung der SAP Organisationsdatenverwaltung an die präzisierte Governance des KIT konnte abgeschlossen werden. Im Zuge der Weiterentwicklung des Bauprojektmanagements und Controllings wurde mit der Vorbereitung und Durchführung des Projekts „Bauprojektmanagement und Controlling“ begonnen. Neben den genannten Arbeiten im Rahmen der Dachstrategie KIT 2025 wurden andere DE bei der Weiterentwicklung ihrer Qualitätsmanagement-System unterstützt, Erweiterungen bestehender Infrastrukturen organisatorisch begleitet sowie für Bereichsleitungen und das Präsidium Erhebungen und Analysen im Umfeld der Groß-Infrastrukturen durchgeführt.

Zum 01. April 2020 wurde die **Stabsstelle Stab des Präsidenten und CIO (STAB)** gegründet, die den Präsidenten des KIT in seiner operativen und strategischen Verantwortung unterstützt. 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 2020 stand vor allem die Weiterentwicklung des KIT, die in 2021 in der Verabschiedung eines Weiterentwicklungsgesetzes des KIT resultieren soll, die Begleitung der Umsetzung der Dachstrategie KIT 2025 sowie der Umgang mit der Pandemiesituation neben den bereits bekannten Herausforderungen im Fokus. Das Digital Office ist die zentrale Einheit, die das KIT bei der Digitalisierung begleitet und die Leitungsebene in ihrer Verantwortung diesbezüglich berät und unterstützt. So wurde das Jahr 2020 genutzt, um die Digitalisierungsaktivitäten in Forschung, Lehre, Innovation und Administration zu begleiten und voranzutreiben sowie die Entwicklung einer Digitalisierungsstrategie, die im Rahmen der Dachstrategie KIT 2025 ab 2021 entwickelt werden soll, vorzubereiten. Zudem wurde der Strategiefonds des KIT um das Teilbudget Digitalisierung erweitert, das Fördermittel bereitstellt, um strategisch relevante Digitalisierungsvorhaben am KIT aktiv und gezielt zu unterstützen und zu beschleunigen. Die Koordinationsstelle Helmholtz-Forschungsbereich 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 des Management Boards und der Forschungsbereichsplattform Energie stand in 2020 die Vorbereitung der nächsten programmorientierten Förderphase im Vordergrund. Außerdem standen Vorbereitungen zur Entwicklung einer Helmholtz Energy Transition Roadmap sowie zur Weiterentwicklung von „Energy System 2050“ als zentrale Plattform des Forschungsbereichs Energie im Fokus. Die Forschungsinitiative „Energy System 2050“ der Helmholtz-Gemeinschaft wurde mit einer Konferenz, bei der Fragen zur Transformation des Energiesystems und was die Energieforschung dazu beitragen kann beleuchtet wurden, erfolgreich abgeschlossen.

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 2020 viele Fragen und Unsicherheiten der Beschäftigten allgemein zu Compliance und zum richtigen Verhalten bei korruptionssensiblen Sachverhalten klären und einer praxisnahen regelkonformen Lösung zuführen. Zudem wurde COMP weiterhin verstärkt in Prozessänderungen und -gestaltungen zur Vermeidung von Interessenkollisionen einbezogen. Dabei wurden Wegweiser und Merkblätter zur Unterstützung der Operativen entwickelt. Die Auswertung der Risikoabfrage von COMP zu Compliance- und Korruptionsrisiken vom April 2020 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 Leiter/innen von Organisationseinheiten geführt. Im Januar 2020 tagte der jährliche interne Arbeitskreis Compliance zum kommunikativen Austausch der Compliance am KIT. Der externe Erfahrungsaustausch der Compliance-Beauftragten mit Compliance-Verantwortlichen anderer Forschungs- bzw. universitären Einrichtungen erfolgte im September 2020. Der jährliche Compliance-Bericht enthielt keine Empfehlungen zu besonderem organisationsseitigem Handlungsbedarf. Gesamtbetrachtend ist auch für 2020 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 (DS)** innehat, arbeitet in enger Abstimmung mit dem Präsidium an der Umsetzung der Anforderungen der DS-GVO. Als einen wesentlichen Baustein einer Datenschutzorganisation am KIT hat das Präsidium im November 2019 die „Richtlinie

zu Ansprechpartner/innen für Datenschutz und Informationssicherheit in den Organisationseinheiten des KIT“ beschlossen. Die Benennung der Ansprechpersonen wurde im Berichtszeitraum nicht vollständig abgeschlossen. Die Benennung soll im Jahre 2021 vollständig erfolgt sein. Die Schwerpunkte der Tätigkeit der Stabsstelle Datenschutz standen im Jahr 2020 im Lichte der COVID-19-Pandemie. Insbesondere lag der Fokus auf einer datenschutzkonformen Einführung von Online-Kollaborationstools, der Durchführung von Online-Abstimmungen sowie der Umsetzung der Anforderungen der diversen Corona-Verordnungen hinsichtlich der notwendigen Datenerhebungen. Daneben – wie auch im vorhergehendem Jahr - beriet die Stabsstelle Datenschutz Wissenschaftler/innen bei Forschungsprojekten, bei denen personenbezogene Daten von Probanden/innen oder Studienteilnehmern/innen verarbeitet werden mussten, verhandelte Auftragsdatenverarbeitungsverträge mit externen Dienstleistern, nahm 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. Im Arbeitsstab Datenschutz, IT-Sicherheit und Recht (ASDuR) unter der Leitung des Informationssicherheitsbeauftragten werden grundlegende Fragestellungen erörtert, die sowohl Datenschutz, IT-Sicherheit, Recht als auch die Informationsversorgung des KIT betreffen. Es ist zu erwarten, dass der Schwerpunkt der Tätigkeit sowohl der Datenschutzbeauftragten als auch der Stabsstelle Datenschutz in den nächsten Jahren im Lichte der zunehmenden Digitalisierung stehen wird. Die Herausforderung wird es sein, dieser Entwicklung gerecht zu werden und gleichzeitig die Rechte der betroffenen Personen zu wahren.

Stabsstelle Konfliktmanagement und Psychosoziale Beratung (KMB): Die Corona-Pandemie stellt hohe Herausforderungen an uns alle – auch an die Mitarbeitenden des KIT. Dabei können diese irgendwann an ihre Grenzen stoßen und extrem erschöpft sein oder keinen Rat mehr wissen. Das KIT sorgt sich um seine Mitarbeitenden und definiert den Schutz der Gesundheit zum übergeordneten Ziel – dazu zählt auch die psychische Gesundheit. Mit der Psychosozialen Beratung stellt die Stabsstelle KMB die zentrale Anlaufstelle für berufliche und private Herausforderungen dar, um sich wieder orientieren und sammeln zu können. Im Berichtszeitraum wurde die Beratung zum Lock-down zeitnah um Telefon- und Videoangebote erweitert. So konnten insbesondere Mitarbeitende mit Ängsten unterstützt werden, die persönliche Kontakte scheuten. Mit zunehmender Dauer der Corona-Auflagen wurde auch die psychische Ausgeglichenheit eine allgemeine Herausforderung. Neben der individuellen Beratung wurden hierzu Online-Tipps und neue Online-Kurse z.B. zu Achtsamkeit angegeben. Alle Angebote der Psychosozialen Beratung wurden von den Mitarbeitenden überproportional angenommen, was den großen Bedarf widerspiegelt. In der Konfliktbearbeitung lag der Fokus im Lock-down bei der Aufrechterhaltung der Kommunikation zwischen den Konfliktparteien. Die Partner des Netzwerkes Konfliktmanagement nutzten flexibel und individuell alle möglichen Kommunikationsformate zur Konfliktberatung bis hin zu Online-Mediationen. Zur eigenen Fortbildung und für Partner aus der Wissenschaft organisierte die Stabsstelle KMB vier Online-Workshops zur Konfliktbearbeitung an Hochschulen in Zeiten von Corona.

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 2020 wurden im Rahmen der Prüfungstätigkeit neben der Erstellung des Prüfungsplans 2020, des Tätigkeitsberichts für das Jahr 2019, eines Realisierungsberichtes von Abschlussvermerk-Anweisungen und des Risikoberichts 2020 des KIT insgesamt 17 Revisionsberichte gefertigt. Im Rahmen des Audits von EU-Projekten wurden drei Projekte im EU Forschungsrahmenprogramm Horizon 2020 geprüft und zertifiziert. In seiner Funktion als Kontaktstelle zu den Rechnungshöfen hat REV mehrere Prüfungen des Landesrechnungshofes (LRH) koordiniert und begleitet.

Chancengleichheit ist im Sinne des Gender Mainstreaming in der Struktur des KIT verankert. Im Präsidium ist die Vizepräsidentin für Personal und Recht die Ansprechpartnerin für die **Chancengleichheitsbeauftragten**. Diese sind in fast allen relevanten Gremien und Kommissionen 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 PEBA- Diversity Management. Im Jahr 2020 wurde innerhalb der vier Teilprojekte im Rahmen des Gesamtprojektes „Evaluation der Chancengleichheitspolitik des KIT“ weitergearbeitet. Die Teilprojekte heißen „Erarbeitung eines gemeinsamen Verständnisses über Chancengleichheit“, „Reflexion und Entwicklung einer Wertschätzungskultur am KIT“, „Klärung der Governance der Chancengleichheitspolitik“ sowie „Reflexion und Erhöhung der Genderkompetenz bei Beschäftigten des KIT“. Im Teilprojekt 1 unter der Leitung einer wiss. Chancengleichheitsbeauftragten konnte in einem partizipativen Prozess mit verschiedenen Stakeholdern innerhalb des KIT im Dezember 2020 das „gemeinsame Verständnis von Chancengleichheit“ verabschiedet werden. Im Teilprojekt 2 wurden in 2020 verschiedene Workshops konzipiert, welche den Fokus auf eine Wertschätzungskultur hinsichtlich Chancengleichheit legen. Die Bearbeitung verschiedener Arbeitspakete erfolgte in Teilprojekt 3, wobei die Strukturierung von Prozessen und Abläufen im Fokus stand. Im Teilprojekt 4 wurde eine Online-Schulung zum Ausbau der Genderkompetenz der Beschäftigten ausgearbeitet, welche für die L1- und L2-Ebene sowie für BK-Vorsitzende als verpflichtend beschlossen wurde. Die KIT-Senatskommission „Chancengleichheit und Diversität“, tagte in 2020 aufgrund der Corona-Beschränkungen nur ein Mal. Themen waren u.a. die bereichsspezifischen Maßnahmen zur Chancengleichheit sowie „Studieren mit Behinderung am KIT“. In 2020 wurde parallel zum neuen Chancengleichheitsplan 2022-2026 auch der Gender-Monitoring-Bericht 2019 erstellt. Im Bericht wurde der Umsetzungsstand der im Chancengleichheitsplan festgelegten Ziele und Maßnahmen am KIT für den Auswertungszeitraum 2014-2019 abgebildet. Dafür wurde die Entwicklung der Frauenanteile auf verschiedenen Qualifizierungsstufen sowohl am gesamten KIT als auch in den fünf Bereichen sowie den KIT-Fakultäten aufgezeigt. Des Weiteren enthielt der Bericht die Einschätzungen der Bereichsleiter/in zur bereichsspezifischen Chancengleichheitssituation. Durch den Gremienlauf sind auch alle wichtigen Organe des KIT involviert (Präsidium des KIT, KIT-Senat, Aufsichtsrat des KIT) und über die aktuelle Situation zur Chancengleichheit informiert. Das Arbeitsgebiet „KINT – Kinder in Naturwissenschaft und Technik am KIT“ umfasst aktuell drei Maßnahmenschwerpunkte; Schulkinder-Betreuung (mit Fokus auf die Ferienzeiten im Schulferienkalender Ba.-Wü.), 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 Schüler/innen für die MINT-Fachbereiche. Im Rahmen der außerschulischen Bildungs- und Betreuungsangebote für

schulpflichtige Kinder nahmen im Jahr 2020 insgesamt 301 Kinder, davon 48,8 Prozent Schülerinnen, an den sieben Veranstaltungswochen der Schulkindbetreuung des KIT teil. In Einklang der jeweils für das Land Baden-Württemberg geltenden Corona-VO wurden gemäß den Vorgaben zur Einhaltung des Infektionsschutzgesetzes im Jahr 2020 keine weiteren Präsenzveranstaltungen angeboten und durchgeführt.

Der **Personalrat** vertritt die Interessen der Beschäftigten des KIT nach den Vorgaben des Landespersonalvertretungsgesetzes sowohl auf individueller als auch auf kollektiver Ebene. Das Jahr 2020 war geprägt von neuen Erfahrungen und Erkenntnissen durch die Corona-Pandemie. Dies führte u.a. dazu, dass in kurzer Zeit mehrere Dienstvereinbarungen abgeschlossen wurden, die den Umgang mit elektronischen Tools regeln. Ein weiterer Schwerpunkt war die Erstellung einer Neuregelung der Mitbestimmungsrechte des Personalrats am KIT bezüglich der Wissenschaftler/innen. Diese Neuregelung wurde aufgrund der Erarbeitung des zweiten KIT-Weiterentwicklungsgesetzes notwendig. In die Praxis umgesetzt werden kann diese Neuregelung allerdings erst nach der erforderlichen Gesetzesänderung des LPVG Baden-Württemberg. Die Informationspolitik des Personalrats erhielt aufgrund der Corona-Pandemie einen weiteren Baustein, nämlich den der digitalen Informationsveranstaltung via Livestream. Der Personalrat hat sich intensiv mit dem Thema Nachhaltigkeit auseinandergesetzt. Hierzu wurde eine Schwerpunktveranstaltung im Rahmen einer Personalversammlung durchgeführt. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit des Personalrats waren Beratungen einzelner Beschäftigter. Besonderen Beratungsbedarf gab es zu Fragen bezüglich der Arbeit aus dem Homeoffice sowie zu Regelungen der Kinderbetreuung während der Corona-Pandemie. Der Personalrat ist im Senat vertreten und einzelne Personalratsmitglieder arbeiteten aktiv in verschiedenen Senatskommissionen mit. Die Tarifrunden TVöD und TV-L (beide Tarifverträge gelten am KIT) spielte bei der Arbeit des Personalrats ebenso eine Rolle wie z.B. 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 Beschäftigte 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 SBD und dem Betrieb des Helmholtz-Großgeräts GridKa, das dem Programm 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 Pandemie-bedingt ein wesentlicher Teil der Aktivitäten das Ziel, KIT-weit Online-Lehre und Arbeiten im Home-Office bzw. in virtuellen Räumen zu ermöglichen. Gemeinsam mit der KIT-Bibliothek und dem Zentrum für Mediales Lernen (ZML) wurden die IT-Voraussetzungen für erfolgreiche Online-Semester in allen Studiengängen des KIT geschaffen. In enger Abstimmung mit der Datenschutzbeauftragten wurden mehrere hochskalieren-

de externe Videoconferencing-Dienste an das IDM-System des KIT angebunden und für die Lehrenden und Studierenden mit den Standardnutzerkonten einfach verwendbar gemacht. Für das Aufzeichnen von Lehrveranstaltungen und das wiederholte Streaming durch die 25000 Studierenden wurden vorhandene IT-Systeme kurzfristig massiv aufgerüstet und das Lehr-Lernsystem ILIAS für die zu erwartenden massiv erhöhten Anforderungen vorbereitet. Weiter wurden On-Premise-Lösungen für Online-Prüfungen, die Durchführung von Gremiensitzungen über Videokonferenzen und von geheimen Online-Abstimmungen am KIT entwickelt und in Betrieb genommen. Flankiert wurde dies durch massive Aufrüstungen in der System- und Netz-Infrastruktur wie z.B. bei VPN-Zugängen. Entlang der in Baden-Württemberg gültigen Corona-VO wurde das auf Chip-Karte (KITCard) und QR-Code basierte Verfahren KonKIT implementiert, um eine effiziente und gleichzeitig datenschutzkonforme Kontaktnachverfolgung im KIT zu erreichen. Weiter konnten im Berichtszeitraum mehrere wichtige Elemente der wissenschaftlichen IT-Infrastruktur erneuert bzw. weiterentwickelt werden. Für das am KIT als Landesdienst betriebene Sync&Share-System wurden die technische Basis komplett erneuert und alle Daten und zugehörige Metadaten der derzeit 52000 aktiven Nutzenden auf die neue Systemplattform migriert. Die Migration des Mail- und Kalender-Dienstes des KIT auf das neue System MS Exchange 2019 konnte ohne Unterbrechung des Betriebs durchgeführt werden. Mit der Migration wurde dieser Dienst auch in die Gesamt-Virtualisierungsumgebung des SCC integriert, was sowohl betriebliche als auch wirtschaftliche Vorteile bringt.

Die **KIT-Bibliothek (BIB)** ist der zentrale Betreiber sämtlicher Dienste auf dem Gebiet der (wissenschaftlichen) Informationsversorgung für das KIT. Nachdem der vorherige Direktor, Frank Scholze, 2020 als neuer Generaldirektor an die Deutsche Nationalbibliothek gewechselt ist, hat im Mai 2020 Dr. Arne Upmeyer die Leitung der Bibliothek übernommen. Auch in der KIT-Bibliothek hat die Corona-Pandemie eine sehr wesentliche Rolle gespielt. Seit dem Frühjahr 2020 musste die sonstige 24-Stunden-Öffnung aufgegeben und die Benutzung vor Ort stark eingeschränkt werden. Durch die bereits seit vielen Jahren verfolgte E-First-Strategie bei Erwerbung und Lizenzierung neuer Medien konnte die Bibliothek das Informationsangebot aber weitestgehend nahtlos aufrechterhalten. Zusätzliche Corona-Sondermittel des MWK haben es ermöglicht, kurzfristig weitere Lizenzen für Datenbanken und Zeitschriften zu erwerben. In der KIT-Bibliothek wurden und werden innovative Bibliotheksservices entwickelt und kontinuierlich angepasst. Dazu zählt unter anderem ein differenziertes Kurs- und Beratungsangebot. Auch wurde schon frühzeitig die Bedeutung eines strategischen Forschungsdatenmanagements erkannt und gemeinsam mit dem Steinbuch Centre for Computing (SCC) das Serviceteam RDM@KIT (www.rdm.kit.edu) gegründet. 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. Besondere Schwerpunkte derzeit auf Chemie und Material-Forschung. Hier ist die KIT-Bibliothek am Science Data Center “MoMaF –Science Data Center für Molekulare Material-Forschung” beteiligt. Im Projekt MoJReData II werden Mobilitätsdaten aus den Sportwissenschaften gesammelt und erschlossen. Die KIT-Bibliothek betreibt mit “re3data” („Community Driven Open Reference for Research Data Repositories“, finanziert im DFG-Projekt “re3data COREF”) als Service von DataCite das derzeit weltweit führende Verzeichnis von Forschungsdatenrepositorien. Die KIT-Bibliothek fördert die Transformation des wissenschaftlichen Publikationswesens zu Open Access. Bestehende Publish&Read-Vereinbarungen mit den Verlagen Cambridge University Press, Institute of Physics Publishing und Royal Society

of Chemistry und ein DEAL-Vertrag mit der Springer Nature-Verlagsgruppe konnte durch einen weiteren DEAL-Vertrag mit Wiley ergänzt werden. Korrespondierende Autor/innen des KIT haben die Möglichkeit, ihre Publikationen in den Hybrid-Zeitschriften der Verlage ohne weitere Kosten im Open-Access-Modell zu veröffentlichen. Zur Auswahl stehen je nach Zeitschrift verschiedene Creative-Commons-Lizenzen. Die KIT-Bibliothek berät und unterstützt die Autorinnen und Autoren bei der Auswahl der passenden Lizenzen. Über einen Open Access Publikationsfonds können Open Access Publikationen zudem auch finanziell gefördert werden. Mit „KITopen“ betreibt die Bibliothek 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 Open Access auf „KITopen“ veröffentlicht werden. Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts „TU9_Monos“ werden die Publikations- und Produktionswege von Open Access Monografien nachhaltig auf andere Einrichtungen übertragbar gemacht werden. Seit 2020 ist das KIT Mitglied von ORCID.

Das **Karlsruhe House of Young Scientists (KHYS)** ist die zentrale Einrichtung für Nachwuchsförderung am KIT und Anlaufstelle für alle Promotionsinteressierten, Promovierenden, Postdocs und Betreuende. Es begleitet das Young Investigator Network (YIN) und ist verbindendes Element für die Promotionsprogramme des KIT. Zu den Kernaufgaben des KHYS zählen individuelle Beratung, Qualifizierung und Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, Unterstützung und Begleitung koordinierter Forschungsprogramme und deren Initiativen bei der Erstellung von Antragsskizzen und Vollanträgen sowie Begutachtungen, die Weiterentwicklung der Nachwuchsförderung am KIT und die Qualitätssicherung der Promotionsbedingungen. Neben den in Kapitel A.1.2.5 dargestellten Aufgaben, Maßnahmen und Tätigkeiten war das Jahr 2020 vor allem durch neue Projekte geprägt. Das Vorhaben „Young Scientist Support – KHYS“ des Exzellenzantrags beinhaltet die Weiterentwicklung des KHYS u. a. hinsichtlich der Zusammenarbeit mit den Promotionsprogrammen des KIT. So wurde der Aufbau neuer Graduate Schools an den KIT-Zentren mit einem entsprechenden wettbewerblichen Verfahren angestoßen und in der ersten Förderrunde zwei Schools „Culture of Knowledge“ und „GradeUp Mobility“ ausgewählt. Anfang 2020 hat das eingeworbene Helmholtz Career Development Center, das KHYS Postdoc Office, seine Arbeit aufgenommen und ergänzt die bereits vorhandenen Angebote. Durch die schnelle Umstellung auf Online-Formate konnte die überwiegende Zahl der Veranstaltungen für Postdocs und Postdoc-Interessierte stattfinden und auch das Weiterbildungsangebot wurde entsprechend angepasst und ausgebaut. Die von Nachwuchswissenschaftler/innen geplanten Reisen konnten jedoch aufgrund der Einschränkungen in Folge der Corona-Pandemie nicht in gewünschtem Maße unterstützt werden und verschieben sich ins Jahr 2021. Basierend auf dem mit einem ersten Preis ausgezeichneten Konzept „Qualitätssicherung und -entwicklung im Promotionswesen“ („QualityDoc@KIT“) beim Ideenwettbewerb des MWK wurde ein Qualitätsmanagementsystem für das Promotionswesen etabliert und eine Befragung der Doktorand/innen- und erstmals auch der Betreuenden durchgeführt. Zudem wurde das Projekt KIM-DOC zur Erfassung und Verwaltung aller Promovierender weitergeführt. Außerdem hat das KHYS im Rahmen eines KIT-weiten Projekts anlässlich der Novellierung des DFG-Kodexes das Arbeitspaket „Bekanntgabe, Vermittlung und Aktualisierung des Wissens um die gute wissenschaftliche Praxis“ koordiniert und mit einem Team von Wissenschaftler/innen bearbeitet.

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.

Zentrum für Schlüsselqualifikationen

Das Zentrum für Schlüsselqualifikationen zeichnet sich insbesondere durch die Arbeit seiner Kompetenzlabore aus. Der überdisziplinär angelegte Onlinekurs „Gute wissenschaftliche Praxis“ vermittelt Studierenden, wie Forschung redlich betrieben wird. Anwendungsorientiert wird dazu eingeladen, den Wissenstransfer auf eigene Forschungsprozesse zu übertragen und die Regeln wissenschaftlichen Arbeitens zu verinnerlichen. Der Selbstlernkurs ist seit dem Sommersemester 2020 für alle Interessierten auf Open Courses KIT (<https://opencourses.kit.edu>) sowie für Mitglieder des KIT auf ILIAS verfügbar. Das Angebot wurde im Rahmen des landesweiten Projekts „helpBW“ (<https://helpbw.de/>) entwickelt, das an der KIT-Bibliothek und am Schreiblabor des HoC angesiedelt ist. Weitere Onlinekurse zu Informations- und Schreibkompetenzen werden derzeit erarbeitet. Das Perspektivenlabor am HoC hat im Jahr 2020 gemeinsam mit der Techniker Krankenkasse das Projekt „In Führung gehen – Achtsam den Wandel gestalten“ begonnen. Es richtet sich an Studierende und Berufstätige, die in Führungsverantwortung gehen wollen bzw. bereits Führungskräfte oder Projektverantwortliche sind. Ziel ist es, ein neues Verständnis von gesundheitsförderlicher Führung zu etablieren, das angemessen auf die großen Transformationen in Wirtschaft, Politik und Umwelt reagiert. Die frühe und zielgruppenspezifische Förderung von Führungskompetenzen ist eine wichtige Aufgabe der fachübergreifenden Weiterbildung an Hochschulen und in den Betrieben. Im Jahr 2020 ist ein erster Online-Kurs entstanden, außerdem wurden 13 Videoclips zur gesunden Führung auf Basis benediktischer Führungstradition produziert. In digitalen Settings waren Studierende, Vertreter/innen aus Unternehmen, Kloster und Zivilgesellschaft eingebunden. In Zukunft soll zweimal im Jahr ein Seminar im Kloster Münsterschwarzach angeboten werden. In der Reihe Forschungsperspektive Schlüsselqualifikation sind zwei neue Bände unter Federführung des MethodenLABORS erschienen: Die Studie „Das Schlüsselqualifikationsangebot an deutschen Universitäten“ von Stefanie Enderle, Anna Lehner und Alexa Maria Kunz beleuchtet erstmalig das Angebot zu Schlüsselqualifikationen bundesweit im Überblick. Der Sammelband „Qualitativ Forschen als Schlüsselqualifikation“, hrsg. Von Alexa Maria Kunz, Günter Mey, Jürgen Raab und Felix Albrecht, bietet eine Reihe von Ansätzen zum Verhältnis von qualitativer Forschung zu Schlüsselqualifikationen – von Adressaten, Ansätzen und Formaten für dieses Angebot bis hin zu übergreifenden Betrachtungen was Forschen als Schlüsselqualifikation bedeuten kann.

Zentrum für Mediales Lernen (ZML)

Das ZML als Dienstleister, Projektpartner und koordinierende Einrichtung zu Digitalisierung/E-Learning fokussierte sich 2020 auf die Corona-bedingte Umstellung des Lehrbetriebs am KIT auf Online-Lehre. In einer Expert/innengruppe aus ZML, BIB, SCC und dezentralen Betreibern wurden gemeinsam Online-Szenarien entwickelt und über einen neuen Webauftritt (<https://www.zml.kit.edu/corona-info.php>) Informationen und Anleitungen bereitgestellt. Diese Seiten konzentrierten sich zunächst auf technische und didaktische Fragen. In der zweiten Jahreshälfte wurden verstärkt Szenarien zu E-Prüfungen sowie hybriden Lernszenarien ergänzt. Weiterhin wurde 2020 die Geschäftsstelle des Hochschulnetzwerks „Digitalisierung der Lehre Baden-Württemberg“ (HND BW) am KIT eingerichtet und an das ZML angekoppelt. Das Hochschulnetzwerk „Digitalisierung der Lehre Baden-Württemberg“ (HND-BW) ist ein Verbund der Landesuniversitäten zur Förderung und Weiterentwicklung der Digitalisierungsvorhaben in der Lehre. Ziel ist die Intensivierung der Zusammenarbeit und die kooperative Weiterentwicklung digitalen Lehrens & Lernens. Der Geschäftsführer des Hochschulnetzwerks steht als Mitarbeiter in engem kollegialen Austausch insbesondere mit den E-Learning-Services am ZML um für die Weiterentwicklung der digitalen Lehre auch am KIT zu

fördern. Eine Vertreterin des E-Learning Service-Teams des ZML vertritt das KIT als Mitglied der Expertengruppe des HND-BW. In verschiedene Projekte hat das ZML seine Kernkompetenzen zur Mediendidaktik und Medienproduktion eingebracht und diese weiterentwickelt. Nach dreijähriger Laufzeit wurde das Projekt „BePerfekt“ erfolgreich abgeschlossen. Ziel des BMBF-geförderten Projektes war es, die Innovationspotenziale der deutschen Wissenschafts- und Forschungslandschaft in Zukunft noch gezielter für Akteur/innen aus Gesellschaft, Kultur, Politik und Wirtschaft nutzbar zu machen. Dafür wurde ein Angebot aus Weiterbildungsmodulen entwickelt, das bei der Aus- und Weiterbildung leistungsfähiger Transfermanager/innen unterstützen soll und das nach Abschluss des Projektes auf dem neu entwickelten WTT-Community-Portal „FokusTransfer“ angeboten wird. Das ZML war für die didaktische Konzeption der Maßnahmen und Medienproduktion zuständig und begleitete die gesamte Durchführung und Validierung des Lernangebots. Auf diesem Portal ist u.a. der Online-Kurs „Wissens- und Technologietransfer KOMPAKT – Ein Online-Kurs für mehr Transfer in Ihrer Einrichtung“ frei zugänglich (<https://fokustransfer.de/wissen/lernangebote/>). Gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Angewandte Psychologie wurde im Rahmen des Projekts Lehre^{Forschung}-PLUS ein MOOC zum Thema Prokrastination entwickelt, der auf der Open Courses Plattform des KIT zur Verfügung steht („Abhaken statt Aufschieben!“). Als neues Projekt setzt das ZML gemeinsam mit IFG, IBCS-FMS, IBAP, HOC-Zentrum für Schlüsselqualifikationen und dem SCC das Projekt DORA4KIT (Teilprojekt Data Literacy) im Rahmen des ExU-Vorhabens „Research Data Management“ um. Ziel ist es u.a. Studierende frühzeitig in ihrem Studium mit Online-Lernmodulen für den professionellen Umgang mit Forschungsdaten zu sensibilisieren und zu qualifizieren.

Zentrum für Lehrerbildung (ZLB)

Das ZLB ist die zentrale Anlaufstelle für alle Studierenden des Studiengangs Lehramt an Gymnasien. Es bietet in diesem Zusammenhang verschiedene Beratungsformate als auch Informationsveranstaltungen an. Das ZLB fungiert als zentrale Schnittstelle zu den verschiedenen Institutionen im Feld der Lehramtsausbildung, wie z.B. den Schulen, dem Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, dem Regierungspräsidium Karlsruhe, dem Landeslehrerprüfungsamt und den Staatlichen Seminaren für Didaktik und Lehrerbildung am Standort Karlsruhe. Unter dem Dach der zentralen wissenschaftlichen Einrichtung HoC entwickeln wir die Lehramtsstudiengänge am KIT u.a. mit fächerübergreifenden Forschungsprojekten kontinuierlich weiter. Im März 2020 startete das ZLB-Projekt (Qualitätsoffensive Lehrerbildung) „digitalisiertes Lernen in der MINT-Lehrer/innenbildung (digiMINT)“. In digiMINT werden in der MINT-Lehrer/innenbildung digitale Lernkontexte entwickelt, erprobt und evaluiert. Neben der Konsolidierung des Projektes und einer ersten Herbsttagung mit dem wissenschaftlichen Beirat wurden in 2020 u.a. vier Lehrveranstaltungen mit Blick auf Onlineunterricht neu entwickelt. Zudem wurde das Projekt durch die Förderung von „digiLAB – digitalisiertes Lernen in der Lehramtsausbildung“ durch das MWK im Herbst 2020 um die Fächer Naturwissenschaft und Technik sowie Sport erweitert. Das seit Ende 2019 vom MWK geförderte Drittmittelprojekt „KAiAC-T“ (Karlsruhe individual Aptitude Check for Teachers) hat sich 2020 im fächerübergreifenden Lehramtsstudiengang als unterstützendes Begleitprogramm etabliert: 2020 wurden in Kooperation mit dem Zentrum für Schulqualität Workshops zur Förderung der beruflichen Orientierung und persönlichen Weiterentwicklung konzipiert und umgesetzt. Zudem wurden kompetenzorientiert überarbeitete E-Portfolios über die Lernplattform ILIAS eingeführt. Zur gründlichen Analyse und hochschulstrukturellen Einbindung dieses mit der PH Karlsruhe entwickelten Beratungs- und Förderprogramms dient das Ende 2020 eingeworbene Evaluationsprojekt „EVAL-K“. Bis Ende 2021 kann dadurch die Qualität der Lehramtsausbildung nachhaltig und effizient weiter verbessert werden.

Das **Studienkolleg** hat im Auftrag des MWK die Aufgabe, internationale Studienbewerber/-innen auf die Feststellungsprüfung (FSP) oder Deutsche Sprachprüfung für den Hochschulzugang (DSH) oder alternativ 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 2020 zwölf Vollzeitkurse mit Ausrichtung auf Studienfächer im natur- und ingenieurwissenschaftlichen Bereich sowie neun Kurse zur Vorbereitung auf die DSH statt mit insgesamt rund 373 Studierenden. Hinzu kamen je dreiwöchige Deutschsprachkurse vor Beginn des Semesters. Im März/April 2020 fanden fünf dieser Intensiv-Kurse mit rund 81 und im September/Okttober 2020 13 Kurse mit rund 93 Teilnehmer/innen statt. Zudem stellt das Studienkolleg ein jährliches Angebot an ca. 53 studienbegleitenden, allgemeinen Deutschkursen (GER, A1-C1) für insgesamt rund 780 Teilnehmer/innen. Das Angebot wird durch gesonderte Deutschkurse auf Anfrage für KIT-interne Einrichtungen sowie durch TestDaF-Vorbereitungskurse erweitert. Des Weiteren unterstützte das Studienkolleg 2020 ca. 38 Geflüchtete im Rahmen des DAAD-Programms INTEGRA in Propädeutika und in Deutschkursen.

Das Berichtsjahr 2020 wurde auch beim **Sprachenzentrum** von der Corona-Pandemie geprägt. Sowohl im Winter- wie auch Sommersemester wurden sämtliche Sprachkurse digital angeboten - was aber der Nachfrage der Studierenden nach Erwerb einer neuen bzw. Niveausteigerung in einer bereits bekannten Fremdsprache keinen Abbruch tat. Zwar wurde vielfach bedauert, dass die Kurse nicht in der kommunikativeren Präsenzform abgehalten werden konnten, jedoch waren sowohl die Dozent/innen wie auch die Teilnehmer/innen positiv überrascht, wie effektiv online in virtuellen Klassenzimmern gearbeitet werden kann. Die angestammten Prüfungsformate UNICert und DAAD-Test konnten auch 2020 angeboten werden. Das Sprachenzentrum war in den online-Konferenzen von EUCOR und EPICUR präsent.

Das **MINT-Kolleg Baden-Württemberg** unterstützt als zentrale Einrichtung Studieninteressierte sowie Studierende in der Studieneingangsphase am KIT mit einem vielfältigen Kursprogramm und verfolgt somit das Ziel, den Studienerfolg in der Studieneingangsphase zu verbessern. Studieninteressierte können im Sommersemester mit einem ausführlichen propädeutischen Programm ihr Grundlagenwissen auffrischen und sich so auf die Vorlesungen des ersten Semesters vorbereiten. Angehende Studierende nutzen die Vorkurse um neben einer Wiederholung und Vertiefung der schulischen Inhalte ihre Kommilitoninnen und Kommilitonen kennenzulernen und bereits zum Studienbeginn Lerngruppen zu bilden. Für Studierende in den ersten Semestern gibt es eine Reihe von vorlesungsbegleitenden und -wiederholenden Maßnahmen, die sie bei der Vor- und Nachbereitung besonders schwieriger Fachveranstaltungen unterstützen. Im Akademischen Jahr 2020/21 hat das MINT-Kolleg 127 Kurse angeboten und rund 5570 Kursteilnahmen verzeichnet. Die Kurse fanden aufgrund der Pandemie im digitalen Format mit sowohl synchronen Unterrichtsanteilen in Echtzeit als auch asynchronen Anteilen (Videos, Skripte etc.) statt. Die rasche Umstellung auf digitale Formate und die Anpassung der Konzepte wurde von den Studierenden sowohl in den einzelnen Lehrveranstaltungsevaluationen als auch im Rahmen der Studieneingangsbefragung sehr positiv bewertet. Zugleich attestierten die Studierenden den MINT-Kursen auch 2020 eine hohe Wirksamkeit im Hinblick auf die Erleichterung des Studieneinstiegs sowie auf die Schließung von Wissenslücken. Neben den Lehrtätigkeiten arbeitete das MINT-Kolleg auch 2020 an den bestehenden Kooperationsprojekten mit. Ein wichtiger Meilenstein im Berichtsjahr war die Zertifizierung des Online-Brückenkurses Physik durch die TU9-Allianz im Rahmen einer umfangreichen Qualitätskontrolle. Die TU9 empfiehlt den Physik-Brückenkurs nunmehr als Vorbereitungsmaßnahme vor dem Studium sowie als unterstützendes Angebot während der ersten Fachsemester. Der Brückenkurs Physik wurde im Rahmen einer bun-

desweiten Kooperation des KIT und der Universität Stuttgart mit den Universitäten RWTH Aachen, TU Berlin, TU Dresden, TU Hamburg, Universität Hamburg, HafenCity Universität Hamburg und den Hochschulen FH Aachen, HAW Hamburg und der Hochschule Reutlingen unter Federführung des MINT-Kollegs entwickelt. Zu den Kooperationspartnern zählen seit 2020 auch die TH Mittelhessen und die TH Rosenheim sowie die Ruhr-Universität Bochum. Auch der Online-Mathematik-Brückenkurs, ein Kooperationsprojekt des KIT und der Universität Stuttgart mit der TU Darmstadt, der Leibniz Universität Hannover, der Universität Kassel, der Universität Paderborn und der TU Berlin unter Federführung des MINT-Kollegs konnte im Berichtsjahr weiterentwickelt werden. Inzwischen sind alle Online-Mathematiktests randomisiert und automatisiert, die Nutzer/innen erhalten ein genaues Feedback mit Lernempfehlung zum Bearbeiten des Brückenkurses. Diese Funktion ist im Hinblick auf den Projekterfolg ein wesentlicher Mehrwert, da dadurch fundierte Aussagen zum individuellen Wissensstand gemacht werden können. Zugleich werden den Nutzer/innen automatisiert themenbezogene Empfehlungen zum Bearbeiten des Online-Brückenkurses gegeben. Der persönliche Wissensstand kann schließlich nach der Kursbearbeitung mit thematischen Abschlusstests verifiziert werden. Ende 2020 konnte bei der Kursnutzung eine beeindruckende Marke erreicht werden: Insgesamt 100.000 Studieninteressierte bundesweit haben seit Projektstart den Brückenkurs Mathematik zur Vorbereitung auf ein Studium genutzt. Im Rahmen des Projektes MATeX wurde im Berichtsjahr eine App zur besseren Nutzung und einfacheren Bedienbarkeit veröffentlicht. MATeX, ein Kooperationsprojekt des MINT-Kolleg, KIT und Universität Stuttgart mit der Hochschule Esslingen, ist zugleich eine Software zum automatisierten Erstellen von mathematischen Aufgaben und Lösungen anhand von thematischen Aufgabengeneratoren. Die Software kann sowohl von Dozierenden als auch von Studierenden genutzt werden.

Das Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale (ZAK) ist eine zentrale wissenschaftliche Einrichtung des KIT mit den drei Kernaufgaben Forschung, überfachliche Lehre und Öffentliche Wissenschaft. Zur Theorie und Praxis der Kulturwissenschaft werden unterschiedliche Wissenschaftskulturen und Ausprägungen der Öffentlichen Wissenschaft erforscht, sowohl in der Gegenwart (Science Communication) als auch in diachroner und aus interkultureller Perspektive. Zudem befasst sich die Forschung am ZAK mit inter- und transdisziplinären Studien und Projekten. Basierend auf diesen Aktivitäten entwickelt das ZAK – wissensbasiert und kontextbezogen – überfachliche Qualifikationen für alle Studierenden am KIT (ca. 180 Lehrveranstaltungen und ca. 2.500 Teilnehmer/innen pro Jahr) sowie Veranstaltungen für eine reflektierende, dialogorientierte Öffentliche Wissenschaft (mehr als 20 pro Jahr). Diese Leistungen werden am ZAK erbracht auf der Grundlage des erweiterten Kulturbegriffs und durch eine agile und gezielte Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern innerhalb und außerhalb des KIT. Das ZAK fördert durch seine Aktivitäten und Angebote die fachübergreifende und interkulturelle Bildung, es stärkt den interdisziplinären Austausch am KIT und den Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. Das ZAK erbringt auf diese Weise wichtige Leistungen, um die gesellschaftliche Verantwortung des KIT in Forschung, Lehre und Innovation nachhaltig zu sichern. Das Ziel der Öffentlichen Wissenschaft ist es, Wissenschaftler/innen und Bürger/innen miteinander ins Gespräch zu bringen. Damit macht das ZAK einem interessierten Publikum komplexe Forschungsthemen in verständlicher Form zugänglich und stellt diese zur Diskussion. Ein wichtiges Ziel ist zum einen das „Public Understanding of Science“, d.h. die Öffentlichkeit an der Diskussion über neue Erkenntnisse und die Folgen wissenschaftlichen Handelns zu beteiligen und das dafür grundlegende notwendige kritische Wissen zu vermitteln. Zum anderen sollen umgekehrt entsprechend des Verständnisses einer „Wissenschaft im Dialog“ gesamtgesellschaftliche Fragestellungen und Impulse an die Wissenschaft herangetragen und von ihr erörtert werden. Mit dieser dialogbasierten Kommunikation zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit

übernimmt das KIT auch eine institutionelle Verantwortung für diese Interaktion und ermöglicht die Teilhabe von Bürger/innen an naturwissenschaftlich-technischen und ethischen Fragestellungen sowie an aktuellen gesellschaftspolitischen Debatten. Zugleich wird eine integrative Wirkung innerhalb des KIT und für das KIT in Stadt und Region erbracht.

Hervorzuhebende Veranstaltungen 2020 waren (Auswahl): 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; im Wintersemester 2019/20 zu „Reloaded – Neue Perspektiven auf die Energiespeicherung von morgen“ und im Sommersemester 2020 zu „Fossile Rohstoffe ade! Forschung auf dem Weg in die Bioökonomie“ anknüpfend an das Wissenschaftsjahr 2020 „Bioökonomie“. Mehrere öffentliche Kooperationsveranstaltungen führte das ZAK ebenfalls durch: „Geschichte schreiben: Das Kernforschungszentrum Karlsruhe – Von der Atomeuphorie über die Nuklearkontroverse bis zur Energiewende“: Die zweitägige Veranstaltung mit Diskussionsabend, Vorträge und Diskussion sowie einer Exkursion organisierte das ZAK gemeinsam mit dem Institut für Technikzukünfte, Department für Geschichte, und dem KIT-Archiv. Sie fand statt im Rahmen der „Kleine Fächer-Wochen an Deutschen Hochschulen“ der Hochschulrektorenkonferenz, gefördert vom BMBF. Einen weiteren Vortrags- und Diskussionsabend zu „Ingenieur-Geist und Geistes-Ingenieure: Ansätze zu einer KI-Geschichte“ Vortrag von PD Dr. Rudolf Seising, Forschungsinstitut für Technik- und Wissenschaftsgeschichte, Deutsches Museum München, in Kooperation mit dem Institut für Technikzukünfte (ITZ), Department für Geschichte des KIT. Außerdem veranstaltete das ZAK den Eröffnungsabend der KIT Campustage 2020 mit anschließender Podiumsdiskussion im Rahmen des BMBF-Projektes „KIT-Lehre hoch Forschung“ und seinem Nachfolgeprogramm „KIT-Lehre hoch Forschung-PLUS“ als hybride Onlineveranstaltung. – In der Reihe „KIT im Rathaus“ gab es 2020 corona-bedingt nur einen Abend an dem Forscher/innen, diesmal des KIT-Zentrums Klima und Umwelt, mit dem Thema „Stadt und Klimawandel“ direkte Einblicke in ihre Arbeit gaben. Das ZAK beteiligt sich am Projekt „CuLTURE China – The KIT Competence Network for Innovation in Cultural Learning and Training in a University and Research Environment“ und führte 2020 hierfür u.a. eine Vortrags- und Diskussionsveranstaltungen im Format „Internationales Forum mit Chinabezug“ durch: „Menschenrechte und Diktatur: Neues Sicherheitsgesetz in Hongkong und Chinas Umgang mit Minderheiten in Xinjiang“, Vorträge von Prof. Dr. Dirk Pleiter (Amnesty International e.V.) und Anne Renzenbrink (Reporter ohne Grenzen e.V.). Für die Reihe „World Science Café“ konnte 2020 Dr. Jonathan Ngeh, Global South Studies Center, Universität Köln für einen Vortrag zu „Migration & Human Trafficking in the Global South: Cameroon to the Arab Gulf States“ gewonnen werden. Im World Science Café geben geflüchtete und gefährdete Forschende Einblicke in ihr Forschungsfeld. In Kooperation mit dem International Scholars and Welcome Office (IScO). Die Vortragsreihe ist Teil des Programms im Rahmen der Philipp Schwartz-Initiative. Für das Jahr 2020 zählten alle Veranstaltungen des ZAK knapp 2.000 Gäste

Das **Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt (FTU)** bietet Kurse, Seminare und Praktika für Teilnehmer/Innen unterschiedlicher Vorbildung aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung, aber auch für die breite Öffentlichkeit an. Daneben tritt das Angebot für die interne Fortbildung des KIT, das auf die Bedürfnisse der Mitarbeiter/innen des KIT abgestimmt ist. Insgesamt werden Veranstaltungen zu rund 350 Kursthemen angeboten. Im Berichtsjahr 2020 wurden 622 Kurse mit insgesamt 6777 Teilnehmer/innen durchgeführt. Durch die Corona-Pandemie kam es zu starken Einschränkungen im Kursbetrieb. Kurse mussten verschoben, abgesagt oder mit verminderter Teilnehmerzahl durchgeführt werden. Im zweiten Halbjahr wurden zusätzlich verstärkt Online- und Hybridkurse angeboten. Es kam zu einem Rückgang von knapp 20 Prozent bei der Kursanzahl und bei den Teilnehmern/innen sogar

um über 50 Prozent. Besonders betroffen waren die Angebote für Schüler/innen, da der Schulbetrieb besonders stark eingeschränkt war. Der Anteil externer Teilnehmern/innen lag daher nur bei 74 Prozent im Vergleich zum Vorjahr. Die Einnahmen aus dem externen Kursbetrieb sanken um 30 Prozent und betrugen 1,7 Mio. Euro. Die für 2020 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 nach 2021. Im nächsten Jahr wird im zweiten Halbjahr eine Rückkehr zum Normalbetrieb erwartet. Neue Impulse für den Kursbetrieb durch neue Online und Hybridformate sind ebenfalls zu erwarten.

Das KIT unterstützt durch seinen **Projektträger Karlsruhe (PTKA)** öffentliche Fördermittelgeber bei der Umsetzung von Forschungs- und anderen Fördermaßnahmen. Unsere Auftraggeber sind derzeit insbesondere das (BMBF), das (BMWi), die Ministerien des Landes Baden-Württemberg für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft und für Wissenschaft und Kunst sowie die Bundesgesellschaft für Endlagerung. PTKA hat in 2020 sein Wachstum auf über 150 Mitarbeitende fortgesetzt. Aus wirtschaftlicher Sicht sind zwei Entwicklungen besonders zu betrachten: Gemeinsam mit dem Partner Projektträger Jülich (PTJ) wurde der Vertrag zur Projektträgerschaft für „Ressourcen, Kreislaufwirtschaft, Geoforschung“ gewonnen. Für den PTKA ist dieser Vertrag mit der alleinigen Verantwortung für „Wasser“ und für „Digital Green Tech“ verbunden. Im Vertrag „Forschung für Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ wurden Mehraufwendungen für den Auftraggeber BMBF erbracht, die zu erheblichen Aufwüchsen führten. Unter Ertragsgesichtspunkten hat sich das Jahr 2020 somit als das bislang wirtschaftlich beste des vollständig zusatzfinanzierten PTKA erwiesen. Die Einnahmen lagen insgesamt bei 16,44 Mio. Euro. Damit betreute PTKA in 2020 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 2020 corona-bedingt das ursprünglich geplante Kombiaudit seines Qualitätsmanagementsystems gem. ISO 9001:2015 und seines Informationssicherheitsmanagementsystems gemäß ISO 27001: 2018 auf 2021 verschieben müssen. Stattdessen wurden ein getrenntes Überwachungsaudit für das QMS nach 9001 und eine Überprüfung der Auditbereitschaft nach 27001 durchgeführt und jeweils erfolgreich absolviert. Des Weiteren hat PTKA Vorbereitungen gestartet, um dem 50. Geburtstag des PTKA in 2021 begehen zu können. Wobei jedoch zum Ende 2020 unklar ist, ob und in welchem Rahmen eine Feier in 2021 überhaupt möglich sein kann.

Das **Technik-Haus (TEC)** unterstützt mit seiner Expertise im wissenschaftlichen Gerätebau die Institute und Forscher/innen des KIT. TEC liefert hier individuelle maßgeschneiderte Lösungen für anspruchsvolle Experimente und Versuche. Bedingt durch die Corona-Pandemie hat TEC seine Prozesse und Abläufe sehr schnell an die neue Situation angepasst und konnte so den Betrieb auch im Frühjahr 2020 zu Beginn der Pandemie aufrechterhalten. Das Technik-Haus leistet hier Zuarbeit für verschiedenste Dienstleistungseinheiten des KIT zum Schutz der Mitarbeiter/innen in Bereichen mit Publikumsverkehr oder auch für notwendige technische Ausstattung zur Durchführung des angepassten Betriebs in der Lehre. Eine Herausforderung ergab sich, die Kommunikation zu und mit unseren Kund/innen aus der Wissenschaft, möglichst rasch umzustellen und den persönlichen Kontakt und den bis dato praktizierten Austausch auf ein Minimum zu beschränken oder mit Hilfe anderer Formate, z.B. verstärkter Einsatz von Video-Konferenzen oder bei mobiler Arbeit sicher zu stellen. Trotz anhaltender Pandemie konnten wir unser Auftragsvolumen im Vergleich zum Vorjahr leicht

steigern. Für das Jahr 2021 planen wir, die in 2020 vorübergehend eingestellte Investitionstätigkeit in neue Betriebsmittel, wieder auf zu nehmen.

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 das Zentrum für Information und Beratung (zib) sind für Studierende und Studieninteressierte vor dem Studium, im Studium und nach dem Studium erste Ansprechmöglichkeit. Der Studierendenservice steht Bewerber/innen am KIT, Studierenden und Absolventen/innen zur Verfügung, um alle Prozesse von der Bewerbung bis zur Ausgabe der Abschlussdokumente zu unterstützen. Das Zentrum für Information und Beratung ist für Studieninteressierte die erste Anlaufstelle bei Fragen zur Studienwahl und zur Planung und Organisation des Studiums. Es 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. Die betrifft die Studiengangentwicklung sowie Lehr- und Prüfungsorganisation. Bei der Studiengangentwicklung ist die Beteiligung am internen Akkreditierungsverfahren KIT-Plus-Verfahren hervorzuheben, sowie die Begleitung bei der vorgegebenkonformen Entwicklung und IT-unterstützten Darstellung der Studiengänge. Die Studiengangentwicklung war gemeinsam mit dem Team von SEK-Qualitätsmanagement maßgeblich an der Organisation und Koordination der Reakkreditierung des Qualitätsmanagementsystems für Studium und Lehre beteiligt. Im Februar 2020 fand die Begehung durch eine externe Gutachter/innengruppe statt, die in ihrer abschließenden Stellungnahme dem Akkreditierungsrat empfahl, die Systemreakkreditierung des KIT für weitere acht Jahre auszusprechen. 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 mehreren Arbeitskreisen unterstützte das Team dabei und konnte dazu beitragen, dass es zum WS 20/21 unterschiedliche digitale Prüfungsformate alternativ zu den Präsenzprüfungen eingesetzt werden können. Auch auf digitales Neuland begab sich das zib mit einer rein digitalen Studieninformationswoche. Der normalerweise eintägige Studieninformationstag im November wurde dieses Jahr über eine digitale Messeplattform abgehalten und die Zugriffsmöglichkeiten auf eine Woche verlängert. Das Projekt „Qualityadmission – Master“ (QuadMaster) hat sich zum Ziel gesetzt, die Sichtbarkeit und Attraktivität der Masterstudiengänge des KIT insbesondere in Richtung externer und ausländischer Studierender zu erhöhen und kann im März 2021 erfolgreich abgeschlossen werden.

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, die dortigen arbeitsmedizinischen Vorsorgen übernehmen externe Betriebsärzte/innen. MED betreute 2020 weiterhin diverse Fremdinstitutionen: die am Campus Nord ansässige KTE GmbH mit aktuell ca. 651 Beschäftigten, sowie deren ANÜ-Kräfte und Fremdfirmenmitarbeiter/innen, FIZ Karlsruhe (ca. 250 Beschäftigte) und das EIFER-Institut (ca. 115 Beschäftigte), neu hinzu kam die Betreuung von Mitarbeiter/innen der Fa. Zeiss. Der Vertrag mit JRC Karlsruhe wurde aus Kapazitätsgründen beendet. Am Campus Nord haben die Medizinischen Dienste zudem eine akut- sowie strahlenschutzmedizinische Notfallfunktion, letztere insbesondere auch für Einrichtungen der KTE GmbH und des JRC Karlsruhe. Diese Verpflichtungen und die Funktion

als regionales Strahlenschutzzentrum begründen u.a. den vollkontinuierlichen Schichtdienst von MED-Ambulanz. Bei Bedarf organisiert MED-Ambulanz die Weiterleitung an eine Klinik oder Facharztpraxis. Mit dem KIT-eigenen Rettungswagen gab es 2020 auf dem Gelände des Campus Nord 49 Einsätze. MED ist am Campus Nord zertifizierte Ausbildungsstelle für betriebliche Ersthelfer/innen. 2020 wurde das Kursangebot Pandemie-bedingt zeitweilig ausgesetzt und konnte nur unter strenger Einhaltung von Hygienevorschriften mit verminderter Teilnehmerzahl wiederaufgenommen werden. Arbeitsmedizinische Vorsorgen und Beratungen als originäre Aufgabe der Arbeitsmedizin konnten weitgehend durchgeführt werden, der notwendige Infektionsschutz für Probanden und medizinische Mitarbeitende erforderten aber gewisse Abstriche im Untersuchungsumfang. Der individuelle Beratungsbedarf für Beschäftigte und Studierende, die in PCB-belasteten Gebäuden im Universitätsbereich eingesetzt sind, war wohl nicht zuletzt auch wegen vermehrtem Homeoffice rückläufig. MED ist weiterhin in die PCB-Arbeitsgruppe unter Leitung von SUM eingebunden. Geplant ist ein Angebot zur „PCB-Vorsorge“ für alle in einem Gebäude der Kategorie Rot tätigen Personen. Betriebliches Gesundheitsmanagement (BGM) wird am KIT durch das Netzwerk Gesundheit entwickelt und durch dessen Teilnehmende umgesetzt. MED ist im Lenkungskreis um VP Personal und Recht vertreten und stellt auf der operativen Ebene gemeinsam mit dem Institut für Sport und Sportwissenschaften die Koordination des Netzwerkes. Ebenfalls wichtiges betriebsärztliches Tätigkeitsfeld sind Beratung und Unterstützung bei der Eingliederung von durch Krankheit oder Behinderung leistungsgewandelten Arbeitnehmer/innen im Rahmen des betrieblichen Eingliederungsmanagements (BEM). Mit Pandemiebeginn richtete das KIT einen Corona-Krisenstab ein, in dem auch die leitende Betriebsärztin vertreten war. Basierend auf Beobachtung der epidemiologischen Lage durch MED und orientierend an RKI-Empfehlungen sowie Verordnungen von Bundes- und Landesbehörden wurden kontinuierlich Maßnahmen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz von Beschäftigten und Studierenden abgeleitet. MED informierte im Intranet über aktuelle Aspekte der Pandemie. Es bestand ein hoher Beratungsbedarf z.B. zu individuellen gesundheitlichen Risikofaktoren, Arbeitsschutzmaßnahmen, Verhalten bei Quarantäne oder bei Rückkehr aus Risikogebieten. Führungskräfte waren aufgefordert, bei einem Infektionsfall im Rahmen ihrer Zuständigkeit Beratung bei MED einzuholen, um so das Kontaktpersonenmanagement zu beschleunigen und Infektionsketten vorzubeugen. MED-Campus Nord konnte für Personen mit verdächtigen Symptomen einen isolierten Behandlungsraum mit getrenntem Zugang einrichten. Mit der Verfügbarkeit von anerkannten Antigen-Schnelltests Ende des Jahres 2020 wurden diese bei definierten Anlässen angewandt. Die Grippeimpfaktion wurde 2020 deutlich stärker als in den Vorjahren nachgefragt (1355 in 2020 gegenüber 1043 in 2019). Um Kontakte zu minimieren, erfolgten die Impfungen erstmals mit vorheriger Terminvergabe, was bei den Teilnehmern sehr gut aufgenommen wurde, da es dadurch kaum Wartezeiten gab.

Das **Toxikologische Labor** der medizinischen Dienste ist behördlich bestimmte Inkorporationsmessstelle für Ausscheidungsanalysen (in vitro-Messstelle) für Baden-Württemberg und Hessen gemäß §169 Strahlenschutzgesetz und akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018. Es führt radiochemische Ausscheidungsanalysen auf Alpha- und reine Betastrahler durch und übermittelt zentral entsprechende Dosisfeststellungen an das Strahlenschutzregister des Bundesamtes für Strahlenschutz für das KIT und weitere Auftraggeber. Die Verbindung der Inkorporationsmessstelle mit den Medizinischen Diensten als regionales Strahlenschutzzentrum für Baden-Württemberg und Hessen und als strahlenmedizinische Weiterbildungs- und Beratungseinrichtung 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 stellte zahlreiche in der DE **Allgemeine Services (AServ)** zusammengefasste Services 2020 vor neue und unerwartete Herausforderungen.

Die Sicherstellung des Basisbetriebes bei gleichzeitiger Reduktion persönlicher Kontakte und Beachtung stringenter Hygieneregeln erforderte neben organisatorischen auch umfangreiche finanzielle Anstrengungen. Das Veranstaltungsmanagement (VAM), das das komplette Portfolio für die Organisation von analogen und digitalen Veranstaltungen abdeckt, zählt zu den besonders betroffenen Abteilungen. Messen, Kongresse und Events, 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 Wissenschaftler/innen, 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 intensiv vorangetrieben. Auf Basis der Empfehlungen eines externen Organisationsgutachtens 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 wird in 2021 abgeschlossen werden. In den 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 auch im vergangenen Jahr weiter vorangetrieben. Dabei steht unter anderem die technische und organisatorische Zusammenführung der Alarmzentralen von Campus Nord und 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 wird. 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 Wechselladefahrzeugen unternommen. Dies steht im Einklang mit den Schlussfolgerungen aus dem in 2020 abgeschlossenen Bedarfsgutachten für die Werkfeuerwehr am Standort Campus Nord. Durch das Gutachten und den im vergangenen Jahr abgeschlossenen Personalaufbau konnten wesentliche Vorgaben des Anerkennungsbescheides für die Werkfeuerwehr erfolgreich umgesetzt werden. Auch in der Aus- und Weiterbildung konnten trotz der ungünstigen Randbedingungen deutliche Fortschritte verzeichnet werden. Als neue Maßnahme zur Nachwuchssicherung begannen 2020 vier Nachwuchskräfte ihre Ausbildung in einer landesweit neuen Berufsausbildung zur Werkfeuerwehrfrau bzw. Werkfeuerwehrmann am KIT. Auch die übrigen Services der DE AServ in der Infrastruktur wie Reinigung, Wäscheservice mit Dekontamination, Hörsaalbetreuung und Medientechnik sowie Mobilitätsthemen wurden von der Corona-Pandemie vor neue Herausforderungen gestellt. Drastisch gestiegene Anforderungen an die Hygiene in allen Liegenschaften des KIT verursachten erheblichen zusätzlichen Aufwand. Darüber hinaus wurde im Verlauf des Jahres eine Ausschreibung durchgeführt in der die kompletten Reinigungsleistungen des KIT zum Jahreswechsel 20/21 neu vergeben wurden. In 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. Wie 2019 sollte der Schwerpunkt der Mobilitätsentwicklung auf dem Thema Verbesserung der CO₂-Bilanz liegen. Insbesondere der corona-bedingte Einbruch der ÖPNV-Nutzung erschwert die Zielerreichung jedoch erheblich. Andererseits ermöglichte vermehrtes

Home-Office und die intensive Nutzung von Videokonferenzen eine deutliche Reduktion des durch Pendelverkehre verursachten MIV an allen Standorten des KIT, so dass in Summe mit einer Reduktion der CO₂ Emissionen gerechnet werden kann.

Zum 01. Juli 2020 wurde strukturelle Änderungen der DE **Facility Management (FM)** umgesetzt. Zum einen wurde die neue DE **Immobilienmanagement (IM)** mit der Steuerung des Immobilienbestandes aller Standorte des KIT, der Flächennutzung und der Finanzierung von Baumaßnahmen gegründet. Des Weiteren wird diese DE die Bauliche Entwicklungsplanung und die Projektentwicklung koordinieren. Zum anderen wurde die neue DE **Planen und Bauen (PB)** gegründet (Details siehe Kapitel 6.1). Diese DE ist für das KIT-seitige Projektmanagement von Bauprojekten zuständig, wirkt mit planerischer und baufachlicher Expertise in der Baulichen Entwicklungsplanung und den Projektentwicklungen mit und ist verantwortlich für die Koordination von Planungsverfahren mit den Behörden im Zusammenhang mit den Bauangelegenheiten des KIT. Die bisherige DE FM nimmt weiterhin die Aufgaben der Ver- und Entsorgung sowie des Gebäudemanagements wahr. Nach der oben erwähnten Neustrukturierung nimmt die DE FM in ihrer neuen Struktur weiterhin überwiegend die operativen Aufgaben in der Bewirtschaftung der Gebäude und Liegenschaften des KIT wahr. Zu diesen Aufgaben zählen das Gebäudemanagement für Gebäude auf allen Campusteilen sowie die Funktion der Zentrale in der Gebäudeleittechnik. Die Ver- und Entsorgungsanlagen erbringen Ver- und Entsorgungsleistungen in erster Linie für die Einrichtungen des KIT am Campus Nord und alle Fremdinstitutionen die sich auf dem Gelände des Campus Nord befinden. Die Sicherstellung aller kritischen Leistungen für den Betrieb der Infrastrukturen unter Corona-Bedingungen, insbesondere der Ver- und Entsorgungsleistungen für die kerntechnischen Einrichtungen der KTE und des JRC, erforderte von allen Mitarbeiter/innen der DE FM hohen Einsatz und Flexibilität. Das Präsidium des KIT hat sich dazu bekannt, die Nachhaltigkeit als zentrales Entwicklungsziel auf allen Ebenen zu verankern. Um dieser Aufgabe auch im operativen Betrieb einen hervorgehobenen Stellenwert einzuräumen wurde in der Leitung der DE FM die Stelle eines/einer Koordinators/Koordinatorin für Nachhaltigkeit geschaffen und besetzt. Die Hauptaufgabe liegt in der Unterstützung der Infrastruktur in der Planung, Entwicklung und Implementierung von nachhaltigen Lösungen in allen Gebieten des operativen Betriebes (Gebäudebetrieb, Ver- und Entsorgungsleistungen, Mobilität etc.) und in der Schnittstelle zwischen Infrastruktur und dem Beauftragten für Klima und Nachhaltigkeit des KIT (KNB). Parallel zur Neustrukturierung der Dienstleistungseinheiten wurden Projekte zur Optimierung des Betriebes vorangetrieben. Die Einführung eines einheitlichen Ticketsystems zur systematisierten Erfassungen und Bearbeitung von Störmeldungen in der Leitstelle des Gebäudebetriebes wurde 2020 umgesetzt. In der nächsten Ausbaustufe, die 2021 realisiert werden soll, wird ein einheitliches CAFM-System implementiert. Ziel ist es, die beiden Altsysteme abzulösen und eine einheitliche Softwareumgebung zu schaffen. Neben der Sicherstellung der zentralen Versorgung mit Strom, Wärme, Trinkwasser, etc. ist die Planung und Umsetzung von Anlagen- und Prozessoptimierungen eine permanente Aufgabe in der Abteilung VEA auf dem Gebiet der Ver- und Entsorgung. In 2020 auch hier Projekte vorangetrieben. Das Projekt „Flex-Kälte“ dient beispielsweise dazu, vorhandene Einrichtungen zur Kälteversorgung besser an den Lastgang der elektrischen Energieversorgung anzupassen um teure Lastspitzen zu vermeiden. Eine wesentliche Voraussetzung ist dabei das genaue Monitoring aller Verbrauchs- und Betriebsdaten. Die dafür erforderlichen Umrüstarbeiten an einer Vielzahl von Messstellen wurde 2020 weiter vorangetrieben. Mit der Gründung der neuen DE „Immobilienmanagement“ zum 01. Juli 2020 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. Das Jahr 2020 war einerseits geprägt durch die interne Organisationsentwicklung (Prozesse, Strukturen, Personal), die im

Jahr 2021 fortgesetzt wird. Inhaltlich wurden in den einzelnen Aufgaben wichtige (Teil-) Ergebnisse erreicht: Im Rahmen der BEP, die sowohl Umsetzung als auch Fortschreibung des Masterplans 2030 darstellt, konnten wesentliche Zwischenergebnisse in den Teilmodulen erzielt werden. Im Modul Bauliche Analyse wurde in Abstimmung mit dem Landesbetrieb Vermögen und Bau Amt Karlsruhe ein Musterportfolio für einen Gebäudeatlas mit insgesamt 30 Gebäuden erstellt, nach diesem die darauffolgende systematische Erfassung aller Gebäude des KIT ausgerichtet ist. Bis Ende 2020 wurden auf dieser Basis bereits ca. 30% der Gebäude des KIT standortübergreifend begangen und in Teilen bereits ausgewertet. Im Modul Flächenbedarfsbemessung wurde die Bemessungsmethodik im Grundsatz entwickelt. Aktuell finden die Validierung der vorliegenden Ergebnisse sowie die bereichsspezifische Anpassung in Abstimmung mit den Bereichen statt. Mit der Diskussion und Entwicklung eines Baulichen Entwicklungskonzepts wurde begonnen. Den Schwerpunkt bildet dabei die Physik im Bereich V, da dringend bauliche Erfordernisse der Physikgebäude am Campus Süd und Campus Nord, eine Neukonzeption der Physik im Rahmen der strategischen Weiterentwicklung des KIT unumgänglich machen. Die Bauliche Entwicklungsplanung wird in Beteiligungsformaten, insbesondere auf Ebene des Präsidiums und der Bereichsleitungen abgestimmt. Externe Stakeholder, wie das Bauressort der Stadt Karlsruhe, wurden den Kommunikationsprozess einbezogen. Der Themenkomplex Nachhaltigkeit wird künftig in einem weiteren vorgesehenen Teilprojekt zur Versorgungsinfrastruktur noch stärker eingebracht. Im Flächen- und Liegenschaftsmanagement stand insbesondere die interne Organisationsentwicklung im Fokus der Aktivitäten. In einem ersten Schritt konnte die Raumvergabeberichtlinie, die Grundsätze für die Zuweisung von Räumen und Flächen am KIT regelt, verabschiedet werden. Es wurde ein Projekt gestartet, um ein einheitliches CAFM-System für das gesamte KIT einzuführen. Mit der Kerntechnische Entsorgung Karlsruhe GmbH (KTE) wurden Gespräche geführt, um die mittel- und langfristigen Flächenbedarfe der KTE auf dem Areal des Campus Nord abzustimmen und in entsprechenden Verträgen zu regeln. Für das Jahr 2020 ist darüber hinaus hervorzuheben, dass im Rahmen von „KIT 2.0“ auf Initiative des MWK Baden-Württemberg eine interministerielle Arbeitsgruppe unter Beteiligung der relevanten Ministerien und nachgeordneten Behörden von Bund und Land einberufen wurde. Aufgabe der „AG Bauverfahren“ ist zu prüfen, inwieweit das vereinfachte Bauverfahren für den Universitätsbereich anwendbar ist. Ein Kick-Off-Treffen fand Anfang Dezember 2020 statt. Ziel ist, bis zum Ende des Jahres 2021 ein einheitliches Bauverfahren für die unterschiedlichen Standorte des KIT zu vereinbaren.

Auf dem Gebiet der Sicherheit des KIT ist die **Stabstelle 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 Stabstelle 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. Für die Fachkräfte für Arbeitssicherheit zeigte sich das Jahr 2020 mit neuen und ungewohnten Herausforderungen. Mit dem Ausbruch des Corona-Virus SARS-CoV-2 trat eine neue Art der Gefährdung der Beschäftigten auf, die bis dahin noch unbekannt war. Bedingt durch die besondere Gefährdungsart mussten die vorhandenen Gefährdungsbeurteilungen ergänzt bzw. angepasst werden. Für einzelne Tätigkeiten wur-

den spezielle Betriebsanweisungen erstellt. Unterweisungen konnten nicht mehr als Präsenzveranstaltungen durchgeführt werden und erfolgten, ebenso wie viele Besprechungen, weitgehend online. Weiterbildungsmöglichkeiten wurden teilweise abgesagt oder auf einen späteren Zeitpunkt verschoben.

Unfallgeschehen: Zur Beurteilung des durchschnittlichen Unfallrisikos eines Versicherten 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 Mitarbeiter/innen werden die Unfallzahlen verschiedener Unternehmen bzw. Einrichtungen vergleichbar. Für das KIT mit ca. 9300 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 2020	Gewerbliche Wirtschaft und öffentliche Hand 2019*
meldepflichtige Betriebs- u. Sportunfälle	4,3	20,97
meldepflichtige Wegeunfälle	2,50	3,61

* Daten der DGUV von 2020 liegen noch nicht vor

Die **Stabsstelle 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 auf den Gebieten 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 umweltrelevante Ereignisse auf der anderen Seite. SUM ist zertifiziert nach DIN EN ISO 9001, ihre Labore sind akkreditiert gemäß DIN EN ISO/IEC 17025. Das Berichtsjahr war unter anderem auch geprägt durch die Corona-Pandemie. Bei der Stabsstelle Sicherheit und Umwelt lag die Leitung des zugehörigen Krisenstabs. 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.

Stabsstelle Zukunftscampus (CAMPUS): Das KIT stellt sich zunehmend nachhaltig auf. Bereits zu Jahresbeginn wurde der „Beauftragte des Präsidiums für Klimaschutz und Nachhaltigkeit (KN-B) des KIT“ bestellt und im weiteren Verlauf des Jahres erfolgte die Abstimmung zu einem Nachhaltigkeitskapitel im kommenden Struktur- und Entwicklungsplan (SEP) des KIT für die Jahre 2022-2026. Auch die Helmholtz-Gemeinschaft sprach sich auf der Mitgliederversammlung am 15. September 2020 mit ihrem Bekenntnis zur nachhaltigen Entwicklung für mehr Klimaschutz in den Zentren der Gemeinschaft aus. Somit unterstützen nunmehr auch übergeordnete Entwicklungen den Prozess zu mehr Nachhaltigkeit am KIT. Für die Liegenschaften des KIT ist weiterhin die Umsetzung des „Integrierten Masterplans

2030 zur nachhaltigen Campusentwicklung“ und dessen Handlungsempfehlungen von großer Bedeutung (s. Immobilienmanagement). Am Campus Süd starteten die beiden Gebäude InformatiKOM 1 und 2, sowie das Lern- und Anwendungszentrum (LAZ) in die Bauphase. Für die Verlagerung der Botanik wurde aufgrund der fortgeschrittenen Projektentwicklung vom Finanzministerium die Ausführungsplanung freigegeben. Am Campus Nord konnte das biochemische Labor- und Verfügungsgebäude fertiggestellt werden. All diese Gebäude tragen zur Erneuerung des Gebäudebestands bei und verringern aufgrund der modernen Gebäudetechnik den CO₂-Ausstoß der Liegenschaften des KIT bedeutend. Zusätzlich werden neben optimalen Arbeitsbedingungen für die Wissenschaft auch die Sicherheit am Arbeitsplatz erheblich verbessert. Ergänzend rückten die Außenräume auf den Standorten mit ihren Verkehrs- und Aufenthaltsflächen zunehmend in den Vordergrund. Corona-bedingt nutzten die Studierenden und Beschäftigten die Außenräume als Treffpunkt und zur Kommunikation. Eine grundsätzliche Nutzungskonzeption unter Einbindung der Machbarkeitsstudie zum 'Fahrradcampus' wurde durch die Stabsstelle begonnen. Eingebunden werden KIT-interne Umfragen zur Nutzung der Außenräume und zum Mobilitätsverhalten am KIT. Besondere Aufmerksamkeit erhielten im Berichtsjahr darüber hinaus betriebliche Aspekte. So befindet sich eine Regelung zur nachhaltigen Durchführung von Veranstaltungen am KIT in der Abstimmung. Des Weiteren konnten die Merchandising-Artikel des KIT weitgehend auf nachhaltige Produkte umgestellt werden. Zudem wurde das Berichtswesen zur Nachhaltigkeit neu gefasst. Zum Stand der Umsetzung der Nachhaltigkeit am KIT wird nach der LeNa-Handreichung kontinuierlich berichtet und im Jahresbericht des KIT wurde seit dem Jahr 2019 ein Kapitel zur Nachhaltigkeit aufgenommen. Ergänzend dazu klärt ein wissenschaftliches Projekt das grundsätzliche Format zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Großforschungs- und Universitätsbereich.

A.7 Vollständige Publikationsliste

Die vollständige Publikationsliste für das Jahr 2020 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: +49 721 608-41133
E-Mail: Zentrenfortschrittsbericht@sek.kit.edu

Herausgeber

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Präsident Professor Dr.-Ing. Holger Hanselka
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
www.kit.edu

Karlsruhe © KIT 2021

