



**HELMHOLTZ-ROADMAP
FORSCHUNGSINFRASTRUKTUREN
2021**

HELMHOLTZ-ROADMAP FORSCHUNGSINFRASTRUKTUREN

LISTE GEPLANTER NEUER FORSCHUNGSVORHABEN 2021

INHALT

Vorwort.....	5
Roadmap-Prozess in der Helmholtz-Gemeinschaft	6
Helmholtz-Roadmap 2015 – Eine Bilanz.....	7
Liste geplanter, neuer Forschungsinfrastrukturen	8
Forschungsbereich Energie	10
Forschungsbereich Erde und Umwelt.....	20
Forschungsbereich Gesundheit	30
Forschungsbereich Information	38
Forschungsbereich Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr.....	44
Forschungsbereich Materie	50
Das Helmholtz-Symposium – Eine Zusammenfassung	64
ANHANG	66
Die Nutzer-Anlagen der Helmholtz-Gemeinschaft	66
Mitglieder der Helmholtz-Gemeinschaft	67
Impressum	68

VORWORT



Die Bearbeitung anspruchsvoller wissenschaftlicher Fragestellungen verlangt angesichts zunehmend komplexer werdender Herausforderungen globaler und gesellschaftlicher Natur vielfach den Einsatz von großen und umfassenden Forschungsinfrastrukturen. Ob Beschleunigeranlagen, detektorbasierte Teleskope, Satelliten, Forschungsschiffe oder Höchstleistungsrechner – oft werden nur mit Hilfe modernster Großforschungsanlagen die Grenzen des Wissens verschoben und wissenschaftliche Fortschritte erzielt. Verbunden damit sind nicht nur tiefere Einsichten in die Geheimnisse und Rätsel der Natur, sondern konkret auch die Entwicklung von technischen Innovationen – von neuen Materialien und Schlüsseltechnologien bis hin zu medizinischen Anwendungen im Bereich von Diagnose- und Therapieverfahren.

Konzeption, Bau und Betrieb großer Forschungsinfrastrukturen bilden ein wichtiges Element der Helmholtz-Gemeinschaft – Deutschlands größte Wissenschaftsorganisation. Die Kooperation mit starken Partnern aus dem nationalen und internationalen Umfeld spielt dabei eine entscheidende Rolle. Der Nutzerbetrieb von Großforschungsanlagen ist ein Paradebeispiel für die Aufgabenteilung im deutschen Wissenschaftssystem und die Kooperation von deutschen und ausländischen Partnern mit der Helmholtz-Gemeinschaft. Forschergruppen aus Universitäten und außeruniversitären Wissenschaftseinrichtungen des In- und Auslands bilden Kristallisationspunkte für große internationale Kooperationen und Netzwerke, die wesentlich dazu beitragen, dass Deutschland als Standort für Forschung und Technologieentwicklung attraktiv ist. Davon profitiert nicht zuletzt der wissenschaftliche Nachwuchs, der an diesen Anlagen die besten Forschungsmöglichkeiten und Chancen auf eine umfassende und optimale Ausbildung erhält. Forschungsinfrastrukturen erzeugen überdies einen erheblichen wirtschaftlichen Mehrwert. Zulieferbetriebe und Unternehmen aus Industrie und Wirtschaft stellen sich gemeinsam mit den Beteiligten der Helmholtz-Gemeinschaft den hohen Anforderungen, die an Forschungsanlagen gestellt werden. Auf diese Weise steigern die Forschungszentren der Helmholtz-Gemeinschaft die Innovationskompetenz regional, national und international. Die Verbindung aus herausragenden wissenschaftlichen Persönlichkeiten, kritischer Masse, interdisziplinärer Expertise, hoher Systemkompetenz und exzellenten Forschungsinfrastrukturen schafft besondere Voraussetzungen für erfolgreiche Spitzenforschung.

Im Jahr 2021 jährte sich der Geburtstag des Namenspatrons der Helmholtz-Gemeinschaft zum 200. Mal: Helmholtz hat das Wissenschaftssystem weltweit und nachhaltig geprägt wie kaum eine andere Forscherpersönlichkeit seiner Zeit. Passend zu diesem Jubiläum legt die Helmholtz-Gemeinschaft die aktualisierte Planung ihrer Roadmap zu großen Forschungsinfrastrukturen in ihren Forschungsbereichen vor. Vorausgegangen ist dieser Planung ein umfangreicher Portfolio- und „Foresight“-Prozess der Forschungsbereiche, der die Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Programme für die nächste Dekade nach Durchlaufen einer internationalen Begutachtung reflektiert und einbezieht. Dieser Prozess ist im Fluss: Die Helmholtz-Gemeinschaft sucht dabei den engen Schulterschluss mit ihren Partnern zwischen Grundlagenforschung, Systemanalyse und Technologietransfer in anwendungsnahe Bereiche von Technik und Gesellschaft. Wissenschaftliche Exzellenz der Forschung, strategische Relevanz sowie sichtbare Beiträge für die internationale Wissenschaftsgemeinde sind die Kriterien, an denen sich die Forschungsinfrastrukturen der Helmholtz-Gemeinschaft messen lassen müssen. Im Dialog mit den wissenschaftlichen Partnern und Nutzern soll die Helmholtz-Roadmap für neue Forschungsinfrastrukturen deshalb im Laufes des Jahres 2021 einer kritischen Prüfung unterzogen werden, um thematische Schwerpunktsetzungen, die zeitliche Reihung der geplanten Vorhaben sowie mögliche Lücken auszuleuchten und damit die Nutzerbedarfe und Sichtweisen der strategischen und wissenschaftlichen Partner bestmöglich einzubeziehen. Letztlich soll dies auch dem Zuwendungsgeber Hilfestellung geben, um ausgewogene forschungspolitische Entscheidungen und Weichenstellungen treffen zu können, welche der vorgeschlagenen Forschungsinfrastrukturen in den kommenden Jahren verfolgt werden sollen.

A handwritten signature in black ink that reads "Otmar D. Wiestler". The signature is fluid and cursive, with a long tail extending to the right.

Otmar D. Wiestler
Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft

ROADMAP-PROZESS IN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT

Konzeption, Bau und Betrieb von Großgeräten und komplexen, wissenschaftlichen Infrastrukturen sind Kernelemente der Mission von Helmholtz. Sie ermöglichen es der Gemeinschaft, langfristige Forschungsziele für Deutschland zu verfolgen, um den gesellschaftlichen Anforderungen nachzukommen und die Lebensgrundlagen zu erhalten und zu verbessern. Die Helmholtz-Gemeinschaft stellt ihre Großforschungsanlagen nationalen wie internationalen Partnern für die gemeinsame Forschung zur Verfügung. Die im Rahmen der Helmholtz-Roadmap erstellte Liste geplanter, neuer Forschungsinfrastrukturen benennt diejenigen Vorhaben, die in den kommenden Jahren für die strategische Umsetzung des wissenschaftlichen Portfolios von Helmholtz aus Sicht der Forschungszentren der Gemeinschaft wichtig sind, sowohl für die eigene Forschung als auch die Bereitstellung von exquisiten Infrastrukturen für eine externe Nutzerschaft.

Die Liste der Vorhaben ist Ausgangspunkt für die Entscheidungen zu strategischen Ausbauinvestitionen innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft (Kategorie A) sowie zu Beiträgen zur Nationalen Roadmap (Kategorie B) und europäischen bzw. internationalen Strategien (Kategorie C). Diese Liste beinhaltet Projekte, zu denen in der Regel noch keine Finanzierungsentscheidung getroffen wurde, allerdings Finanzierungskonzepte für Aufbau und Betrieb vorliegen.

Die Liste der Forschungsinfrastrukturen dient als Grundlage für

- Diskussionen der strategischen Planungen mit den Zuwendungsgebern, insbesondere zur Erstellung der Nationalen Roadmap,
- Finanzierungsplanung des Aufbaus und Betriebs der Forschungsinfrastrukturen,
- konkrete Abstimmung mit den Nutzergemeinschaften.

Die Liste ist eingebettet in den Prozess für die Helmholtz-Roadmap. Dieser umfasst zwei Phasen:

PHASE I. Auflistung geplanter, neuer Forschungsinfrastrukturen

Helmholtz-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler bringen Vorschläge ein, die in den Zentren und Forschungsbereichen intensiv diskutiert werden. Im Mittelpunkt steht die Frage, welche Infrastrukturen die Forschung benötigt, um im internationalen Umfeld Nutzerbedarfe zu decken und wissenschaftlich maßgeblichen Einfluss zu erzielen. Diese Diskussion ist eng mit der strategischen Planung des Forschungsportfolios im Rahmen der programmorientierten Förderung verbunden und berücksichtigt die vorhandenen bzw. in der Umsetzung befindlichen Vorhaben und Projekte. Dabei sind die Zeitskalen naturgemäß unterschiedlich: Ein neues Synchrotron bedarf einer längeren Planungs- und Bauzeit als eine Forschungsplattform für die Erdsystemforschung. Grundsätzlich umfasst der Planungszeitraum die nächsten zehn Jahre. Bei allen Vorschlägen spielen nationale

und internationale Aspekte eine wichtige Rolle. Mit den so priorisierten Vorschlägen erstellt die Gemeinschaft eine Roadmap, die eine langfristige Planung von Vorhaben innerhalb der Forschungszentren, der Forschungsbereiche und der Gemeinschaft ermöglichen soll und regelmäßig hinsichtlich aktueller Entwicklungen angepasst werden kann. Die Liste soll als eine möglichst realistische Grundlage für die sich anschließenden Diskussionen mit Forschungspartnern und Zuwendungsgebern zur möglichen Umsetzung der einzelnen Projekte dienen.

PHASE II. Aufnahme von Projekten auf die Helmholtz-Roadmap

Für die Vorhaben aus der Liste werden Anträge oder Design Reports ausgearbeitet und im Helmholtz-Verfahren begutachtet und priorisiert. Die Bewertung folgt einer transparenten Metrik, die das wissenschaftliche Potenzial des beantragten Vorhabens, die strategische Bedeutung für Helmholtz und den Wissenschaftsstandort Deutschland ebenso umfasst wie die technische Umsetzbarkeit, die finanziellen Rahmenbedingungen für Bau und Betrieb und eine „Lifecycle“-Analyse. Große Vorhaben mit einem Investitionsvolumen > 50 Mio. € durchlaufen diese Phase zunächst mit Voranträgen, die bei positiver Bewertung in die nationale Roadmap oder europäische bzw. multinationale Prozesse eingebracht werden.

Um die unterschiedlichen Anträge offen und wissenschaftsbasiert zu beurteilen, hat die Gemeinschaft eine dedizierte FIS-Kommission (Expertenkommission zur Bewertung von Forschungsinfrastrukturen der Helmholtz-Gemeinschaft) mit internen und externen Mitgliedern einberufen, die die Evaluierung der Vorschläge organisiert und den Entscheidungsgremien, d. h. Mitgliederversammlung und Senat, konkrete Empfehlungen für die einzelnen Anträge und ihre Priorisierung unterbreitet.

Mit diesem umfangreichen Prozess stellt die Gemeinschaft sicher, dass die Vorschläge eine Qualität und einen Reifegrad aufweisen, die der avisierten Größe und Bedeutung der Vorhaben gerecht werden.

Die Helmholtz-Gemeinschaft präsentierte in der Vergangenheit bereits zweimal entsprechende Roadmap-Planungen. Die 2011 und 2015 vorgestellten Listen umfassten Vorhaben, die in den Folgejahren in die wettbewerblichen Prozesse innerhalb der Gemeinschaft sowie auf nationaler und europäischer Ebene eingebracht werden konnten und von denen sich nunmehr viele in der Umsetzung befinden. In den Begutachtungen für die vierte Programmperiode unterzogen hochrangig besetzte, internationale Gutachtergruppen auch die Infrastrukturplanung einer kritischen Prüfung. Damit ergibt sich ein guter Zeitpunkt, die Planungen zu bündeln und mit den wissenschaftlichen Partnern aus Universitäten und anderen Forschungsorganisationen auf einem eintägigen Symposium zu erörtern. Als Ergebnis der Diskussion im Laufe des Jahres 2021 liegt diese neue Liste 2021 vor.

HELMHOLTZ-ROADMAP 2015 – EINE BILANZ

Anspruchsvolle, hochkomplexe Großforschungsanlagen, ebenso wie über verschiedene Standorte verteilte zusammenhängende Infrastrukturen bilden ein Markenzeichen der Helmholtz-Gemeinschaft. So betreibt die Gemeinschaft knapp zwei Dutzend Forschungsinfrastrukturen als Nutzer-Anlagen, die von Tausenden von externen Forscherinnen und Forschern für ihre Forschung in Anspruch genommen werden. Durch Ersatz-, Erweiterungs- und Ausbauinvestitionen werden diese Nutzer-Anlagen regelmäßig gewartet, modernisiert und teils auch sukzessive ausgebaut, um den stetig wachsenden Ansprüchen der Wissenschaftsgemeinschaft genügen zu können.

Auch für die eigene Forschung betreibt die Helmholtz-Gemeinschaft diese und weitere Forschungsinfrastrukturen. Darüber hinaus gibt es große internationale Vorhaben, die unter Beteiligung oder in Federführung von Forschungszentren der Helmholtz-Gemeinschaft aufgebaut oder bereits betrieben werden, wie zum Beispiel der European XFEL, der seit 2017 erfolgreich in Betrieb ist, oder auch die Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR), die sich noch im Bau befindet.

Auf der letzten vorgestellten Roadmap aus dem Jahre 2015 präsentierte die Helmholtz-Gemeinschaft zahlreiche neue Planungen, die entweder an existierende Vorhaben anknüpften oder vollständig neue Projekte darstellten. Im Folgenden werden die Projekte kurz benannt, die seitdem tatsächlich realisiert wurden bzw. sich seit 2015 und den Folgejahren in Realisierung befinden:

- Im Forschungsbereich Energie wird der Living Lab Energy Campus (**LLEC**) in Jülich umgesetzt. Ferner ist in Karlsruhe, Jülich und Dresden-Rossendorf die Forschungs- und Versuchsplattform zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und zum Rückbau kerntechnischer Anlagen (**HOVER**) im Aufbau. Im Nachgang der Vorstellung der Roadmap-Planung 2015 wurde überdies an verschiedenen Standorten die Helmholtz Energy Materials Foundry (**HEMF**) realisiert.
- Im Forschungsbereich Erde und Umwelt steht die Modular Observation Solutions for Earth Systems (**MOSES**) kurz vor der Fertigstellung. Im Nachgang der Roadmap-Planung 2015 sind gemeinsam mit dem Forschungsbereich Schlüsseltechnologien überdies Aktivitäten zum High Performance Computing System for Climate and Earth System Modelling in Kooperation mit dem Deutschen Klimarechenzentrum (**DKRZ**) erfolgreich begonnen worden.
- Der Forschungsbereich Gesundheit verfolgt zurzeit eine Reihe von Vorhaben, die sich im Bau befinden bzw. kurz vor Projektabschluss stehen: Das Forschungs- und Entwicklungszentrum für Radiopharmazie (**FER**) in Heidelberg, das Centre for Individualized Infection Medicine (**CIIM**) in Hannover, und das Optical Imaging Center (**OIC**) in Berlin. Im Aufbau befinden sich am Standort München ferner noch das Helmholtz Pioneer Campus (**HPC**) sowie das Enabling Technologies Center (**ETC**).
- Der Forschungsbereich Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr konnte seit der Roadmap-Planung 2015 an Standorten des DLR drei Vorhaben realisieren: Die Forschungsplattform Inflight Systems & Technology Airborne Research (**iSTAR**), das Projekt zur Research Vehicle Next Generation Car (**NGC**) und schließlich den Aufbau des Concurrent Certification Centre (**C-Cube**).
- Im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien beziehungsweise Information sind zahlreiche Vorhaben zur Realisierung gekommen: Das Jülich Short-pulsed Particle and Radiation Centre (**JuSPARC**) ist umgesetzt, ebenso der Projektanteil der Helmholtz-Gemeinschaft am Aufbau der European Facilities in Electron Microscopy (**ER-C**) in Jülich. Auch die Helmholtz Data Federation (**HDF**) steht kurz vor dem Abschluss. Das Karlsruhe Center for Optics & Photonics (**KCOP**) ist noch in Bau. In den vergangenen Jahren hinzugekommen sind ferner noch die Computing-Projekte Infrastructure for the Helmholtz Earth System Science (**Tier-0/1**) und das Helmholtz Quantum Center (**HQC**), beide ebenfalls am Standort Jülich.
- Im Forschungsbereich Materie werden in internationaler Zusammenarbeit die Modifikationen der Detektoren am Large Hadron Collider (LHC) am CERN umgesetzt (**LHC Detector Upgrades**). Der Variable Pulse Length Storage Ring (**BESSY-VSR**) in Berlin ist in der Demonstrationsphase. Schließlich konnte auch die Accelerator Technology Helmholtz iNfrAstructure (**ATHENA**) zur Realisierung gebracht werden. Fertiggestellt wurde überdies der Aufbau der Helmholtz International Beamline for Extreme Fields at the European XFEL (**HIBEF**), ein internationales Vorhaben an der „Freie-Elektronen-Laser“-Anlage, wobei der Rückzug des chinesischen Kooperationspartners allerdings eine Ersatzinvestition erforderlich macht, weswegen das Vorhaben auf der aktuellen Roadmap-Planung nochmals aufscheint.

Die Liste der seit 2015 fertiggestellten oder in Realisierung befindlichen strategischen Ausbauvorhaben zeigt eindrucksvoll die Vielfalt und Dynamik, die mit der Planung und Umsetzung der Forschungsinfrastrukturen verbunden sind.

LISTE GEPLANTER, NEUER FORSCHUNGSINFRASTRUKTUREN 2021

	Vorhaben	Akronym	Helmholtz-Zentrum Koord. & Beteiligung		Kategorie	Realisierung	Invest insg. in Mio €	Davon deutscher Anteil in Mio €	Davon Helmholtz in Mio €
Energie	Geothermal Laboratory in the Crystalline Basement	GeoLaB	KIT	GFZ, UFZ	A	2023 - 2029	49,8	49,8	35
	Bridging the innovation gap in catalyst research for electro-, photo- and thermocatalysis	4D-CAT	HZB	FZJ, KIT	A	2024 - 2027	25,8	25,8	25,8
	High Power Grid Lab	HPGL	KIT		A	2025 - 2030	20	20	20
	Center for Resource Process Intensification and Interface Studies	CeRI ²	HZDR		A	2026 - 2029	16	16	16
	Zentrum für Radioökologie und Strahlenforschung	ZRS	HZDR		A	2027 - 2031ff	28	28	28
	Pilotanlage zur adaptiven Aufbereitung komplexer Rohstoffe	FlexiPlant	HZDR		B	2024 - 2030	66,7	66,7	
	International Fusion Materials Irradiation Facility - Demo Oriented Neutron Source	IFMIF-DONES	KIT		C	2023 - 2031	551	79,5	
Forschungsschiff für Energiesysteme	FSE	DLR		A	2021ff	36	36		
Erde und Umwelt	Marine Umweltrobotik und -sensorik	MUSE	AWI	GEOMAR, Hereon	A	2023 - 2029	46,8	29,7	29,7
	Beobachtungsplattformen für Echtzeitdatenerfassung im terrestrischen System	Terra-Lab	FZJ	AWI, DLR, GFZ, Hereon, KIT, UFZ	A	2024 - 2028	30	30	30
	SMART Cables And Fibre-optic Sensing Amphibious Demonstrator	SAFAtor	GFZ	GEOMAR, Hereon	A	2025 - 2029	300	30	30
	Sensing the Atmosphere	ATMOSense	KIT	AWI, DLR, FZJ, GEOMAR, GFZ, Hereon	A	2026 - 2030	35	35	35
	Urban Environmental Observatories	UrbENO	KIT	FZJ, GFZ, Hereon, UFZ	A	2027 - 2031ff	30	30	30
	Atmosphären- und Klimasatellit	AtmoSat	FZJ, KIT	AWI, GEOMAR, GFZ	B	2023 - 2028	165,5	152,5	
	From sensing to sustainable land use and management	TerraNet	FZJ	AWI, DLR, GFZ, Hereon, KIT, UFZ	B	2024 - 2028	100	54	
	Gravity Recovery and Climate Experiment (mit ICARUS-Nutzlast)	GRACE-I	GFZ	DLR	C	2022 - 2032ff	510,9	211,5	
Gesundheit	Klinisches Forschungsnetzwerk für neurodegenerative Erkrankungen	KFNE	DZNE		A	2023 - 2028	30,6	30,6	30,6
	3R Preclinical Cancer Trial Center	3R PCTC	DKFZ		A	2024 - 2030	35	35	35
	Berlin Cell Hospital	BCH	MDC		A	2025 - 2031ff	48	48	48
	Comprehensive Environmental Health Exposure Center	CEC	HMGU		A	2026 - 2031ff	35	35	35
	Protonentherapie der nächsten Generation: Online-Adaptiv	PT2030	HZDR		A	2027 - 2031ff	35	35	35
	Nationale Allianz für Pandemie-Therapeutika	NA-PATH	HZI		B	2021ff	105	105	

	Vorhaben	Akronym	Helmholtz-Zentrum Koord. & Beteiligung		Kategorie	Realisierung	Invest insg. in Mio €	Davon deutscher Anteil in Mio €	Davon Helmholtz in Mio €
Information	Upgrade der Jülicher Nutzer-Infrastruktur für Quantencomputing	JUNIQ	FZJ		A	2023 - 2025	25	25	25
	In-situ-Innovationsplattform für multifunktionale Materialsysteme	InnoMatSy	Hereon	DESY, FZJ, HZB, HZDR, KIT	A	2024 - 2028	27	27	27
	The Karlsruhe Nuclear Magnetic Resonance facility	KNMR	KIT		B	2024 - 2029	93	93	
	Exascale Supercomputer	ESC	FZJ		C	2022 - 2023	277	277	
Luftfahrt, Raumfahrt u. Verkehr	Satellitenmission zur Überwachung dynamischer Prozesse auf der Erdoberfläche	Tandem-L	DLR	AWI, FZJ, GFZ, UFZ	B	2022- 2030	771	771	
	Forschungsplattform für die Atmosphärenforschung	ASTAR	DLR		B	2024-2029	76	76	
	Campus für Medizin und Informatik in Luft- und Raumfahrt	CMI	DLR		A	2023-2028	43	43	43
Materie	Distributed Detector Laboratory	DDL	DESY	GSI (HI Jena), HZB, KIT	A	2023 - 2027	31,6	31,6	31,6
	Upgrade of the Grid Computing Centres for the HL-LHC	TIER-Upgrade	KIT	DESY, GSI	A	2025 - 2028	33	33	33
	Upgrade der Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III	PETRA IV	DESY	Hereon	B	2023 - 2028	670,8	670,8	
	Dresden Advanced Light Infrastructure	DALI	HZDR		B	2023 - 2029	200	200	
	Berliner Elektronenspeicherring für Synchrotronstrahlung III	BESSY III	HZB		B	2026 - 2031	550	550	
	ACcelerator-Driven multipurpose ion beam Complex	ACDC	HZDR	GSI	B	2024 - 2028	94	94	
	IceCube-Generation 2	IceCube-Gen2	DESY	KIT	C	2024 - 2031	285	40	
	Dark Matter WIMP Search with Liquid Xenon	DARWIN	KIT		C	2025 - 2030	175	44	
	Einstein Telescope, a 3rd Generation Gravitational Wave Detector	ET	DESY	HZDR, KIT	C	2026-2031ff	1736	k. A.	
	Global Cosmic Ray Observatory (GCOS)	GCOS	KIT		C	2028 - 2031ff	390	40	
	Helmholtz International Beamline for Extreme Fields 2.0	HIBEF 2.0	HZDR	GSI	A*	2023 - 2025	28	28	28
Kategorie A	Helmholtz-Projekte, die im wettbewerblichen Verfahren der Helmholtz-Gemeinschaft über die strategischen Ausbauminvestitionen finanziert werden (15 bis 50 Mio. €).								
Kategorie B	Große nationale Projekte der Helmholtz-Gemeinschaft, die auf die nationale Roadmap aufgenommen und mit zusätzlicher Finanzierung durch Projektmittel finanziert werden (> 50 Mio. €).								
Kategorie C	Helmholtz-Beteiligung an internationalen Forschungsinfrastrukturen, die über die nationale Roadmap oder über die nationalen Vertreter in die ESFRI-Liste überführt werden oder sonstige internationale Beteiligungen umfassen.								
A*	Der Aufbau von HIBEF 1.0 am European XFEL ist nahezu abgeschlossen, allerdings macht der Rückzug des chinesischen Kooperationspartners aus übergeordneten Gründen eine Ersatzinvestition erforderlich.								

FORSCHUNGSBEREICH ENERGIE

Profil

Eine klimaneutrale Energieversorgung, die ökonomisch und gesellschaftlich tragbar ist – daran arbeitet der Forschungsbereich Energie. Die Wissenschaftler:innen gestalten die Energiewende in Deutschland mit und treiben auch den nachhaltigen Umbau der Energieversorgung weltweit an: Dafür erforschen und entwickeln sie innovative Wandlungs-, Verteilungs-, und Speichertechnologien und erarbeiten Lösungen für ein sektorenübergreifendes Energiesystem. Der Forschungsbereich entwirft ganzheitliche Konzepte, die alle relevanten Ketten zur Energiewandlung systemisch einbeziehen sowie zukunftssichere technologische Optionen umfassen.

Herausforderungen

Um der vom Menschen verursachten globalen Erwärmung entgegen zu wirken, bedarf es der Dekarbonisierung und des Umbaus des Energiesystems hin zu erneuerbaren Quellen. Hieraus leiten sich prioritäre Herausforderungen für die Forschungsthemen des Forschungsbereichs Energie ab:

- Ein nachhaltiges Energiesystem wird sich durch mehr Dezentralität, höhere Flexibilität sowie die Kopplung der Sektoren Strom, Wärme, Verkehr und stoffliche Ressourcen auszeichnen. Dies erfordert neuartige systemische Forschungsansätze, die technische mit gesellschaftlichen und ökonomischen Aspekten verbinden, zudem die Entwicklung von digitalen Konzepten einer neuen Generation (Energy 4.0) ermöglichen und auch europäische und globale Aspekte einbeziehen.
- Neue Technologien werden entlang der gesamten Wertschöpfungskette benötigt – von der Erschließung der Ausgangsmaterialien und geeigneter Werkstoffe über die Umwandlung, Speicherung und Verteilung der Energie bis hin zu ihrer Anwendung. Die Energieeffizienz muss dabei entlang der gesamten Kette deutlich gesteigert werden. Zugleich gilt es, die Energienutzung in allen Sektoren zu flexibilisieren.
- Der globale Charakter der Klima- und Energiefragen erfordert darüber hinaus auch alternative Lösungsmöglichkeiten für eine langfristige, sichere und klimaneutrale Energieerzeugung wie die Fusion, um technologische Optionen für die Zukunft zu generieren
- Im Bereich der nuklearen Entsorgung und Sicherheit bestehen wesentliche Herausforderungen in der Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle sowie im Rückbau kerntechnischer Anlagen. Da weltweit viele Länder weiterhin auf die Kernenergie setzen, ist die Sicherheit von Kernreaktoren eine weitere Herausforderung.

Strategie

Mit seiner wissenschaftlichen Schwerpunktsetzung in vier Programmen begegnet der Forschungsbereich Energie diesen Herausforderungen: Das Programm Energiesystemdesign (ESD) verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz. Es bündelt systemanalytische, sozialwissenschaftliche und ökonomische Kompetenzen zum Design der Energiesysteme der Zukunft. Neben der Analyse von Energiesystemen stehen auch deren Digitalisierung sowie die Entwicklung von Systemtechnologien im Fokus. Das Programm Materialien und Technologien für die Energiewende (MTET) forscht in einem interdisziplinären Ansatz an Materialien und Technologien zur Energieerzeugung, -wandlung und -speicherung sowie zur Energie- und Ressourceneffizienz. Es entwickelt technologische Optionen für die Energiewende – von den wissenschaftlichen Grundlagen bis zur Anwendung.

Das Programm Fusion (FUSION) erforscht und entwickelt die physikalischen und technischen Grundlagen für Auslegung und Bau eines Fusionskraftwerks. Es ist Teil der europäisch koordinierten und geförderten Fusionsforschung. Im Programm Nukleare Entsorgung, Sicherheit und Strahlenforschung (NUSAFE) werden wesentliche Forschungsarbeiten zu Zwischen- und Endlagerung, zum Rückbau kerntechnischer Anlagen, zur Sicherheit von Kernreaktoren sowie zur Strahlenforschung geleistet.

Entwicklung, Bau und Betrieb von Forschungsinfrastrukturen bilden für die Aktivitäten des Forschungsbereichs Energie eine wesentliche Voraussetzung. Sie machen ihn auch zum gefragten Partner für Forschungseinrichtungen aus aller Welt, für Universitäten im regionalen, nationalen und internationalen Umfeld sowie für Unternehmen und Start-ups.

Infrastrukturplanung

Die Infrastrukturplanung ist entlang der großen Linien der Strategie des Forschungsbereichs ausgerichtet.

Dabei sind für die systemische Forschung im Programm ESD notwendig: Das geplante High Power Grid Lab (**HPGL**), das den Aufbau einer ganzheitlichen Power-Hardware-in-the-Loop-(PHIL)-Testumgebung und in Verbindung mit dem vorhandenen Energy Lab 2.0 die Erprobung in intelligent verknüpften Energiesystemen ermöglicht. Das Forschungsschiff für Energiesysteme (**FSE**) wird zur Demonstration und Erprobung neuer Energiesysteme für maritime Anwendungen dienen.

Im Programm MTET sind für die Technologieentwicklung zur Energiewende entlang der gesamten Innovationskette mehrere neue Forschungsinfrastrukturen erforderlich: Das generische Untertagelabor Geothermal Laboratory in the Crystalline Basement (**GeoLaB**) ist als erster Reservoir-Simulator für Anwendungen mit hohen Fließraten konzipiert und bietet somit

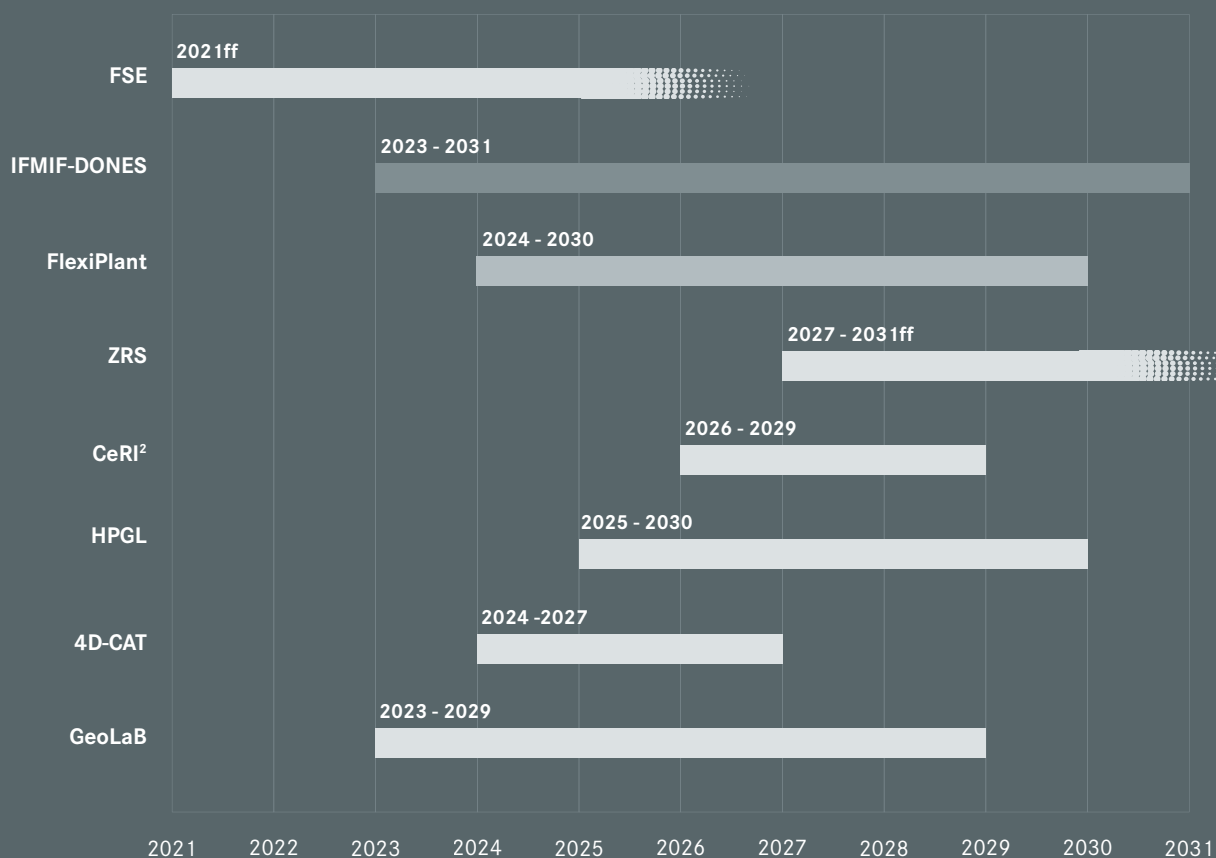
ein weltweites Alleinstellungsmerkmal. **4D-CAT** bietet die Infrastruktur zur Entwicklung von elektro-, photo- und thermokatalytisch wirksamen Funktionsmaterialien in auf Wasserstoff basierenden, CO₂-neutralen Prozessketten zur Herstellung chemischer Zwischenprodukte und Energieträger. Das Center for Resource Process Intensification and Interface Studies (**CeRI²**) wird die Entwicklung von energie- und ressourceneffizienten Technologien zur Wertstoffgewinnung entscheidend voranbringen.

Die Pilotanlage zur adaptiven Aufbereitung komplexer Rohstoffe (**FlexiPlant**) wird in einzigartiger Weise die Entwicklung und Vernetzung adaptiver und flexibler Ressourcentechnologien vorantreiben sowie ihren Transfer in die industrielle Nutzung ermöglichen.

Das Zentrum für Radioökologie und Strahlenforschung (**ZRS**) fördert die Strahlenforschung im Programm NUSAFE und ist auch forschungsbereichsübergreifend aktiv.

Das Programm Fusion wird durch die Beteiligung an der International Fusion Materials Irradiation Facility - Demo Oriented NEutron Source (**IFMIF-DONES**) entscheidend vorangebracht. Denn IFMIF-DONES wird erstmals unter anwendungsnahen Bedingungen Strukturmaterialdaten für einen Fusionsdemonstrationsreaktor liefern und ist somit unabdingbare Voraussetzung für dessen Realisierung.

Geplante Realisierung



Legende:

- A** – Helmholtz-Projekte, die im wettbewerblichen Verfahren der Helmholtz-Gemeinschaft über die strategischen Ausbauinvestitionen finanziert werden (15 bis 50 Mio. €).
- B** – Große nationale Projekte der Helmholtz-Gemeinschaft, die auf die nationale Roadmap aufgenommen und mit zusätzlicher Finanzierung durch Projektmittel finanziert werden (> 50 Mio. €).
- C** – Helmholtz-Beteiligung an internationalen Forschungsinfrastrukturen, die über die nationale Roadmap oder über die nationalen Vertreter in die ESFRI-Liste überführt werden oder sonstige internationale Beteiligungen umfassen.

GEOLAB – GEOTHERMAL LABORATORY IN THE CRYSTALLINE BASEMENT

Kurzbeschreibung

Das generische Untertagelabor für Geothermie GeoLaB ist als erster Reservoir-Simulator für Anwendungen mit hohen Fließraten konzipiert und bietet somit ein weltweites Alleinstellungsmerkmal. Experimente im realen Maßstab adressieren einerseits die Entwicklung von Reservoirtechnologien speziell für die Geothermie, andererseits auch die Bohrlochsicherheit im kristallinen Gestein in der Nähe von geothermischen Hotspots. Dieses Gestein hat weltweit das größte geothermische Potenzial. GeoLaB umfasst einen etwa 1-2 km langen Zugangsstollen zu einzelnen Kavernen in der Nähe von Störungszonen. Auf diesen werden kontrollierte Hochfluss-Experimente in ca. 400 m Tiefe vorgenommen. Die Experimente werden durch Messungen in fächerförmigen Bohrungen kontinuierlich überwacht. Damit wird ein weltweit einzigartiger 4D-Benchmark-Datensatz geschaffen, der thermische, hydraulische, chemische und mechanische Parameter umfasst, ein virtueller Zwilling erlaubt zudem weitere Untersuchungen.

Wissenschaftliche Bedeutung

Mit den geplanten Experimenten sind bei hohen Fließraten erstmalig experimentelle Bestimmungen und der Nachweis in 3D von Hydrodynamik (z. B. Navier-Stokes Gesetze) und Hydromechanik (z. B. Triggerung und Ausbreitung von Mikroseismizität) im geklüfteten kristallinen Grundgebirge auf einer 10-100 m Skala möglich. Ebenfalls erstmalig können dynamische und gekoppelte Prozesse wie z. B. die Variabilität des Spannungsfeldes in Raum und Zeit und THMC-Prozesse experimentell erfasst werden. Der Einsatz und die Entwicklung modernster Beobachtungs- und Auswertemethoden führen zu Erkenntnissen, die für eine sichere und ökologisch nachhaltige Nutzung der Geothermie und des gesamten unterirdischen Raumes von großer Bedeutung sind.

Strategische Bedeutung

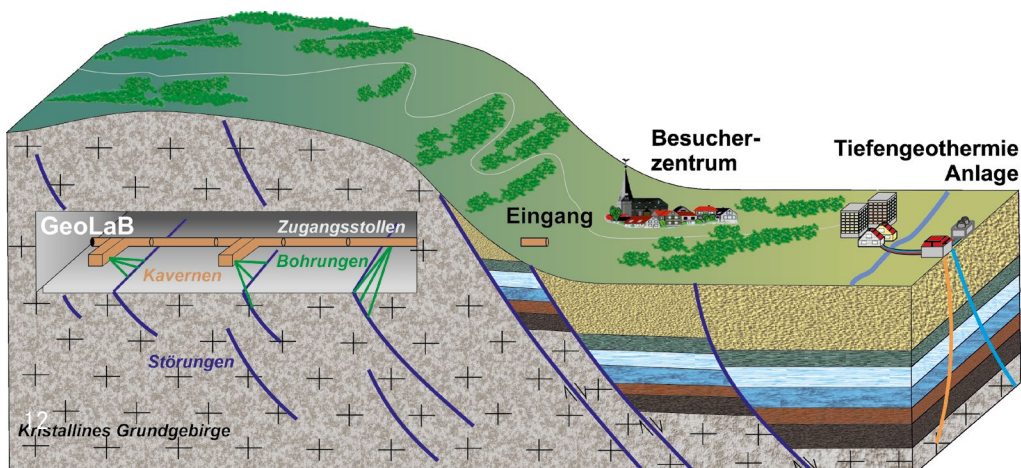
Spitzenforschung für die Energiewende:

- Effizientes und sicheres Management geklüfteter Reservoirs durch kontrollierte Hochflussexperimente zur Entwicklung und Kalibrierung smarter Stimulationstechnologien zur Minderung induzierter Seismizität.
- Multidisziplinäre THMC+ Spitzenforschung und Visualisierungskonzepte durch systematische Experimente zur Charakterisierung von Prozessen auf großer Skala. Dies beinhaltet Big Data-Management, Benchmarking, Kalibrierung und Fortschritte in der numerischen Simulation und Visualisierung von Reservoirs.
- Entwicklung von umweltfreundlichen Strategien für geothermische Installationen mithilfe von Tests der Sicherheitsmaßnahmen von Bohrlochinstallationen unter Reservoirbedingungen mit innovativen Überwachungsmethoden; Entwicklungen neuer Technologien zur Vermeidung von Emissionen oder radioaktiven Ablagerungen.
- Transparente Interaktion mit der Öffentlichkeit durch Partizipationskonzepte bis hin zu Citizen Science.

Daten und Zahlen

Akronym:	GeoLaB
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2023 - 2029
Geschätzte Investition* in Mio. €:	49,8 (35)
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	1,3
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	KIT
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	GFZ, UFZ

*) Davon der Anteil von Helmholtz in Klammern.



4D-CAT - BRIDGING THE INNOVATION GAP IN CATALYST RESEARCH FOR ELECTRO-, PHOTO- AND THERMOCATALYSIS

Kurzbeschreibung

Ein zentrales Element für ein klimaneutrales Energiesystem sind neuartige Prozesstechnologien, die den effizienten und nachhaltigen Einsatz verfügbarer Rohstoffressourcen sicherstellen und den sektorenübergreifenden Einsatz von grünen Wasserstofftechnologien ermöglichen. Für diese Innovations-sprünge ist die Entwicklung aktiver, selektiver und langlebiger Katalysatoren eine weltweit zentrale Aufgabe von Forschung und Entwicklung. Dies adressiert 4D-CAT über einen integrierten Ansatz durch die Verknüpfung folgender Dimensionen: (1) Design from Nano to Makro, (2) Operando, (3) Theory und (4) Lab to Fab. Der zentrale Mehrwert ist die Beschleunigung von Innovationszyklen vom Materialdesign hin zur industriellen Anwendung. Erreicht wird sie über die direkte Rückkopplung der ermittelten funktionellen Eigenschaften in den Katalysator-designprozess, gleichzeitig werden die Skalen von Labor- und Pilotmaßstab verknüpft.

Wissenschaftliche Bedeutung

4D-CAT bietet die Infrastruktur zur Entwicklung von elektro-, photo- und thermo-katalytisch wirksamen Funktionsmaterialien in schwerpunktmäßig auf Wasserstoff basierenden, CO₂-neutralen Prozessketten. Dadurch gelingt die Herstellung chemischer Zwischenprodukte und Energieträger in einem nachhaltigen Energiesystem. Die Skalierung von der mikroskopischen Funktionalität in Katalysatoren zum industriellen Prozess entlang der TRL-Skala wird transdimensional verknüpft durch: (i) Synthesis Process Automation und Agile Scale-up für eine beschleunigte Entwicklung in Richtung industrieller Anwendungen, (ii) Operando-Methoden zum Verständnis und zur Steuerung der Prozesse auf allen relevanten Längen- und Zeitskalen, (iii) High-Throughput-Experimentation sowie (iv) Digital Catalysis. 4D-CAT verknüpft integrativ neueste Synthese- und Processing-technologien mit weltweit führenden Entwicklungen bei der Charakterisierung und nutzt dabei das Potenzial computer-gestützter Methoden. Eine solch ganzheitliche Infrastruktur existiert in Deutschland nicht und ist auch international einmalig.

Strategische Bedeutung

Ein Projekt wie 4D-CAT kann nur von einer führenden Forschungsorganisation mit starkem Infrastruktur-Fokus wie der Helmholtz-Gemeinschaft mit ihren Partnern umgesetzt und betrieben werden. 4D-CAT hat das Potenzial, langfristig eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung von Produktionstechnologien für katalytisch wirksame Funktionsmaterialien einzunehmen. 4D-CAT verbindet außerordentliche Synergien zu neuen bzw. geplanten Maßnahmen der beteiligten Forschungszentren, wie das CatLab-Projekt mit Neubau am HZB, den Neubau des Instituts für Katalyseforschung und -technologie am KIT und des Helmholtz-Instituts Erlangen-Nürnberg sowie das JoLIE Joint Lab am FZJ. Die resultierende wissenschaftlich-technologische Expertise erschließt und stärkt anwendungsnahe Forschungsk Kooperationen mit der Industrie und wird eine Forschungs- und Entwicklungsumgebung für Partner bereitstellen. Dies trägt der übergeordneten Zielstellung Rechnung, den tiefgreifenden Wandel hin zu zukunftsfähigen chemischen Prozessen entscheidend voranzubringen.

Daten und Zahlen

Akronym:	4D-CAT
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2024 - 2027
Geschätzte Investition in Mio. €:	25,8
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	3
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	HZB
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	FZJ, KIT

from nano to
makro

4D-CAT
functionality for
materials

lab to fab

theory

operando

HPGL – HIGH POWER GRID LAB

Kurzbeschreibung

Elektrische Netze werden sich auf allen Spannungsebenen mittel- und langfristig zu vermaschten Netzen entwickeln, die von Leistungselektronik dominiert sind, und die gekennzeichnet sind durch eine dezentrale Erzeugung und Speicherung von Energie sowie einem bidirektionalem Leistungsfluss. Für die Untersuchung des Systemverhaltens der dafür notwendigen elektrischen Betriebsmittel und deren Rückwirkungen auf die elektrischen Netze stellt das High Power Grid Lab (HPGL) eine europaweit einzigartige Forschungs- und Testinfrastruktur im Multi-MW-Bereich zur Verfügung. Durch die Kombination der Echtzeitsimulation und -regelung des Netzes mit der Untersuchung von Netzbetriebsmitteln im Realbetrieb ermöglicht das HPGL den Aufbau einer ganzheitlichen Power-Hardware-in-the-Loop-(PHIL)-Testumgebung. In Verbindung mit dem Energy Lab 2.0 ermöglicht sie so in idealer Weise die Erprobung von Technologien für die Energiewende.

Wissenschaftliche Bedeutung

Ziel des HPGL ist die Erforschung des Systemverhaltens neuartiger Netzbetriebsmittel (z.B. Stromrichter für DC-Netze) in deren möglichst realer Netzumgebung. Diese wird in Kopplung mit der Echtzeitsimulation im Energy Lab 2.0 emuliert. Im Gegensatz zu bereits existierenden oder geplanten Anlagen dieser Art soll dabei auch die Rückwirkung des Betriebsmittels auf das Netz präzise berücksichtigt werden. Nur dann sind realistische Aussagen möglich, ob alle Anforderungen an die Stabilität und Resilienz des Gesamtsystems gewährleistet werden können. Das HPGL ermöglicht damit eine ganzheitliche Betrachtung der Betriebsmittel – von deren Modellierung und Dimensionierung bis hin zum Test der Hardware in realistischen Szenarien.

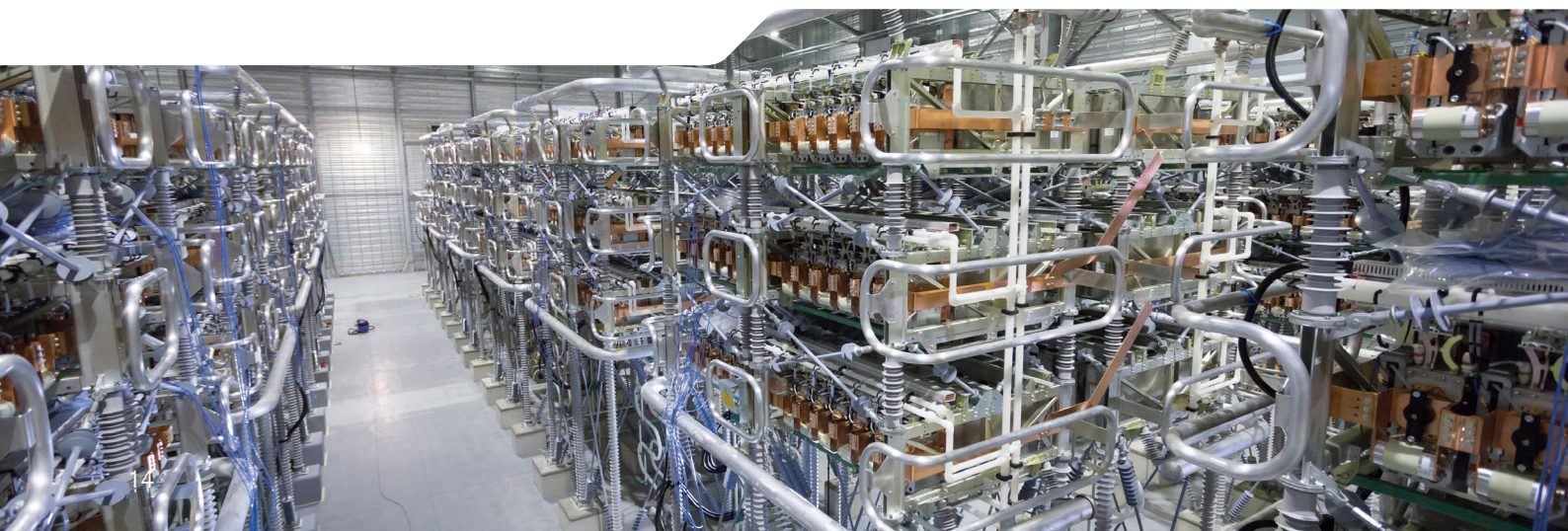
Strategische Bedeutung

Mit dem HPGL kann sich die Helmholtz-Gemeinschaft europaweit an die Spitze solcher Testinfrastrukturen bringen. Dadurch wird die Sichtbarkeit von Helmholtz auf dem Gebiet der Technologien, die für eine erfolgreiche Energiewende notwendig sind, nachhaltig gestärkt.

Die wissenschaftliche Zielsetzung und Ausstattung des HPGL wird vom KIT und seinen Partnern auf Basis der Erkenntnisse im Programm Energy System Design (ESD) geplant und ermöglicht die Untersuchung neuartiger Netzbetriebsmittel im Umfeld zukünftiger Netzstrukturen und Nutzungsszenarien. Mögliche Nutzer des HPGL sind neben Forschungseinrichtungen vor allem Netzbetreiber und Hersteller von Netzbetriebsmitteln.

Daten und Zahlen

Akronym:	HPGL
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2025 - 2030
Geschätzte Investition in Mio. €:	20
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	1,5
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	KIT
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine



CeRI² – CENTER FOR RESOURCE PROCESS INTENSIFICATION AND INTERFACE STUDIES

Kurzbeschreibung

In der Hightech-Strategie der Bundesregierung wie auch der Rohstoffinitiative der EU spielt die ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft eine herausgehobene Rolle. Energieeffiziente Ressourcentechnologien sind hierfür ein Schlüsselement; ihre Weiterentwicklung ist jedoch mit großen Herausforderungen verknüpft. Vielfach werden turbulente Mehrphasenströmungen für die Wertstoffgewinnung genutzt, die aufgrund ihres hohen Feststoff- und Gasgehalts optisch intransparent und damit einer Messung mit klassischen Techniken nicht zugänglich sind. Zentrale Prozesse in solchen Mehrphasenströmungen wie das Anhaften von Wertstoff-Partikeln an Blasen sind daher nach wie vor weitgehend unverstanden. An beiden Problemen setzt CeRI² an. Es untersucht die für die Wertstoffgewinnung relevanten mikro- und mesoskopischen Längenskalen von Mehrphasenströmungen. Es entwickelt Messtechnik für diese Strömungen und Werkzeuge für die Intensivierung von Prozessen. Für die Prozessoptimierung wird stark auf die Einbeziehung von Methoden der Künstlichen Intelligenz gesetzt.

Wissenschaftliche Bedeutung

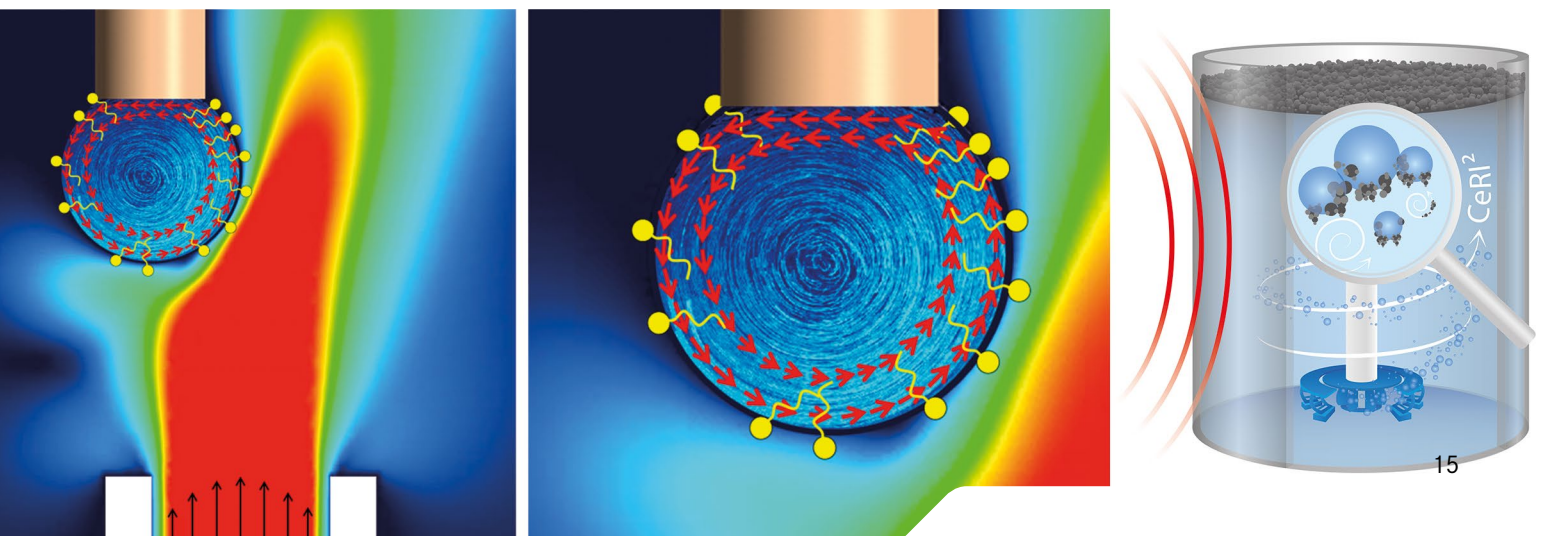
Das Ziel besteht in der Entwicklung von energie- und ressourceneffizienten Technologien zur Wertstoffgewinnung. Ressourcentechnologien basieren auf einer enormen Bandbreite von komplexen physikalisch-chemischen Phänomenen. Die für die Wertstoffgewinnung relevanten Prozesse erstrecken sich über eine Längenskalenhierarchie von zehn Dekaden: von der Partikeloberfläche im Nanometer-Bereich, über die Mikrometerskala charakteristischer Wirbel bis zur Meterskala industrieller Anlagen. Während die Infrastruktur FlexiPlant am Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) sich auf die integrale Wertstoffgewinnung fokussiert, untersucht CeRI² Schlüsselprozesse der Wertstoffgewinnung in turbulenten Mehrphasenströmungen auf mikro- und mesoskopischen Längenskalen. In enger Zusammenarbeit mit dem HIF wird am HZDR damit eine weltweit führende F&E-Kapazität mit vielen Industriekooperationen geschaffen.

Strategische Bedeutung

Mit der durch CeRI² ermöglichten einzigartigen Kombination von High-End-Messtechnik für Prozesse auf allen Längenskalen, angewandt auf flexible, modulare Reaktoren bis zur Umsetzung in den Pilotanlagen des HIF übernimmt das HZDR eine strategisch führende Rolle in Europa und wird konkurrenzfähig zu großen australischen Initiativen. Die Position Sachsens als Rohstoffregion mit starken Partnern in Polen wird signifikant gestärkt, Industriekooperationen werden nachhaltig ausgebaut und erweitert. Das seit 2019 vom HZDR koordinierte EU-Projekt „FineFuture“ zu Breakthrough-Konzepten bei der Feinpartikel-Flotation ist mit acht wissenschaftlichen und acht Industriepartnern eine starke Basis für diesen Anspruch. CeRI² verbindet Grundlagenforschung mit anwendungsorientierter Forschung und Industriekooperationen im Technikumsmaßstab und stärkt so nachhaltig den Transfer in die Industrie.

Daten und Zahlen

Akronym:	CeRI²
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2026 - 2029
Geschätzte Investition in Mio. €:	16
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	0,3
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	HZDR
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine



ZRS – ZENTRUM FÜR RADIOÖKOLOGIE UND STRAHLENFORSCHUNG

Kurzbeschreibung

Kernanliegen der Radioökologie und Strahlenforschung sind die Erfassung, Erklärung und gesundheitsrelevante Bewertung der Effekte von Radionukliden auf biologische Prozessketten. Die an Biomolekülen gewonnenen experimentellen Daten werden durch quantentheoretische Analysen mittels Molekulardynamik komplementiert. Für noch komplexere Systeme, wie lebende Organismen und mikrobielle Gemeinschaften, werden innovative Kopplungstechniken benötigt, um Radionuklideffekte auf deren Stoffwechsel zu quantifizieren. Das Immunsystem von Pflanzenzellen soll dabei als Modellsystem genutzt werden, um die Stressantworten von Zellen auf Radionuklide (zum Beispiel Bildung von Metaboliten) auf molekularer und zellulärer Ebene zu verstehen.

Wissenschaftliche Bedeutung

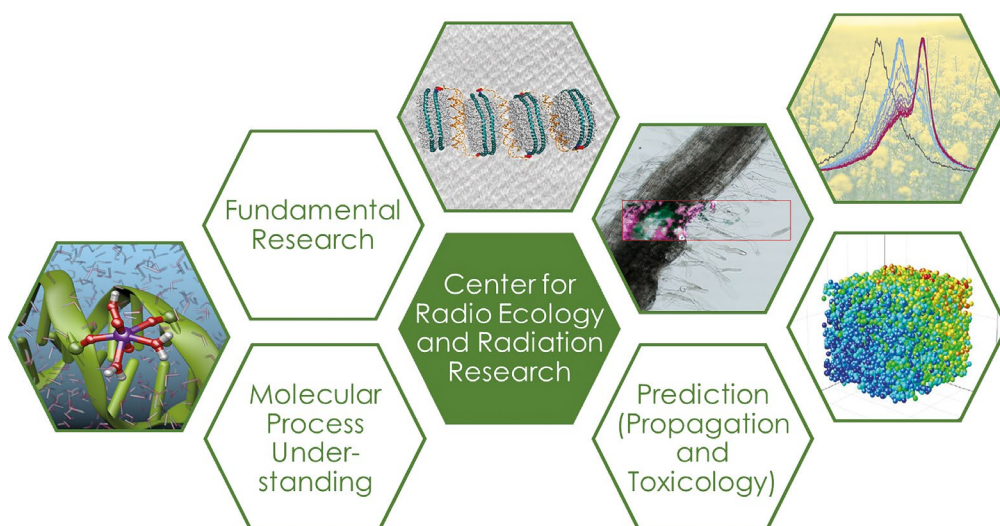
Die Auswirkungen von Radionukliden (RN) auf die Umwelt werden bisher überwiegend mit statistischen Methoden untersucht. Das Zentrum für Radioökologie und Strahlenforschung (ZRS) soll das Thema dagegen über naturwissenschaftliche Grundlagenforschung erschließen und Prozesse auf molekularer und zellulärer Ebene aufklären. Die Aktivitäten der Forschungsbereiche Energie, Materie und Gesundheit am HZDR werden miteinander verbunden, inklusive aller radioaktiven Kontrollbereiche, S1-Labore und der Rossendorf Beamline an der ESRF. Zudem wird durch die angedachte, inhaltlich intensive Zusammenarbeit mit dem UFZ übergreifend wissenschaftliche Expertise aus den Bereichen ‚Erde und Umwelt‘ und ‚Energie‘ zusammengeführt. Dies macht die enormen Vorteile der Interdisziplinarität des Zentrums und der Helmholtz-Gemeinschaft international sichtbar.

Strategische Bedeutung

Das ZRS eröffnet die Möglichkeit, ein wissenschaftliches Feld von großer gesellschaftlicher Relevanz zu besetzen, welches bisher in der Helmholtz-Gemeinschaft nicht vertreten ist. International ist eine Konkurrenzfähigkeit mit dem Studienzentrum für Kernenergie SCK CEN in Belgien und dem französischen Institut für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit IRNS erreichbar, womit Führungspositionen in Verbänden wie der European Radioecology ALLIANCE möglich werden. Die zukunftsorientierten Arbeiten des ZRS sind unabhängig von der Reaktorsicherheits- oder Endlagerforschung und stellen eine Weiterentwicklung des Helmholtz-Programms NUSAFE dar. Forschung zur Auswirkung von Strahlung auf den Menschen und von freigesetzten Radionukliden auf die Umwelt, durch Bergbau, Geothermie oder Unfälle ist absolut notwendig und passt hervorragend zur Mission der Helmholtz-Gemeinschaft.

Daten und Zahlen

Akronym:	ZRS
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2027 - 2031ff
Geschätzte Investition in Mio. €:	28
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	2
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	HZDR
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine



FLEXIPLANT – PILOTANLAGE ZUR ADAPTIVEN AUFBEREITUNG KOMPLEXER ROHSTOFFE

Kurzbeschreibung

Die Schließung von Stoffkreisläufen ist eine der großen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit und die entscheidende Voraussetzung für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft (CE). Nur so können bereits absehbare Engpässe in der Rohstoffversorgung vermieden und der technologische Wandel (u. a. Elektromobilität, digitale Transformation) vorangetrieben werden. Hierfür ist eine neue Generation adaptiver, flexibler und vor allem digitalisierter Aufbereitungsprozesse zu entwickeln, mittels derer es gelingt, alle enthaltenen Rohstoffe (u. a. Seltene Erden) auch aus komplexen Systemen energieeffizient und funktionserhaltend, d.h. möglichst ohne Downcycling, zurückzugewinnen. Die zunehmende Komplexität der global erzeugten Stoffströme stellt dabei eine fundamentale Herausforderung für Ressourcentechnologie-Entwicklungen dar. FlexiPlant ist eine weltweit einmalige Forschungsplattform im Pilotmaßstab (am Ende des Ausbaus bis TRL 6-9), mit der wissenschaftliche Modelle, Methoden und Technologien für jedweden Rohstoffstrom entwickelt und erprobt werden können.

Wissenschaftliche Bedeutung

Drei grundlegende Ziele definieren die wissenschaftliche Bedeutung für FlexiPlant: a) Schließen der Stoffkreisläufe von komplexen Rohstoffen, b) Maximierung der Energie- und Ressourceneffizienz, c) Digitale Transformation der Rohstoffindustrie und damit die drastische Reduzierung des derzeitigen CO₂-Fußabdrucks.

Um diese Ziele zu erreichen, ist ein Paradigmenwechsel in der rohstoffverarbeitenden Industrie erforderlich. Der Weg führt weg von Prozessketten, die in einem einzigen Prozessoptimum variable Einsatzstoffe verarbeiten, hin zu flexiblen, automatisierten und digitalisierten Aufbereitungstechnologien, die jederzeit mit apparativen Neuentwicklungen ergänzt und verschaltet werden können. Die Kombination einer genauen Rohstoffcharakterisierung (Form, Farbe, physikalisch-chemische

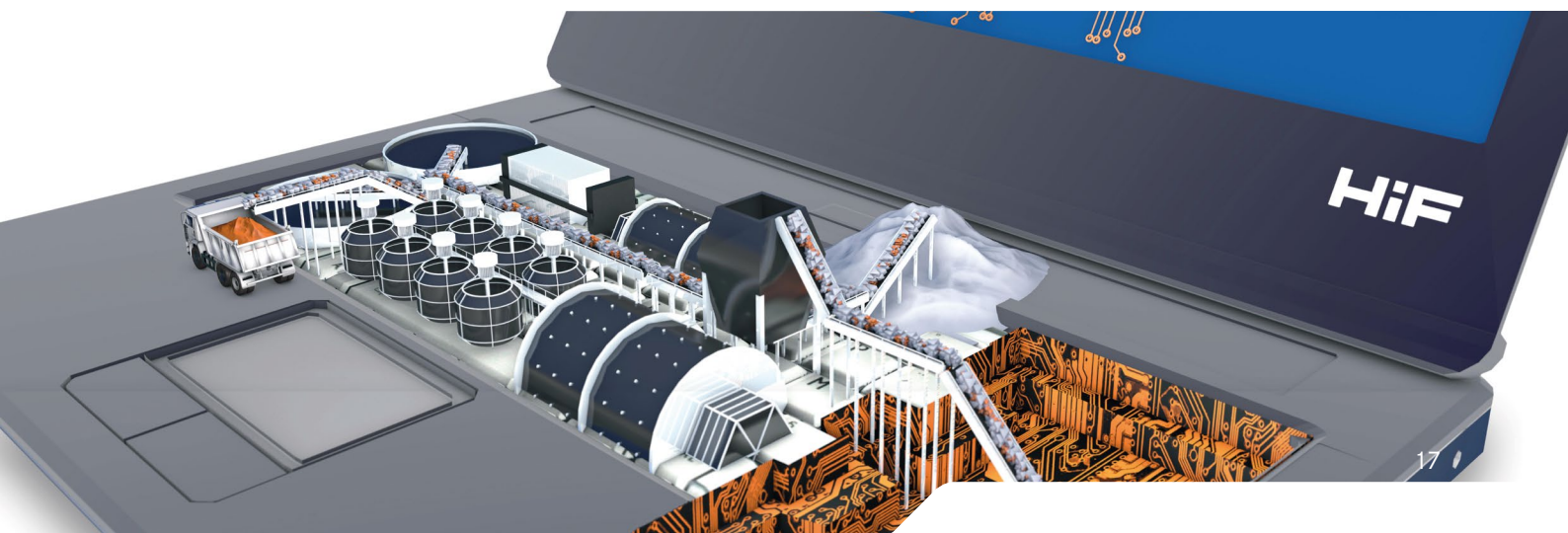
Eigenschaften etc.) mit einer an den spezifischen Stoffstrom ideal angepassten Weiterverarbeitung, ermöglicht eine weitgehend vollständige Rückgewinnung der am Lebensende in den Produkten enthaltenen Rohstoffe, insbesondere auch der Technologiemetalle. Durch die vollautomatisierte Erfassung und (Vor-)Sortierung der Wertstoffströme in der FlexiPlant bereits vor der Weiterverarbeitung beispielsweise im Technikum Metallurgie sollen technologisch bedingte Verluste weitestgehend vermieden und dadurch bis zu 90% der bisherigen Rohstoffverluste dem Stoffkreislauf wieder zugeführt werden.

Strategische Bedeutung

Als einzigartige digitalisierte Infrastruktur im Pilotmaßstab wird FlexiPlant zukünftig ein globaler Anziehungspunkt für Kooperationspartner aus Wissenschaft und Wirtschaft sein. Die Forschungsinfrastruktur verfolgt damit direkt die gesellschaftspolitischen Vorgaben zum Klimaschutz und zur Energiewende. Stichworte sind hier das Energieforschungsprogramm der Bundesregierung sowie der Green Deal der EU, der eine ökologische Wende hin zur Klimaneutralität anstrebt.

Daten und Zahlen

Akronym:	FlexiPlant
Kategorie:	B
Zeitraum der Realisierung:	2024 - 2030
Geschätzte Investition in Mio. €:	66,7
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	2,2
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	HZDR
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine



IFMIF-DONES – INTERNATIONAL FUSION MATERIALS IRRADIATION FACILITY - DEMO ORIENTED NEUTRON SOURCE

Kurzbeschreibung

IFMIF-DONES ist eine beschleunigerbasierte Neutronenquelle mit Intensitätsmaximum bei 14,1 MeV, also der Energie der bei der D-T-Fusion freigesetzten Neutronen. Sie wird der Prüfung, Validierung und Qualifizierung der im Neutronenfeld von Fusionsreaktoren zu verwendenden Werkstoffe dienen, von Grundlagenuntersuchungen und der Bestätigung von Rechenmodellen bis hin zur Qualifizierung von Reaktormaterialien für die nukleare Lizenzierung. IFMIF-DONES ist 2018 auf die europäische ESFRI-Roadmap aufgenommen worden; Vorarbeiten mit EU-Förderung laufen bereits. Ab 2022 wird das Projekt in Granada, Spanien realisiert werden. Es wird erstmals Strukturmaterialdaten unter anwendungsnahen Bedingungen für einen Fusionsdemonstrationsreaktor (DEMO) liefern und ist unabdingbare Voraussetzung für dessen Realisierung. Ein Konsortium, das als Rechtsperson für die Errichtung vor Ort verantwortlich sein wird, wurde am 09. Juni 2021 gegründet.

Wissenschaftliche Bedeutung

Das harte Spektrum von D-T-Fusionsneutronen (14,1 MeV im Vergleich zu <2 MeV in Spaltreaktoren), weist Wirkungsquerschnitte für Kernreaktionen auf, die zu Transmutation und zur Bildung signifikanter Mengen an H und He im Werkstoff führen, und damit zu einer derzeit unbestimmten Degradation im Betrieb. Bisher existiert keine experimentelle Möglichkeit, simultan Neutronenschädigung mit Transmutation in einem relevanten Spektrum zu untersuchen. IFMIF-DONES eröffnet diese Option mittels eines kontinuierlichen Deuteron-Beschleunigers (5 MW), der mit einem rechteckigen Strahlquerschnitt auf ein flüssiges Li-Target trifft und einen Neutronenfluss von $10^{18} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ bei 14 MeV erzeugt.

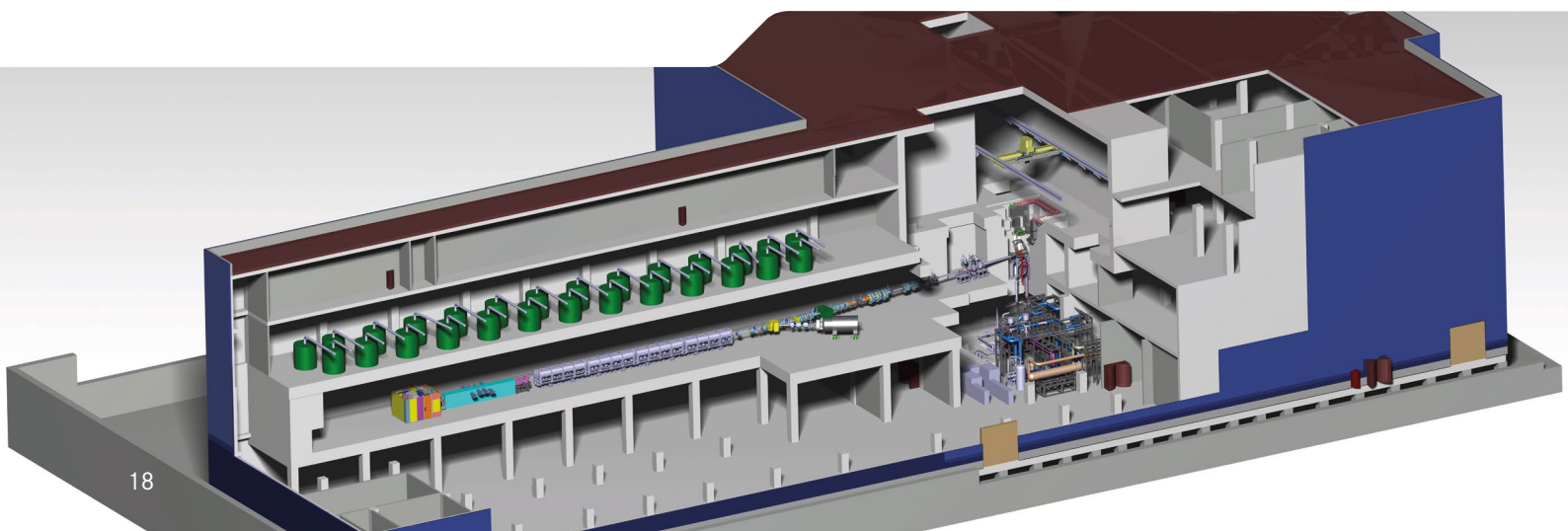
Strategische Bedeutung

Fusion als globales Element der Energiewende wird in internationaler Kooperation vorangetrieben und in Helmholtz als Langfrist-Option verfolgt. Die EUROfusion-Roadmap sieht die Inbetriebnahme eines DEMO-Kraftwerks bis 2050 vor, wobei die Qualifizierung unterschiedlicher Kraftwerksmaterialien bei fusionstypischen Bedingungen in IFMIF-DONES in den 2030er Jahren die Grundvoraussetzung für ein genehmigungsfähiges Kraftwerk schafft. KIT hat bei der Entwicklung von zentralen Elementen wie u. a. der Testeinrichtungen essenzielle Beiträge von hoher internationaler Sichtbarkeit für IFMIF-DONES geleistet, und verfügt über einzigartige Kompetenzen zur Nachuntersuchung und Qualifizierung neutronenexponierter Proben. Die Beteiligung an IFMIF-DONES soll den Zugriff auf solche Proben und somit weiterhin die führende Rolle bei der Qualifizierung von neutronenresistenten Fusionsmaterialien sichern.

Daten und Zahlen

Akronym:	IFMIF-DONES
Kategorie:	C
Zeitraum der Realisierung:	2022 - 2033 (2023 - 2031)
Geschätzte Investition* in Mio. €:	551 (79,5)
Geschätzte Betriebskosten* pro Jahr in Mio. €:	55 (k. A.)
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	KIT
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine

*) Davon der Anteil aus Deutschland in Klammern.



FSE – FORSCHUNGSSCHIFF FÜR ENERGIE-SYSTEME

Kurzbeschreibung

Aufgebaut wird ein weltweit einmaliges Forschungsschiff für Energiesysteme (FSE), das der Demonstration und Erprobung neuer Energiesysteme für maritime Anwendungen dient, inklusive deren Zertifizierung. Zusätzlich werden Sensoren und Aktoren installiert, die für die Entwicklung einer digitalen Steuerung und für die Erprobung des autonomen Fahrens nutzbar sind. Die generierten Daten ermöglichen die Digitalisierung und Visualisierung des Schiffsbetriebs. Abnormale Bedingungen können so schnell, sicher und kostengünstig erprobt werden.

Das Schiff wird eine See-Zulassung im IMO Register haben. Ein dieselelektrischer Antrieb gewährleistet stets das sichere Fahren. Das Forschungsschiff kann mehrere 20-Zoll Container in Querrichtung aufnehmen. Diese enthalten neu entwickelte Elektrosysteme, die Energie als Ersatz der standardmäßigen Energieversorgung des Schiffes liefern.

Wissenschaftliche Bedeutung

Um den CO₂-Ausstoß des Schiffsverkehrs bis 2050 zu reduzieren und einen wesentlichen Beitrag zur Einhaltung der weltweiten Klimaziele zu leisten, bedarf es der Entwicklung alternativer Energiesysteme. International gibt es bislang kein Forschungsschiff, auf dem unterschiedliche Brennstoffe und Wandlersysteme für die Schifffahrt getestet werden können. Um dies zu leisten ist Forschung und Entwicklung notwendig in den Bereichen

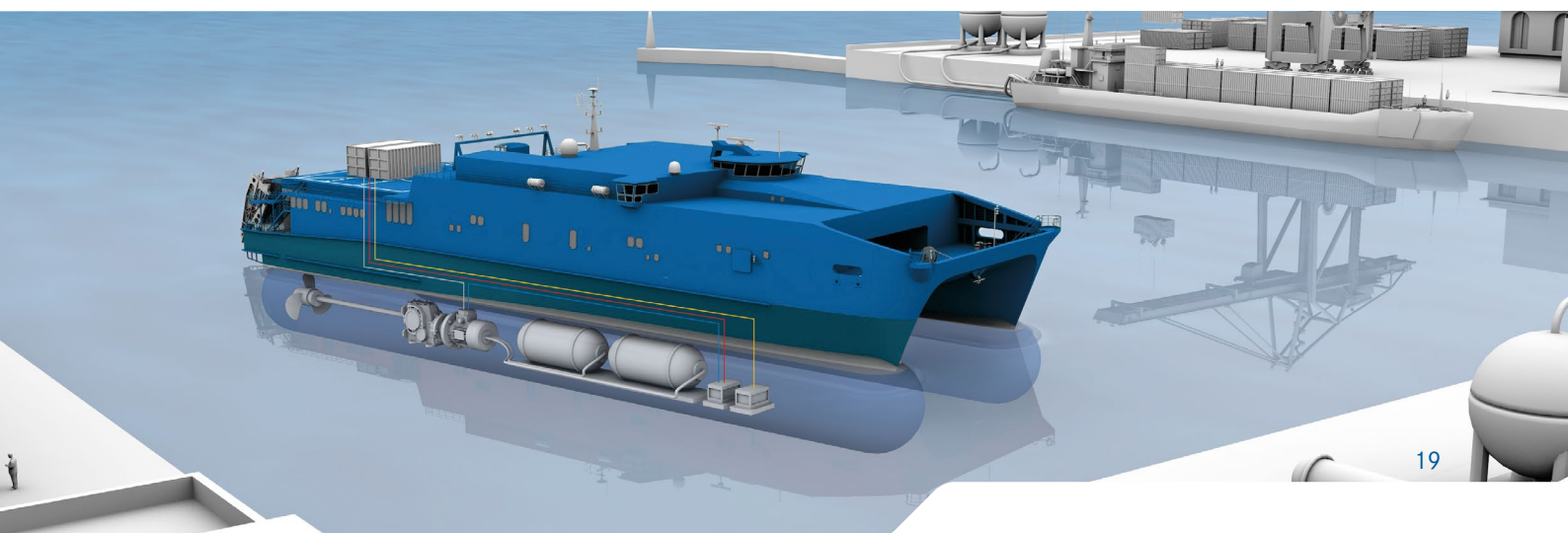
- alternative Brennstoffe, sowie deren Handling, Lagerung und Nutzung,
- Energiekonverter zur Stromerzeugung für elektrische Antriebe,
- Weiterentwicklung von Zwischenspeichern für einen optimierten Betrieb,
- verbesserte Medienversorgungen mit Wärme, Kälte und Strom,
- Sicherheitskonzepte für die Zulassungsfähigkeit.

Strategische Bedeutung

Der CO₂-Ausstoß der Schifffahrt soll nach europäischen Vorgaben bis 2050 auf die Hälfte des heutigen Wertes gesenkt werden. Durch das Forschungsschiff erhalten das DLR und externe Anwender die Möglichkeit ihre entwickelten energieeffizienten Systeme zu testen und zu verifizieren. Dadurch kann die Wertschöpfung bei Ausrüstern und Reedereien im deutschen Schiffsbau unterstützt werden. Die Entwicklung eines autonomen Betriebes soll die Verkehrssicherheit auf dem Seeweg erhöhen. Das Schiff bietet zudem anderen Helmholtz-Zentren die Möglichkeit, Messtechnik für die Küsten- und Meeresforschung.

Daten und Zahlen

Akronym:	FSE
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2021ff
Geschätzte Investition in Mio. €:	36
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	k. A.
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	DLR
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine



FORSCHUNGSBEREICH ERDE UND UMWELT

Profil

Im gemeinsamen Programm Changing Earth – Sustaining Our Future untersuchen die sieben Helmholtz-Zentren des Forschungsbereichs Erde und Umwelt disziplinübergreifend und mit einem systemischen Ansatz die Lebensgrundlagen unseres Planeten. Die drei Teilbereiche des Erdsystems – die terrestrische, marine und atmosphärische Komponente – sind dabei untrennbar in ihren Wechselwirkungen. Die Forschung im gemeinsamen Programm ist daher Kompartiment-übergreifend organisiert.

Diese Aufgaben leisten die Zentren nicht nur durch ihr exzellentes Personal, sondern auch durch ihre modernen Forschungsinfrastrukturen: Sie ermöglichen eine Langzeitüberwachung des Erdsystems. Dadurch dient diese Forschung der nachhaltigen Nutzung der globalen Ressourcen und deren langfristigem Schutz und ermöglicht außerdem das Management von Naturgefahren.

Herausforderungen

Das Ziel des Forschungsbereichs Erde und Umwelt ist es, die komplexen Prozesse des Erdsystems in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft in aller Breite und Tiefe zu durchdringen. Wissenschaftlich herausfordernd sind dabei insbesondere Rückkopplungs- und Verzahnungsmechanismen, die Veränderungen antreiben. Diese Prozesse und mögliche Gefährdungen müssen zeitlich und räumlich sehr viel höher aufgelöst erfasst werden als bisher – und gemeinsam mit ebenso detailliert dokumentierten Treibern und ihren Folgen analysiert werden. Nur so können leistungsfähige Echtzeit-Monitoring-Systeme entwickelt werden, die automatisierte Workflows ermöglichen, zum Beispiel in Frühwarnsystemen. Angesichts der sich erheblich erweiterten technischen Möglichkeiten im Bereich der Erdbeobachtung besteht eine Herausforderung in der digitalen Integration der erhobenen Daten, die in Zukunft ein digitales Kontinuum bilden sollen. Dabei ergänzt zunehmend KI-basierte Analysemethodik die vorhandenen (physischen) Modellsysteme.

Strategie

Wesentliche strukturelle Ziele des Programms Changing Earth – Sustaining Our Future bestehen darin, die Relevanz und den Nutzen von Forschungsinfrastrukturen zu erweitern, um sowohl die Forschung im Programm voranzutreiben, als auch Plattformen zu bieten, die herausragende nationale und internationale Nutzerinnen und Nutzer anziehen. Dies schließt das Angebot und die Analyse von Erdbeobachtungsdaten ein. Die bestehenden und geplanten Infrastrukturen zur Erforschung von Erdsystem und Klima werden künftig einen entscheidenden Beitrag leisten zur hochauflösenden Erfassung, Vorhersage und Bewältigung der globalen Klima- und Umweltveränderungen. Der Transfer der gewonnenen Erkenntnisse in Wirtschaft, Gesellschaft und Politik soll verstärkt werden.

Der Forschungsbereich plant, die bestehenden instrumentellen Infrastrukturen um weitere strategisch komplementäre Sets von Instrumenten zu erweitern. Die drei Kompartimente sollen durch die im Folgenden dargestellten komplementären Forschungsinfrastrukturen in den nächsten Jahren gleichberechtigt in die gemeinsame Dateninfrastruktur eingehen, um so sukzessive eine holistische integrative Dateninfrastruktur aufzubauen.

Infrastrukturplanung

Der Forschungsbereich plant zunächst, das Vorhaben **MUSE** in die Umsetzung zu bringen. Mit MUSE werden neue Methoden der kontinuierlichen und interdisziplinären Beobachtung mit robotischen Systemen sowie dringend notwendige Technologie- und Infrastrukturkapazitäten mit hohem Transferpotenzial bereitgestellt. Exemplarisch für die drei Kompartimente soll zunächst das marine System in die zentrenübergreifende Dateninfrastruktur integriert werden.

Als zweites geplantes Vorhaben ist **Terra-Lab** vorgesehen. Es besteht aus unterschiedlichen Beobachtungsplattformen und ermöglicht die räumlich verteilte Echtzeitdatenerfassung im terrestrischen System. Mit Terra-Lab wird die Helmholtz-Gemeinschaft eine Vorreiterrolle auf dem sich entwickelnden Gebiet der Umweltvorhersage einnehmen und außerdem zur Schaffung einer Bioökonomie beitragen sowie ein klimaschonendes Management von Städten und land- und forstwirtschaftlichen Systemen fördern.

Strategisch anschließend schlägt der Forschungsbereich den Aufbau des globalen Monitoring- und Nutzerzentrums **SAFator** vor. Damit sollen (untermeerische) Telekommunikationskabel als Sensor und Träger für Erd- und Umweltprozesse dienen. Diese Forschungsinfrastruktur ist aufgrund ihres besonderen Innovationspotenzials und der Chance, dabei Industriekooperationen auszubauen, essenziell für die strategische Entwicklung des Forschungsbereichs.

Um einen komplementären Blick auf sämtliche Komponenten des Erdsystems zu erhalten, ist die Umsetzung von **ATMOSense** als modulare und mobile Einrichtung der Atmosphärenbeobachtung geplant. Das kohärente, zentrenübergreifende System soll vorhandene Infrastrukturen zur Atmosphärenbeobachtung integrieren und sich in das Konzept der übergreifenden Dateninfrastruktur einfügen.

Um die Erdsystemforschung gezielter durch die Perspektive der urbanen Umweltbeobachtung zu erweitern, ist das Vorhaben **UrbENO** geplant. Ziel ist der Aufbau urbaner Umweltobservatorien mit Schwerpunkten auf Klima, Wasser, Biodiversität, seismischem Risiko, Luft- und Lebensqualität.

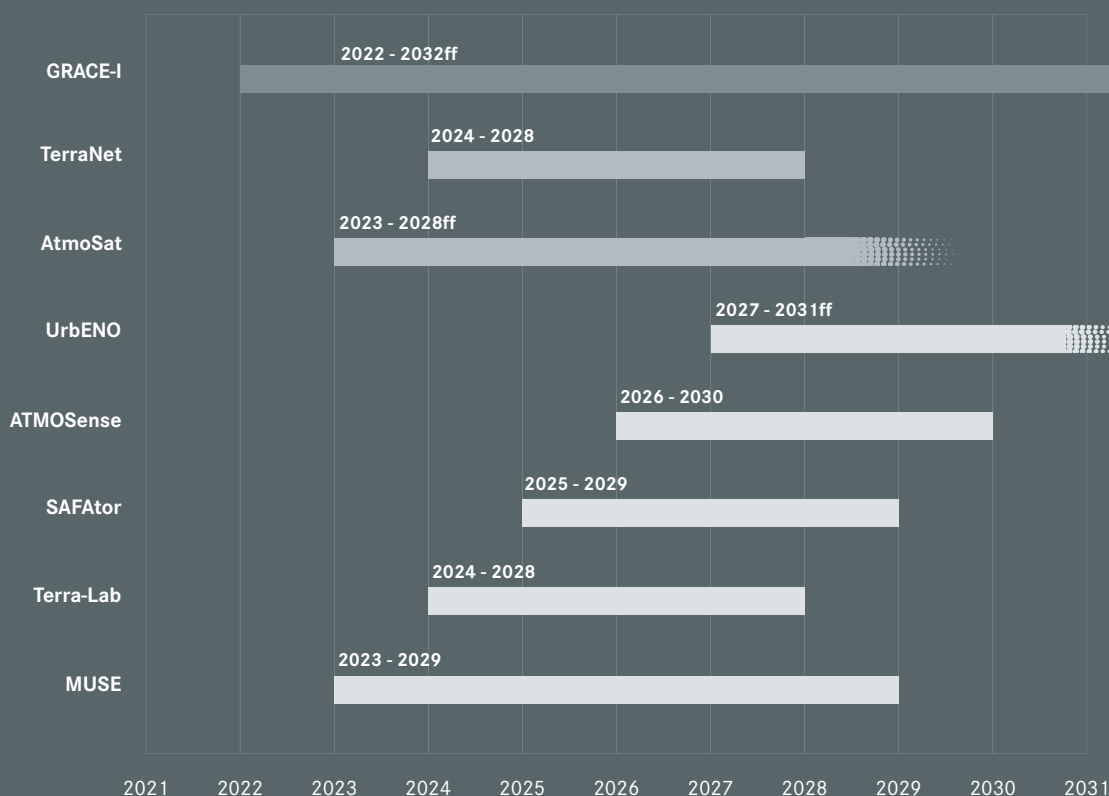
Das vorgeschlagene Vorhaben der Kategorie B namens **AtmoSat** ist wesentlich für die strategische Entwicklung des Forschungsbereichs, da es einzigartige globale Daten der mittleren Atmosphäre (5 bis 100 Kilometer) in 3D liefern wird. Durch AtmoSat kann erstmals der Einfluss der mittleren Atmosphäre auf das globale wie auch regionale Klima sowie das Wetter detailliert erforscht werden. Mit **TerraNet** ist ferner eine räumlich verteilte Infrastruktur geplant, die auf dem Konzept des digitalen Zwillinges basiert. TerraNet wird automatisch Echtzeitdaten über der Landoberfläche sammeln und aggregieren. Damit werden Vorhersagen und langfristige Projektionen möglich.

Mit dem internationalen Vorhaben **GRACE-I** plant die Helmholtz-Gemeinschaft gemeinsam mit der NASA und der Max-

Planck-Gesellschaft eine Satellitenmission zur Vermessung des Schwerefeldes der Erde. GRACE-I soll die Nachfolge der sehr erfolgreichen Satellitenmissionen GRACE und GRACE-FO auf einer deutlich niedrigeren Umlaufbahn antreten. Der Forschungsbereich Erde und Umwelt unterstützt die Durchführung der Mission ausdrücklich, da sich hiermit eine einzigartige technologische und wissenschaftliche Chance für Deutschland bietet.

Zur Weiterentwicklung der deutschen Meeresforschungsflotte ist zudem der Ersatz der Forschungsschiffe Polarstern und POSEIDON geplant.

Geplante Realisierung



Legende:

- A – Helmholtz-Projekte, die im wettbewerblichen Verfahren der Helmholtz-Gemeinschaft über die strategischen Ausbauinvestitionen finanziert werden (15 bis 50 Mio. €).
- B – Große nationale Projekte der Helmholtz-Gemeinschaft, die auf die nationale Roadmap aufgenommen und mit zusätzlicher Finanzierung durch Projektmittel finanziert werden (> 50 Mio. €).
- C – Helmholtz-Beteiligung an internationalen Forschungsinfrastrukturen, die über die nationale Roadmap oder über die nationalen Vertreter in die ESFRI-Liste überführt werden oder sonstige internationale Beteiligungen umfassen.

MUSE – MARINE UMWELTROBOTIK UND – SENSORIK FÜR NACHHALTIGE ERFORSCHUNG UND MANAGEMENT DER KÜSTEN, MEERE UND POLARREGIONEN

Kurzbeschreibung

MUSE wird als strategische Ausbauinvestition der marinen Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft vorgeschlagen, beteiligt sind AWI (Gesamtkoordination), GEOMAR und Hereon. MUSE ist als Meeresinfrastruktur aus robotischen Plattformen und Sensoren der nächsten Generation geplant. In einem zentrenübergreifenden Ansatz soll sie die küstennahen, marinen und polaren Regionen der Erde erforschen und so den synergistischen Ansatz in der vierten Programmperiode verstärken.

Wissenschaftliche Bedeutung

Die steigenden anthropogenen Einflüsse bedrohen die Meeresumwelt auf globaler Ebene – von Küstengewässern bis in die Tiefsee, von den Tropen bis in die Polarregionen. Die Meeresforschung des Forschungsbereichs Erde und Umwelt plant, mit innovativen technischen Lösungen Prozessstudien zu den multiplen Umweltstressoren im Meer zu ermöglichen. Dabei soll auch deren Wirkung auf Leben und Umwelt und die Dynamik komplexer Gemeinschaften in der Wassersäule und dem Meeresboden erforscht werden. MUSE wird: 1) eine strategisch abgestimmte, integrierte Meeresinfrastruktur aus innovativen robotischen Plattformen und Sensoren der nächsten Generation implementieren, 2) dadurch synchrone und standardisierte Messungen in küstennahen, marinen und polaren Regionen der Erde auf einer Vielzahl von Skalen durchführen können und 3) den synergistischen Ansatz der Erdsystemforschung im Programm stärken, um besonders in den drängenden Fragen von Klima-, Meeresumwelt- und Artenschutz wesentliche Informationen zu liefern.

Strategische Bedeutung

Technologische Entwicklungen der Helmholtz Roadmap 2015-2020 werden mit MUSE weiterentwickelt und die nationale Kapazität in mariner Robotik, Sensor-Technologie und in den digitalen Wertschöpfungsketten (u.a. im Global Ocean Observation System) zukunftsfähig gemacht. MUSE wird technologische Stärken von AWI, GEOMAR und Hereon für bestmög-

liche Synergien zusammenführen. Auch weitere nationale und internationale Nutzergruppen werden durch MUSE unterstützt (Exzellenzcluster der Meeresforschung, Max-Planck- und Fraunhofer-Institute). Existierende Kooperationen mit anderen Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft werden durch die Infrastruktur gestärkt. MUSE ist ein zukunftsweisender Baustein in der Umsetzung der deutschen MARE:N/FoNa-Strategie und soll zu einem nationalen Beitrag in der UN-Dekade der Ozeane ausgebaut werden. Besondere Innovationspfade sind in der digitalen Fernüberwachung von Umweltzuständen, Naturschutz und Meeresverschmutzung angelegt wie auch in der optimierten Funktionalität unter extremen Bedingungen im Meer.

Daten und Zahlen

Akronym:	MUSE
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2023 - 2029
Geschätzte Investition* in Mio. €:	46,8 (29,7)
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	4
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	AWI
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	GEOMAR, Hereon

*) Davon der Anteil von Helmholtz in Klammern.



TERRA-LAB – BEOBACHTUNGSPLATTFORMEN FÜR ECHTZEITDATENERFASSUNG IM TERRESTRISCHEN SYSTEM

Kurzbeschreibung

Das Ziel von Terra-Lab ist es, land- und forstwirtschaftliche sowie städtische Gebiete dem Klima entsprechend zu managen. Grundlage dafür ist ein System, das in Echtzeit und räumlich verteilt für die Landoberfläche – vom Grundwasser bis zur Atmosphäre – Daten erfasst und Vorhersagen ermöglicht.

Terra-Lab besteht aus unterschiedlichen Beobachtungsplattformen, die computergestützt die Zustände und Flüsse des Systems Erde beobachten und Vorhersagen treffen. Darauf aufbauend werden Maßnahmen veranlasst und Indikatoren bereitgestellt. Sie dienen zum einen dazu, die Auswirkungen von Extremereignissen wie Starkregen zu steuern und zu mildern. Zum anderen lassen sich dadurch in digitaler Form land- und forstwirtschaftliche Managementpraktiken und -produkte entwerfen. Darüber hinaus werden Datenprodukte für städtische Anwendungen wie Stadtplanung, Anpassung an den Klimawandel und Gesundheitsvorsorge bereitgestellt.

Wissenschaftliche Bedeutung

Terra-Lab ist weltweit der erste Versuch, zwei Konzepte der Erdbeobachtung zusammenzuführen: stationäre, miteinander verbundene Observatorien (Projekt TERENO) werden mit hochflexiblen und mobilen Modulen zusammenarbeiten. Diese sind speziell darauf ausgelegt, die Wechselwirkungen von kurzfristigen Ereignissen und langfristigen Trends im System Erde zu untersuchen (Projekt MOSES). Die Verbindung lässt sich zu einem vollautomatischen und räumlich verteilten Echtzeit-Beobachtungs- und Vorhersagesystem in ganz Deutschland weiterentwickeln. Ziel ist es, die Auswirkungen von Klimaextremen auf das System Erde zu verstehen und vorherzusagen.

Dieser integrierte Ansatz ermöglicht es zum ersten Mal, kontinuierlich Folgenabschätzungen für das Ökosystem bereitzustellen, und zwar zunächst auf nationaler, später auch auf europäischer und globaler Ebene. Das Konzept entwickelt leistungsfähige Klima-, Wirkungs- und integrierte terrestrische Modelle weiter. In Kombination damit werden innovative Produkte im Agrar-, Forst- und städtischen Bereich angeboten.

Strategische Bedeutung

Mit Terra-Lab wird die Helmholtz-Gemeinschaft eine Vorreiterrolle auf dem sich entwickelnden Gebiet der Umweltvorhersage einnehmen und in der Lage sein, weltweite Standards zu etablieren. Novum und Stärke ist dabei das Zusammenführen wichtiger Partner wie Universitäten und Forschungseinrichtungen, Behörden und Interessenvertretern sowie von europäischen Forschungsinfrastrukturen. Terra-Lab ist von zentraler Bedeutung im Programm des Forschungsbereichs Erde und Umwelt und bildet eine wesentliche Plattform für die trans- und interdisziplinäre Zusammenarbeit.

Daten und Zahlen

Akronym:	Terra-Lab
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2024 - 2028
Geschätzte Investition in Mio. €:	30
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	3
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	FZJ
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	AWI, DLR, GFZ, Hereon, KIT, UFZ



SAFATOR – SMART CABLES AND FIBRE-OPTIC SENSING AMPHIBIOUS DEMONSTRATOR

Kurzbeschreibung

Vorgeschlagen wird der Aufbau des globalen Monitoring- und Nutzerzentrums SMART Cables And Fibre-optic Sensing Amphibious Demonstrator (SAFAtor). Das Konzept beruht auf der Zweitnutzung von untermeerischen Telekommunikationskabeln und macht diese durch zwei komplementäre Ansätze zu einem globalen Geomonitor:

- Ausstattung der Repeater mit robuster Sensorik, zunächst ozeanografische Sensoren zur kontinuierlichen, transozeanischen Messung in Echtzeit (Monitor Wasserkörper).
- Verwendung der Glasfaser im Kabel selbst als Sensor, mit Technologien der ortsverteilten Akustik-, Dehnungs- und Temperaturmessung (Monitor Untergrund).

Mit dieser innovativen Kombination sollen bisher teilweise messtechnisch getrennte Bereiche verbunden sowie die großen Lücken in globalen Systemmodellen (Geologie, Klima, Ozeanographie) erstmalig und mit minimiertem Fußabdruck geschlossen werden.

Wissenschaftliche Bedeutung

SAFAtor wird die

- Fähigkeit zur permanenten seismischen Überwachung der Ozeane ermöglichen: komplettierte seismische Bildgebung, Gefährdungsabschätzung, Erdbebenfrühwarnung.
- Zuverlässigkeit, Integrität und Reichweite von seismologischen Warnnetzen erhöhen: Verlängerung der Vorwarnzeiten, Verbesserung der Prognosen und Vorhersagequalität.
- geotechnische Abschätzung von Hangstabilität und Bewegung liefern: zum Beispiel untermeerische Erdbeben als potenzielle Tsunami-Quellen erkennen.
- Quantifizierung klimarelevanter und fundamentaler ozeanischer Größen im Ozean und an den Küsten optimieren, wie Wassermassenumverteilung, Wärmegehalt der Ozeane usw.
- Bereitstellung qualitativ hochwertiger Daten für die satellitengestützte Bodenwahrnehmung und Modellvalidierung liefern.

Strategische Bedeutung

SAFAtor wird kritische Parameter klimatischer und tektonischer Veränderungen routinemäßig überwachen und dazu beitragen, seismische und Tsunami-Gefahren einzudämmen. Dadurch wird das System Leben retten und wirtschaftliche Verluste verringern. Der Demonstrator wird außerdem wertvolle Daten aus einer Zielregion liefern, zum Beispiel dem Mittelmeerraum oder Indonesien. Dieses System soll die Blaupause für kabelgebundene Systeme sein und internationale Anstrengungen für eine globale Instrumentierung einleiten. SAFAtor wird als Nutzer-Anlage mit offener Datenverteilung (Findable/Accessible/Interoperable/Reusable, FAIR) und Nutzerzentrum implementiert.

Daten und Zahlen

Akronym:	SAFAtor
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2025 - 2029
Geschätzte Investition* in Mio. €:	300 (30)
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	1,5
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	GFZ
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	GEOMAR, Hereon

*) Davon der Anteil von Helmholtz in Klammern.

ATMOSENSE - SENSING THE ATMOSPHERE

Kurzbeschreibung

ATMOSENSE ist eine modulare und mobile Infrastruktur zur Atmosphärenbeobachtung. Sie zeichnet sich durch eine bislang unerreichte räumliche und zeitliche Auflösung aus, die den Whole Atmosphere-Ansatz im Programm Changing Earth – Sustaining our Future ermöglicht. Innerhalb der beteiligten Zentren integriert und entwickelt ATMOSENSE die relevanten Infrastrukturen weiter. Im Mittelpunkt stehen dabei neue, teilweise autonom arbeitende Sensorsysteme und eine echtzeitfähige Integration der Datenströme. Durch diese kohärente Beobachtungskapazität können große nationale und internationale Kampagnen der Atmosphärenforschung initiiert und durchgeführt werden. Zudem werden die ATMOSENSE-Daten zur Weiterentwicklung der im Forschungsbereich vorhandenen skalenübergreifenden numerischen Modelle beitragen.

Wissenschaftliche Bedeutung

Zur Entwicklung höchstauflösender Atmosphärenmodelle wird ein vertieftes Verständnis bisher nicht aufgelöster dynamischer, mikrophysikalischer und chemischer Prozesse benötigt. Dazu zählen der turbulente Stofftransport und die hoch-nichtlinearen Wechselwirkungen von Spurenstoffen, Aerosolen, Wolken und Strahlung. Neuartige hochauflösende und autonom arbeitende Sensorsysteme ermöglichen eine bisher unerreichte räumliche und zeitliche Auflösung der relevanten Prozesse und Parameter. Mit Modelldatenfusion wird ATMOSENSE die Vorhersagefähigkeit von Atmosphären- und Klimamodellen verbessern. Neben *In-situ*-Geräten werden hierfür auch Fernerkundungsnetzwerke sowie Minisatelliten und neuartige Sensoren auf Flugplattformen entwickelt.

Strategische Bedeutung

Im Zentrum der aktuellen Strategie des Forschungsbereichs Erde und Umwelt steht die deutlich verbesserte Vorhersage von Klima, Wetter und Luftqualität. Dieser Fortschritt basiert auf einer verbesserten Modell-Abbildung der sich im Zuge des globalen Wandels verändernden Prozesse in der Atmosphäre und der angrenzenden Kompartimente. ATMOSENSE soll hierbei als zentrales Instrument im Forschungsbereich entscheidende Beiträge leisten und damit die führende Rolle der Helmholtz-Atmosphärenforschung auf internationaler Ebene festigen und weiter ausbauen.

Daten und Zahlen

Akronym:	ATMOSENSE
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2026 - 2030
Geschätzte Investition in Mio. €:	35
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	2
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	KIT
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	AWI, DLR, FZJ, GEOMAR, GFZ, Hereon



URBENO - URBAN ENVIRONMENTAL OBSERVATORIES

Kurzbeschreibung

Geplant ist der Aufbau urbaner Umweltobservatorien, die angesichts des globalen Wandels Daten mit den Schwerpunkten Luftqualität, Klima, Wasser, Biodiversität und Lebensqualität erfassen. Ziel ist die langfristige Sicherung und Gestaltung nachhaltiger und resilienterer Städte und des Stadt-Land-Nexus. Mit den Daten soll ein Verständnis der dort ablaufenden Prozesse und Systeminteraktionen mit bisher unerreichter Auflösung erzielt werden. Dadurch können Handlungsempfehlungen bereitgestellt werden, die auf Simulationen und Stadtklimamodellierungen basieren und Themen berühren wie die Mitigation des anthropogenen Klimawandels und anderer Stressoren, die Gewährleistung von Luftqualitätsstandards sowie die Resilienz gegenüber klimatischen Extremereignissen. UrbENO soll eine langfristige Forschungsplattform für die internationale Zusammenarbeit schaffen, was für den Betrieb der Forschungsinfrastruktur unerlässlich ist.

Wissenschaftliche Bedeutung

Urbane Räume sind bedeutende Treiber des globalen Wandels und gleichzeitig besonders vulnerabel gegenüber Extremereignissen, Naturrisiken bzw. Katastrophen und deren gesundheitlichen und ökologischen Auswirkungen. Das übergeordnete Ziel ist, die Resilienz von Bevölkerung und Infrastrukturen gegenüber Umweltrisiken zu stärken sowie die urbanen Räume umweltgerechter und nachhaltiger zu gestalten. UrbENO schafft auf Basis einmaliger und völlig neuartiger Umweltbeobachtungssysteme die Datenbasis zur Ableitung von Entscheidungsgrundlagen, um im urbanen Raum (1) mit Umweltrisiken besser umzugehen, (2) Lebensqualität und Gesundheit zu fördern und (3) neuartige Lösungen für die Sicherung urbaner Ökosystemdienstleistungen und das Infrastrukturmanagement zu entwickeln.

Strategische Bedeutung

Ein koordiniertes, langfristig betriebenes Netzwerk urbaner Observatorien von Umweltveränderungen und Naturrisiken besteht weder in Deutschland noch international. UrbENO beabsichtigt, hier wissenschaftliches Neuland zu betreten, internationale Pionierarbeit zu leisten und die führende Rolle des Forschungsbereichs Erde und Umwelt in diesem Forschungsfeld zu festigen. Die Maßnahme wird es erlauben, in Zukunft internationale Kampagnen der urbanen Forschung sowie Experimentierräume zu initiieren und zu leiten sowie hochauflösende Modelle für städtische Umweltqualität und Klima zu entwickeln. UrbENO als Forschungsinfrastruktur ist eine wesentliche Grundlage für die geplante Querschnittsaktivität *Resilient Cities / Urban Spaces* im Programm Changing Earth – Sustaining our Future.

Daten und Zahlen

Akronym:	UrbENO
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2027 - 2031ff
Geschätzte Investition in Mio. €:	30
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	3,5
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	KIT
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	FZJ, GFZ, Hereon, UFZ



ATMOSAT - ATMOSPHÄREN- UND KLIMASATELLIT

Kurzbeschreibung

Der Satellit AtmoSat erforscht erstmals detailliert, wie die mittlere Atmosphäre zwischen 5 und 100 Kilometern Höhe das globale sowie das regionale Klima und Wetter beeinflusst. Wichtigstes Instrument an Bord ist das IR-Spektrometer GLORIA, mit dem globale 3D-Karten der wichtigsten atmosphärischen Spurengase erstellt werden können, wie Ozon, Methan und Wasserdampf. GLORIA, das von FZJ und KIT entwickelt wurde, misst dabei mit einer bislang unerreichten räumlichen Auflösung. Ein zweites Instrument registriert Signale von Satellitennavigationssystemen und bestimmt sehr genau den Einfluss der Atmosphäre auf die Laufzeiten der Signale. Mit dieser GPS-Radiookkultation lässt sich die globale Temperaturverteilung messen. Außerdem kommt ein Heterodyn-Spektrometer für Spurengasmessungen am oberen Rand des Messbereichs zum Einsatz.

Wissenschaftliche Bedeutung

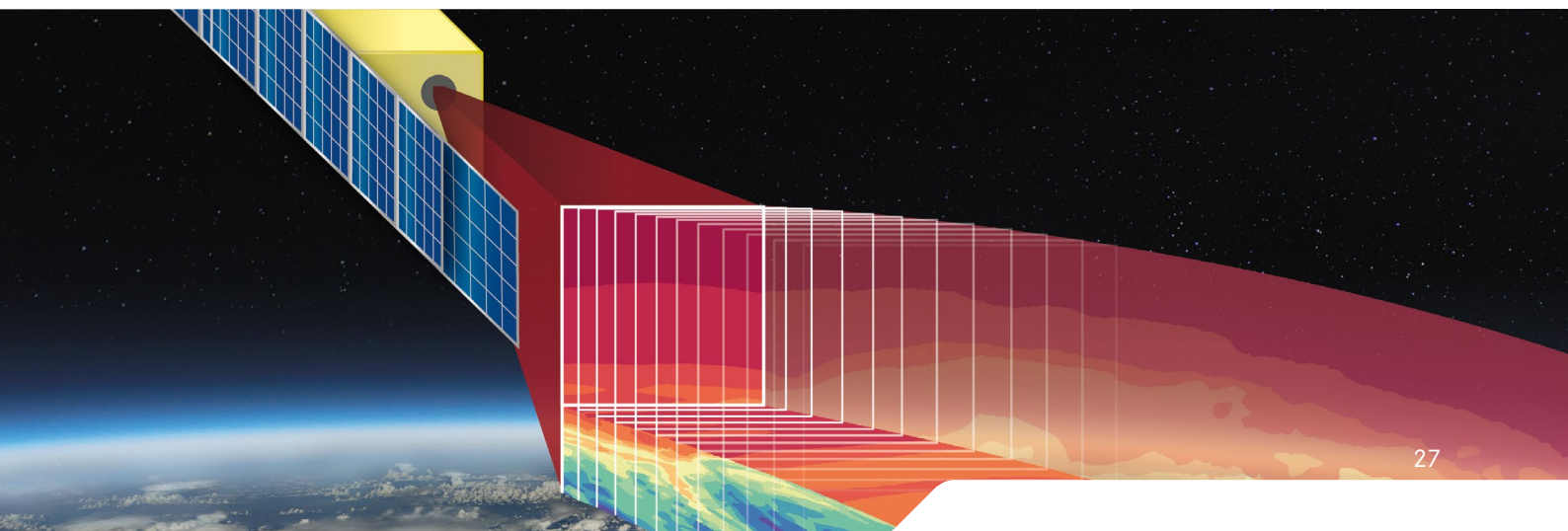
Der Wissenschaftsrat für die Nationale Roadmap für Forschungsinfrastrukturen hat 2017 das wissenschaftliche Potenzial von AtmoSat als „einzigartig“ bewertet. Die von AtmoSat gelieferten Daten werden mittel- und langfristige Wetter- und Klimavorhersagen maßgeblich verbessern. Insbesondere erfasst AtmoSat erstmals quantitativ Kopplungen zwischen der Stratosphäre und Troposphäre, die sich auf unser regionales Klima auswirken. Das Projekt sei „hochgradig relevant für die weitere Erforschung der fundamentalen Atmosphärendynamik, des Klimawandels und der Maßnahmen zu seiner Vermeidung“, urteilte der Wissenschaftsrat. Die weltweite Community der Atmosphärenforschung unterstützt AtmoSat.

Strategische Bedeutung

Als disruptive Infrastruktur erlaubt AtmoSat einen neuartigen Zugang zu klimarelevanten Fragen und Prozessen. Die gewonnenen Daten werden weltweit sehr stark beachtet werden. Etwa 80 Prozent der Nutzer:innen sind Forscher:innen, beispielsweise aus dem World Climate Research Programme oder dem Netzwerk Future Earth. Weitere Nutzer:innen sind aus dem Bereich der Datenassimilation zu erwarten, beispielsweise aus dem Programm Global Climate Observing Systems und vom Copernicus Atmosphere Monitoring Service. AtmoSat baut die Rolle Deutschlands in der Klima- und Atmosphärenforschung maßgeblich aus. FZJ und KIT verfügen über eine einzigartige wissenschaftlich-technische Expertise für Aufbau und Betrieb von AtmoSat.

Daten und Zahlen

Akronym:	AtmoSat
Kategorie:	B
Zeitraum der Realisierung:	2023 - 2028
Geschätzte Investition in Mio. €:	165,5
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	1
Federführende Helmholtz-Zentren:	FZJ, KIT
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	AWI, GEOMAR, GFZ



TERRANET – FROM SENSING TO SUSTAINABLE LAND USE AND MANAGEMENT

Kurzbeschreibung

TerraNet ist eine räumlich verteilte Infrastruktur, die automatisch und in Echtzeit Daten über die Landoberfläche vom Grundwasser bis zur Atmosphäre und von der Küste bis ins Gebirge erheben und zusammenführen wird. Sie ermöglicht Vorhersagen und langfristige Projektionen. Für land- und forstwirtschaftliche Gebiete sowie für naturnahe Räume in Städten lassen sich dadurch Managementstrategien entwickeln, mit denen sich Starkregen, Dürren und andere negative Folgen des Klimawandels beschränken lassen: entweder durch vorbeugende Maßnahmen oder durch das Mildern der Effekte. TerraNet ebnet dabei auch den Weg zu digitalen Vorhersage-Produkten für das land- und forstwirtschaftliche Management. Zusätzlich werden die TerraNet-Daten zur Nutzung durch die Allgemeinheit freigegeben.

Wissenschaftliche Bedeutung

In der Infrastruktur TerraNet werden aktuelle Systeme der terrestrischen Beobachtung zusammengeführt: die räumlich verteilte, stationäre Sensorik (TERENO, ICOS, eLTER, behördliche Messnetze), die mobile Sensorik zur Erfassung kurzfristiger Ereignisse und langfristiger Trends im System Erde (MOSES) und die Fernerkundung. Der integrierte Ansatz von TerraNet ermöglicht es erstmals, kontinuierlich Abschätzungen der Folgen von Ereignissen oder Maßnahmen auf die Umwelt bereitzustellen – zunächst auf nationaler, später auch auf europäischer und globaler Ebene. Dies gelingt, weil mittels der TerraNet-Daten die heutigen numerischen Modelle zur Simulation der terrestrischen Umwelt inklusive des Klimas weiterentwickelt werden können.

Strategische Bedeutung

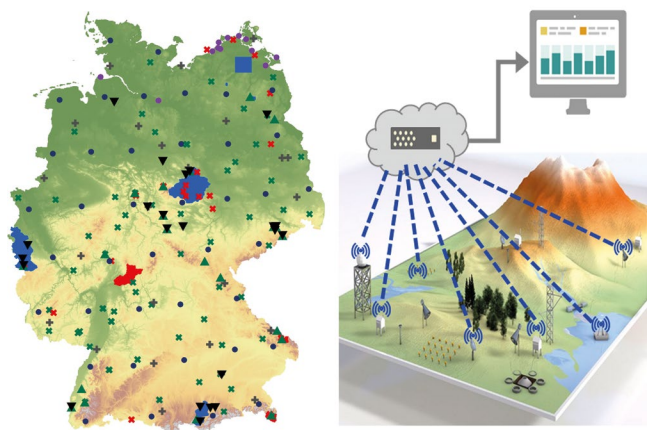
Mit TerraNet wird Deutschland eine Vorreiterrolle bei der Umweltvorhersage einnehmen sowie weltweite Standards der Umweltbeobachtung und der datengestützten Vorhersage etablieren. TerraNet ist von zentraler Bedeutung für die nationale Umweltforschung und bildet eine bedeutsame Plattform

für die trans- und interdisziplinäre Zusammenarbeit. Die institutionenübergreifende Kooperation gestattet erstmals eine deutschlandweite Standardisierung der Arbeitsflüsse – von der Installation der Messtechnik über die Prozessierung, Bereitstellung und Auswertung der Daten bis hin zur Modellierung und Datenprodukterstellung. Eine enge Verbindung mit der europäischen Infrastruktur eLTER ermöglicht zudem, die Forschungslandschaft Europas langfristig mitzugestalten und wichtige Beiträge zu europäischen Initiativen wie dem European Green Deal zu liefern.

Daten und Zahlen

Akronym:	TerraNet
Kategorie:	B
Zeitraum der Realisierung:	2024 - 2028
Geschätzte Investition in Mio. €:	100
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	8
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	FZJ
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	AWI, DLR, GFZ, Hereon, KIT, UFZ

TerraNet



GRACE-I – GRAVITY RECOVERY AND CLIMATE EXPERIMENT KOMBINIERT MIT ICARUS-NUTZLAST

Kurzbeschreibung

GRACE-I besteht aus einem baugleichen Satellitenpaar und setzt die sehr erfolgreichen Satellitenmissionen GRACE und GRACE-FO fort. Äußerst präzise Entfernungsmessungen zwischen den Satelliten werden es auf einem deutlich niedrigeren Orbit ermöglichen, mit einer bisher unerreichten Genauigkeit Massenänderungen auf der Erde zu überwachen, die vom globalen Wasserkreislauf abhängen. Zudem werden die Satelliten mit hochstabilen Uhren, Gravitationsreferenzsensoren oder hybriden Beschleunigungsmessern ausgestattet sein. Die Schwerefeldmessungen sollen durch eine ICARUS-Nutzlast für ein globales Biodiversitätsmonitoring ergänzt werden. GRACE-I ist gedacht als deutscher Beitrag einer gemeinsam mit der NASA innerhalb des NASA Decadal Survey Programs realisierten synergetischen Mass Change (MC) and Surface Biology & Geology (SBG) Mission.

Wissenschaftliche Bedeutung

Zahlreiche wissenschaftliche Studien, Anwendungen und Dienstleistungen in Hydrologie, Ozeanographie oder Glaziologie wurden auf der Grundlage von bisherigen Massentransportdaten entwickelt. Viele Essential Climate Variables beruhen entweder vollständig (Total Water Storage) oder wesentlich (z.B. Ground Water, Ice Sheets, Glaciers oder Sea Level) auf Massentransportdaten. GRACE-I soll eine lückenlose, über mehrere Dekaden gehende Zeitreihe zur Beobachtung des Klimawandels realisieren.

Strategische Bedeutung

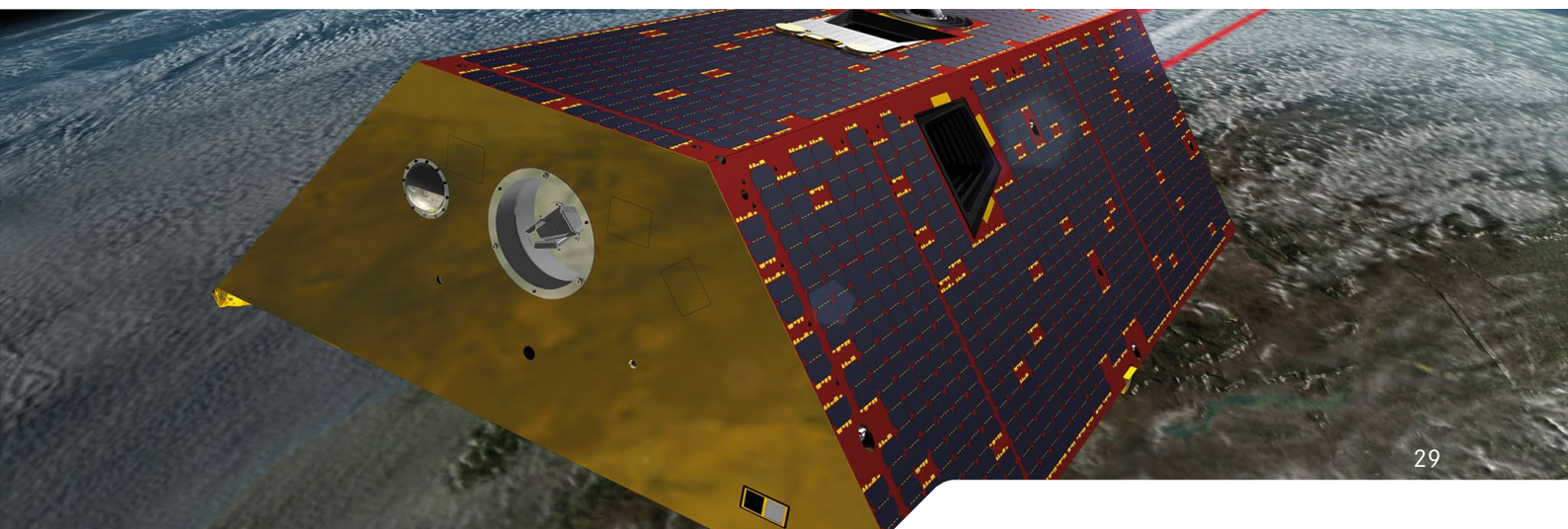
Ein nochmals von den USA und Deutschland realisiertes Satellitenpaar mit einem Laser Ranging Interferometer als primäres Abstandsmessgerät, kombiniert mit einer ICARUS-Nutzlast sowie weiteren Quantentechnologie-Demonstratoren, stellt eine einzigartige technologische und wissenschaftliche Chance für Deutschland dar.

Es sollte deshalb gemeinsam von den großen deutschen Forschungsgemeinschaften Helmholtz (Schwerefeld) und Max-Planck (Quantentechnologie, Verhaltensbiologie) als GRACE-I durch das DLR-Raumfahrtmanagement (programmatische Gesamtleitung) und GFZ (wissenschaftliche Gesamtleitung Schwerefeld) schnellstmöglich zusammen mit der NASA realisiert werden. Um die räumliche und zeitliche Auflösung künftiger Massentransportprodukte deutlich zu erhöhen, könnte GRACE-I zudem ca. 2028/29 mit einer Next Generation Gravity Mission (NGGM) zu einer Doppelpaarmission auf sich ergänzenden Bahnkonfigurationen kombiniert werden. Eine solche NGGM wird gerade von der ESA im FutureEO-Programm geplant.

Daten und Zahlen

Akronym:	GRACE-I
Kategorie:	C
Zeitraum der Realisierung:	2022 - 2032ff
Geschätzte Investition* in Mio. €:	510,9 (211,5)
Geschätzte Betriebskosten* pro Jahr in Mio. €:	(18)
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	GFZ
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	DLR

*) Davon der Anteil aus Deutschland in Klammern.



FORSCHUNGSBEREICH GESUNDHEIT

Profil

Der Forschungsbereich Gesundheit verfolgt das Ziel, durch Forschung und Innovation substanzielle Beiträge zur Verbesserung der Lebensqualität des Menschen zu leisten. Dabei steht die Erforschung der komplexen Ursachen und Mechanismen von Volkskrankheiten im Vordergrund, etwa Krebs, Neurodegenerative Erkrankungen, Diabetes, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Infektionen, Allergien und Erkrankungen der Lunge. Außerdem werden innovative Verfahren zur präzisen Prävention, Diagnostik und Therapie entwickelt. Durch eine integrative und langfristig angelegte Strategie wird Spitzenforschung in kritischer Masse ermöglicht. Sie spannt den Bogen von der Grundlagenforschung über die Translation in klinische Anwendungen bis hin zum Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft. Der Forschungsbereich Gesundheit hat sich dadurch zu einem der bedeutendsten biomedizinischen Forschungscluster weltweit entwickelt und ist auch ein gesuchter Partner der Universitätsmedizin, der Privatwirtschaft und internationaler Netzwerke.

Geleitet von medizinischer Notwendigkeit und hoher gesellschaftlicher Relevanz fokussieren sich die beteiligten Zentren thematisch.

Herausforderungen

Eine alternde Bevölkerung sowie Veränderungen im Lebensstil und der Umwelt führen weiterhin zu einer starken Zunahme der Volkskrankheiten, die das Gesundheitssystem und die Gesellschaft enorm belasten.

Die weltweit dramatische Zunahme von Krebserkrankungen und deren ausgeprägte biologische Heterogenität erfordern weitere Anstrengungen in der Prävention und bei personalisierten Therapiestrategien.

Die Infektionsmedizin ist mit Herausforderungen von globaler Bedrohung konfrontiert, etwa durch neu- und wiederauftretende Infektionen mit pandemischem Potenzial, chronische Infektionskrankheiten oder zunehmende Antibiotikaresistenzen.

Die komplexe Rolle von Umwelteinflüssen bei der Entstehung aber auch bei der Vermeidung von Allergien, Asthma, Lungenerkrankungen, Adipositas oder Diabetes gewinnt rasant an Bedeutung, auch bedingt durch Klimawandel und globale gesellschaftliche Veränderungen.

Es gibt keine wirksamen Therapien für neurodegenerative Erkrankungen und die Industrie hat sich weitestgehend aus der Therapieentwicklung zurückgezogen. Um neue Therapieansätze in die Versorgung zu überführen, sind frühe klinische Studien an stratifizierten Patientengruppen entscheidend.

Krankheiten überschreiten häufig die Grenzen einzelner Gewebe und Organe und beeinflussen den ganzen Organismus. Ein organübergreifendes Verständnis molekularer Mechanismen von Krankheit und Gesundheit ist daher essenziell, um Krankheiten vorzubeugen, sie frühzeitig zu diagnostizieren und zu therapieren.

Zunehmende Komorbiditäten kommen erschwerend hinzu. Nicht zuletzt ist das Potenzial der Prävention von Volkskrankheiten bei weitem nicht ausgeschöpft.

Strategie

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, verfolgen die Zentren des Forschungsbereichs eine hochintegrative und translationale Forschungsstrategie. Diese baut auf erstklassiger Grundlagenforschung und der Expertise verschiedener Krankheitsgebiete auf und nutzt Interdisziplinarität, kritische Masse sowie leistungsfähige Infrastrukturen und Technologien. Durchbrüche in der biomedizinischen Forschung werden so für die Bekämpfung der einzelnen Volkskrankheiten vorangetrieben, wie beispielsweise auf dem Gebiet der Multiomics-Analysen, der Einzelzellanalyse, der hochauflösenden Bildgebung, der CRISPR-basierten Genommodifikation, der synthetischen Biologie und der künstlichen Intelligenz. Neben der Technologieentwicklung und der intensiven Nutzung integrierter Datenwissenschaften gehört auch die Untersuchung krankheitsübergreifender Alterungs- und Stoffwechselprozesse sowie die Rolle des Immunsystems in der Pathogenese und der Therapie von Krankheiten zu den gemeinsamen Themen. Die Zentren sind maßgeblich an großen Kohortenstudien wie der NAKO-Gesundheitsstudie und der Rheinland-Studie beteiligt und verfolgen integrierte Ansätze für die Prävention von Volkskrankheiten. Gemeinsam mit der Universitätsmedizin wurden erfolgreich Translationszentren etabliert, um hochkompetitive Forschung für eine Präzisionsmedizin zu ermöglichen und Patient:innen den Zugang zu Innovationen zu erleichtern.

Infrastrukturplanung

Wesentliche Faktoren für den Erfolg sind die leistungsfähigen Infrastrukturen, beispielsweise für die Bildgebung, für Omics-Analysen, für Datenspeicherung und -analyse, für populationsbasierte Studien sowie die für den translationalen Ansatz essenziellen Translationszentren und -netzwerke. Die zukunftsweisende Roadmap für die kommenden Jahre wird Lücken hinsichtlich wichtiger strategischer Herausforderungen schließen. Das klinische Forschungsnetzwerk für neurodegenerative Erkrankungen (**KFNE**) bildet eine wichtige Grundlage zur Entwicklung und Testung neuer Therapieansätze und ermöglicht standortübergreifende, frühe klinische Studien an stratifizierten Patient:innen hinsichtlich personalisierter Therapien etwa für die diversen Subtypen der Demenz.

Das 3R Preclinical Cancer Center (**3R PCTC**) setzt visionäre *In-vitro*-Modelle ein, interskaliert mit Tierversuchen nach modernsten 3R-Prinzipen unter Nutzung innovativster Spitzentechnologie, und schließt damit für personalisierte Therapien eine signifikante Lücke zwischen präklinischer Evaluierung und klinischer Anwendung.

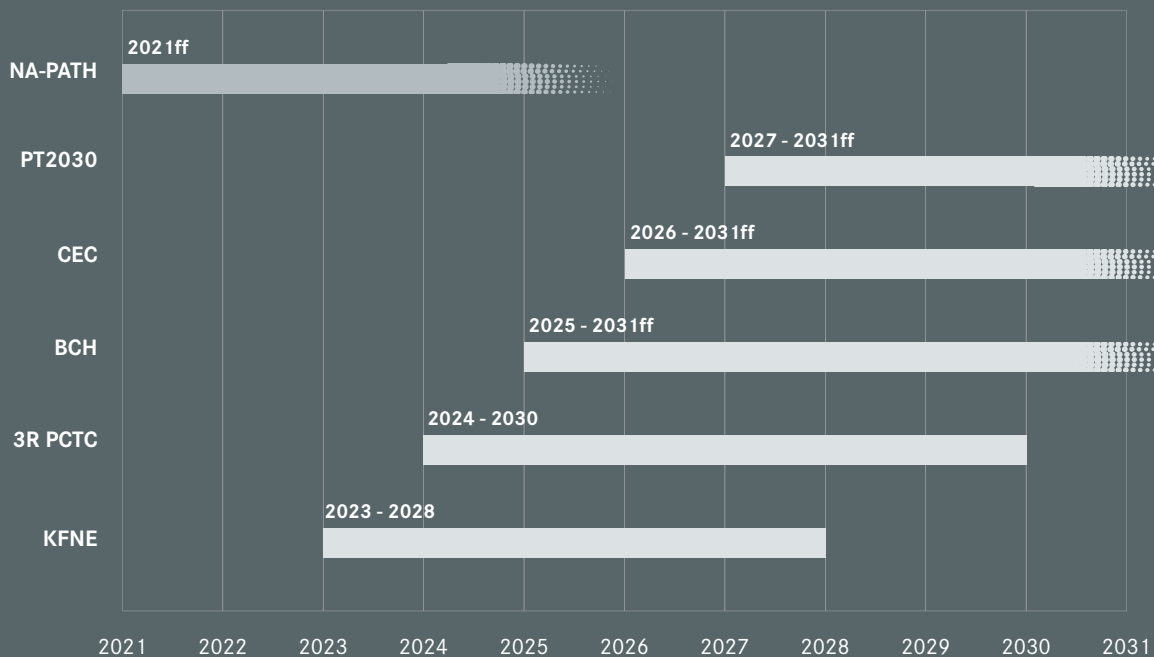
Am Berlin Cell Hospital (**BCH**) soll innovative Medizin auf Zellebene entwickelt und zur Anwendung kommen. Die Entstehung und der Verlauf von Erkrankungen soll hier besser verstanden, frühzeitig vorhergesagt und innovativ therapiert werden.

Die **Nationale Allianz für Pandemie-Therapeutika (NA-PATH)** soll die Forschung an und die Entwicklung von neuartigen antiviralen Wirkstoffen in nicht-pandemischen Zeiten vorantreiben (bis hin zu frühen klinischen Studien), um im Falle einer Pandemie deutlich schneller wirksame Therapien bereitstellen zu können.

Das interdisziplinär-integrative Comprehensive Environmental Health Exposure Center (**CEC**) schafft ein Umfeld, das es ermöglichen wird, in Kombination von beobachtender und experimenteller Forschung die Rolle komplexer Umweltexpositionen für den Erhalt der Gesundheit und die Entstehung von Krankheiten zu untersuchen.

Ferner wird im Bereich Gesundheit an einem Vorhaben der Protonentherapie der nächsten Generation (**PT2030**) gearbeitet.

Geplante Realisierung



Legende:

- A – Helmholtz-Projekte, die im wettbewerblichen Verfahren der Helmholtz-Gemeinschaft über die strategischen Ausbauinvestitionen finanziert werden (15 bis 50 Mio. €).
- B – Große nationale Projekte der Helmholtz-Gemeinschaft, die auf die nationale Roadmap aufgenommen und mit zusätzlicher Finanzierung durch Projektmittel finanziert werden (> 50 Mio. €).
- C – Helmholtz-Beteiligung an internationalen Forschungsinfrastrukturen, die über die nationale Roadmap oder über die nationalen Vertreter in die ESFRI-Liste überführt werden oder sonstige internationale Beteiligungen umfassen.

KFNE – KLINISCHES FORSCHUNGSNETZWERK FÜR NEURODEGENERATIVE ERKRANKUNGEN

Kurzbeschreibung

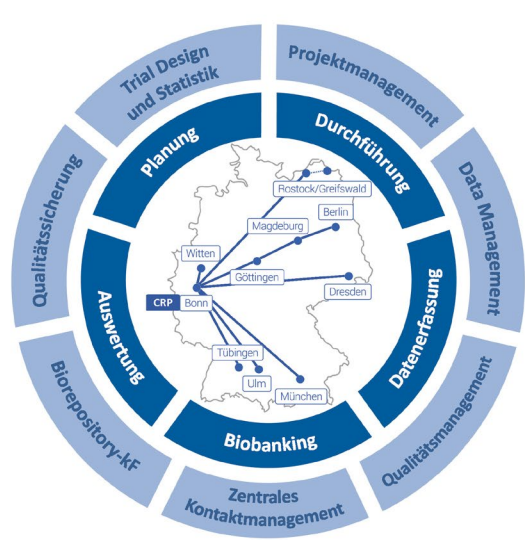
Derzeit gibt es keine krankheitsmodifizierenden Therapien für neurodegenerative Erkrankungen. Das DZNE Klinische Forschungsnetzwerk ist auf eine schnelle Durchführung von Proof-of-principle Studien neuer Arzneimittel an rekrutierten und stratifizierten Patientenkohorten ausgelegt. Um diese klinischen Studien durchführen zu können, benötigt das DZNE eine Infrastruktur von klinischen Forschungseinheiten an seinen Standorten. Die Einheiten werden sog. First-in-human Studien durchführen, sowie andere klinische Studien und Follow-up Studien, die besonders anspruchsvolle Protokolle erfordern. Die klinischen Forschungseinheiten werden von spezialisierten klinischen Studienteams geleitet.

Wissenschaftliche Bedeutung

Für neurodegenerative Erkrankungen sind derzeit nur symptomatische Therapien mit bedingter Wirksamkeit verfügbar. Krankheitsmodifizierende Therapieansätze haben bislang weltweit zu keinen Erfolgen geführt. Die schnelle Überführung neuer Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung in die klinische Anwendung ist deshalb ein dringender Bedarf. Da die Pharmaindustrie die Entwicklung neuer Arzneimittel für neurodegenerative Erkrankungen nahezu eingestellt hat, ist es umso wichtiger, dass akademische Forschungseinrichtungen neue Therapieansätze identifizieren. Sogenannte Investigator-initiated Trials, Studien zur Drug repurposing und solche die aus strategischen Kooperationen des DZNE mit der Industrie resultieren, sind für die Entwicklung neuer Arzneimittel essentiell. Fokussierte klinische Studien in den hochcharakterisierten Patientenkohorten des DZNE sind die Grundlage für zukünftige personalisierte Therapieansätze.

Strategische Bedeutung

Die hochcharakterisierten Patientenkohorten des DZNE erlauben die gezielte Definition von Patientengruppen mit individuellem Krankheitsprofil. Neu entwickelte Wirkstoffe aus der DZNE - Pipeline können somit effizient und DZNE Standort-übergreifend getestet werden, ohne an die Nutzung der Infrastruktur unserer Partneruniversitäten gebunden zu sein, welche vorrangig der normalen Patientenversorgung zusteht. Die bereits vorhandene Infrastruktur an den DZNE-Standorten wird für die Durchführung dieser innovativen klinischen Studien erweitert. Das DZNE Klinische Forschungsnetzwerk wird die Partnerschaft mit den Universitätskliniken stärken und steht anderen Zentren in der Helmholtz-Gemeinschaft zur Verfügung. Die klinischen Forschungseinheiten werden nicht nur innovative Proof-of-concept Studien und große multizentrische Studien ermöglichen, sondern auch äußerst wertvolle Beiträge zur Grundlagenforschung und Systemmedizin leisten. Die Verfügbarkeit großer Datensätze wird dazu beitragen, das DZNE und den Helmholtz Forschungsbereich Gesundheit zu einer wichtigen Informationsquelle für die Gesundheitspolitik zu machen und das DZNE als attraktiven Partner für die globale Pharmaindustrie zu positionieren.



Daten und Zahlen

Akronym:	KFNE
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2023 - 2028
Geschätzte Investition in Mio. €:	30,6
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	7,3
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	DZNE
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine

3R PCTC – 3R PRECLINICAL CANCER TRIAL CENTER

Kurzbeschreibung

Durch Tiermodelle, aber zunehmend auch durch komplexe dreidimensionale multizelluläre Systeme, können die Ergebnisse der Grundlagenforschung (durch präklinische Studien) in innovative Strategien zur Behandlung, Früherkennung und Prävention von Krebserkrankungen umgesetzt werden. Heutige präklinische Einrichtungen fallen dabei jedoch noch weit hinter moderne klinische Möglichkeiten zurück. Am 3R Preclinical Cancer Trial Center des DKFZ werden deshalb in einem weltweit einmaligen Ansatz visionäre *In-Vitro*-Modelle entwickelt und direkt interkaliert eingesetzt mit modernsten Tierversuchen nach 3R-Prinzipen (Refinement, Replacement und Reduction). In einer zentralen Trial-Suite werden sämtliche klinisch-relevante Spitzentechnologien für Intervention und Monitoring wie Bildgebung, Sensorik und Robotik für die gleichzeitige Nutzung an den verschiedenen Modellsystemen weiterentwickelt. So werden multidimensionale präklinische Studien in bislang unerreichter Breite und Tiefe ermöglicht. Das 3R Preclinical Cancer Trial Center (3R PCTC), diese einzigartige Einrichtung mit disruptivem Potenzial, wird für die Translationsforschung der biomedizinischen Community innerhalb und außerhalb des Forschungsbereiches Gesundheit zugänglich gemacht.

Wissenschaftliche Bedeutung

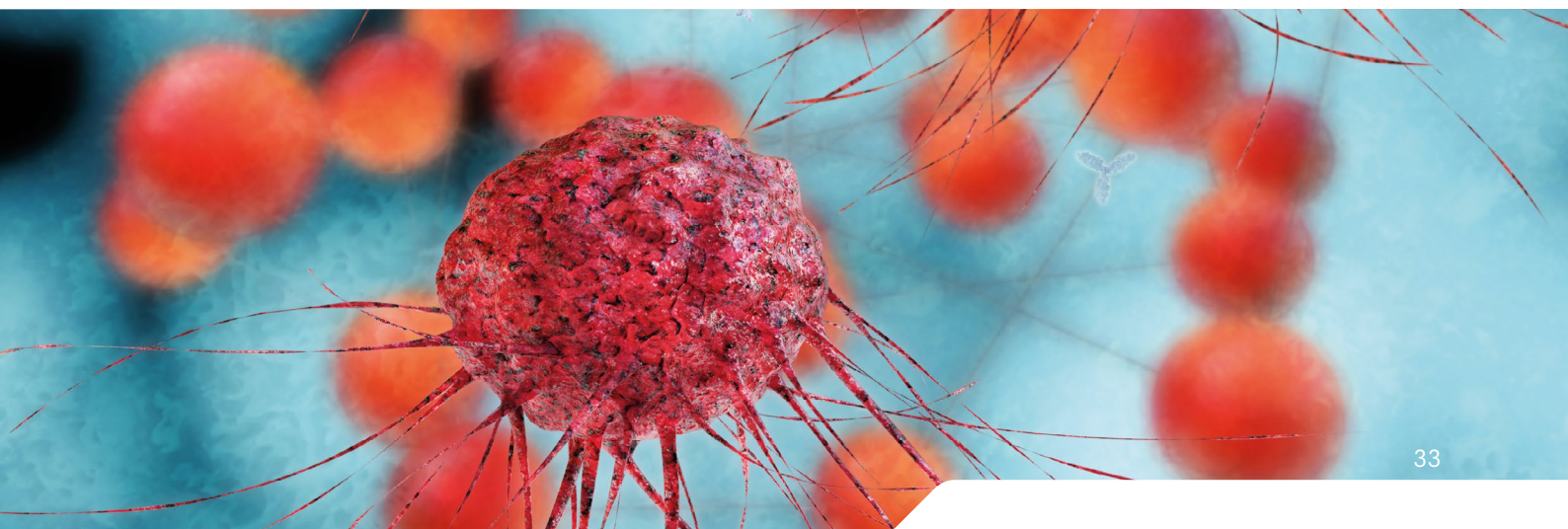
Präklinische Studien, die die Situation im Menschen genau reflektieren, sind von rasant zunehmender Bedeutung für die zielgerichtete Translation von Erfindungen in innovative Strategien zur Behandlung, Früherkennung und Prävention von Krebs und anderen Erkrankungen. Das 3R Preclinical Cancer Trial Center schließt durch seine interskalierte Struktur und die Nutzung innovativster Spitzentechnologie die Lücke zwischen *In-Vitro*-Systemen und Tierversuchen auf der einen Seite und der präklinischen Evaluierung im Vergleich zu modernen klinischen Möglichkeiten auf der anderen Seite. Damit können präklinische translationale Studien nicht nur in einer bislang unerreichten Geschwindigkeit und Breite, sondern auch in einzigartiger multidimensionaler Tiefe durchgeführt werden.

Strategische Bedeutung

Durch das neue, weltweit einmalige 3R Preclinical Cancer Trial Center werden die Möglichkeiten der Translationsforschung des DKFZ und seiner Netzwerkpartner nicht nur erheblich erweitert, sondern auf eine neue Stufe gehoben. Hierdurch wird die Richtung Menschen orientierte translationale Strategie des Krebsforschungsprogramms entscheidende Impulse erhalten. Die disruptiven Forschungsmöglichkeiten des neuen Zentrums befördern außerdem die nationalen und internationalen Kooperationen mit akademischen Partner und der Industrie und sind somit ein signifikanter Mehrwert für die Netzwerksstrategie des Krebsforschungsprogramms.

Daten und Zahlen

Akronym:	3R PCTC
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2024 - 2030
Geschätzte Investition in Mio. €:	35
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	1,5
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	DKFZ
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine



BCH – BERLIN CELL HOSPITAL

Kurzbeschreibung

Das MDC plant das Berlin Cell Hospital (BCH), um innovative Medizin auf Zellebene zu entwickeln und anzuwenden (Cell-based Medicine). Die Entstehung und der Verlauf von Erkrankungen soll frühzeitiger vorhergesagt, besser verstanden und innovativ therapiert werden (Interceptive Medicine). Gemeinsam mit Partnern aus der Helmholtz-Gemeinschaft, aber auch mit Berliner Forschungseinrichtungen und Universitäten, Kliniken (Charité), dem Berlin Institute of Health (BIH) als Translationspartner und der Industrie werden im BCH Methoden und Konzepte aus der molekularen Grundlagenforschung und den Computerwissenschaften entwickelt, integriert, und medizinisch angewendet. Das BCH wird an die Berliner Tradition Virchows anknüpfen und sich mit zellbasierten Ansätzen zum Innovationsmotor für BioTech und Medizin in Berlin entwickeln.

Wissenschaftliche Bedeutung

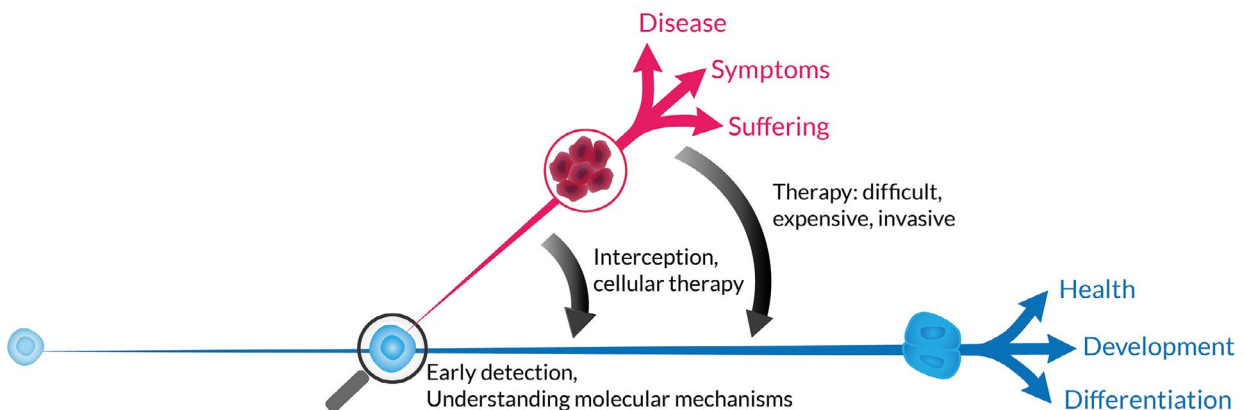
Die Therapien von großen Volkskrankheiten und Infektionserkrankungen sind im fortgeschrittenen Stadium sehr aufwendig, weil die Diagnose oft deutlich später als der Beginn der zellpathologischen Prozesse erfolgt. Mit neuen Methoden wie massiven molekularen Einzelzellanalysen, Imaging und Künstlicher Intelligenz können die Zellveränderungen und molekularen Prozesse frühzeitig erkannt werden, die das Krankheitsgeschehen auslösen oder erklären. Auch weitere Technologien wie CRISPR, humanisierte Modellsysteme, Opto- und Nanotechnologie etc., werden entwickelt, kombiniert, und angewandt, um die molekularen Ursachen und Mechanismen des frühen Krankheitsverlaufes oder der Entstehung von Resistenzen zum Beispiel bei Immuntherapien zu verstehen. Mit dem Ansatz der Cell-based Interceptive Medicine werden gezielte Diagnostik- und Interventionsmethoden entwickelt, um schließlich Zellen und Gewebe zu einem frühen Zeitpunkt zu therapieren.

Strategische Bedeutung

Das BCH integriert zentrale strategische Ziele des MDC PoF-Programms Systems-wide and Cardiovascular Diseases und bestehende Infrastrukturen wie das Optical Imaging Center, mit den Fokusbereichen von BIH, MDC und Charité, Einzelzelltechnologien für die personalisierte Medizin und Translationale Vaskuläre Biomedizin. Gleichzeitig realisiert das BCH die medizinische Vision der LifeTime-Initiative, das vom MDC koordinierte, paneuropäische Konsortium mit über 200 Forschungsinstitutionen und 80 Unternehmen. Damit erfüllt das BCH eine national und international wichtige wissenschaftliche und strategische Funktion in der Gesundheitsforschung und bewirkt eine Vernetzung mit relevanten nationalen und internationalen Einrichtungen und Konsortien (NCT und DZGs (DKTK, DZHK, DZKJ)) sowie internationale Initiativen und Konsortien (unter anderem LifeTime, Human Cell Atlas, Chan Zuckerberg Initiative, ELIXIR, RESTORE). Innovationen in Technologie und Medizin werden Ausgründungen und Kooperationen mit Unternehmen der Biotechnologie-, Pharma- und Bioinformatikbranchen nach sich ziehen, auch über die Grenzen Berlins hinaus.

Daten und Zahlen

Akronym:	BCH
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2025 - 2031ff
Geschätzte Investition in Mio. €:	48
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	2
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	MDC
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine



Cell-based interceptive medicine

CEC – COMPREHENSIVE ENVIRONMENTAL HEALTH EXPOSURE CENTER

Kurzbeschreibung

Die heutigen Volkskrankheiten entstehen aus dem Zusammenspiel von Umweltstressoren und individueller genetischer Ausstattung. Rasche globale Klima- und Lebensstilveränderungen verstärken zusätzlich die Dringlichkeit zum Handeln. Das Comprehensive Environmental Health Exposure Center (CEC) zielt darauf ab, mechanistische Prinzipien aufzudecken, die Entwicklung und Verlauf von Allergien und Asthma sowie von infektiösen und chronischen Lungenerkrankungen gemeinsam sind. Dies schließt Untersuchungen zur metabolischen und epigenetischen Programmierung ebenso ein wie zu Alterungsprozessen. Mittels integrierter Ansätze aus Epidemiologie, Genetik, Immunologie und Exposom-Analytik sollen Schlüsselmechanismen protektiver Umwelteinflüsse therapeutisch nutzbar gemacht werden. Die enge Kooperation mit nationalen und internationalen Partnern schafft Synergien, um die Wirkung von Umwelteinflüssen auf andere Krankheiten aufzuklären.

Wissenschaftliche Bedeutung

Die multidisziplinäre Forschung am HMGU leitete einen Paradigmenwechsel in der Erforschung von Gen-Umwelt-Interaktionen ein: Während Umweltstressoren die o.g. Krankheiten induzieren können, haben schützende Umwelteinflüsse eine präventive Wirkung. Um darauf aufbauend personalisierte Präventions- und Behandlungsstrategien zu entwickeln, ist es entscheidend, molekulare Mechanismen individueller Umwelt-Interaktionen zu verstehen. Translationale Studien werden sich auf Exposition, sowie auf molekulare, zelluläre und Organbarriere-Strukturen konzentrieren. So können Schlüsselprozesse bei Toleranz, Immunität, Krankheitsentwicklung und Regeneration entschlüsselt werden. Die Vernetzung mit den Topics des HMGU ermöglicht die Integration neuester Bioengineering-, KI- und digitaler Gesundheitstechnologien.

Strategische Bedeutung

Genetische und umweltbedingte Faktoren spielen bei allen großen Volkskrankheiten eine entscheidende Rolle. Daher ist die Erforschung ihres Einflusses auf die Krankheitsentstehung bzw. Gesunderhaltung von zentraler Bedeutung. Das HMGU baut auf seine führende Expertise in umfangreichen präklinischen bevölkerungs- und patientenbasierten Kohorten auf und betreibt zudem Umweltforschung an der Schnittstelle zur menschlichen Gesundheit. Dieser einzigartige interdisziplinär-integrative Ansatz vereint beobachtende und experimentelle Forschung. Wir erwarten Erkenntnisse mit transformativem Potenzial für Präventions- und Behandlungslösungen zur Bewältigung der großen gesundheitlichen Herausforderungen unserer Zeit.

Daten und Zahlen

Akronym:	CEC
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2026 - 2031ff
Geschätzte Investition in Mio. €:	35
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	1,5
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	HMGU
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine



PT2030 – PROTONENTHERAPIE DER NÄCHSTEN GENERATION: ONLINE-ADAPTIV

Kurzbeschreibung

Erstmals soll eine in Echtzeit anpassungsfähige Protonentherapie realisiert werden – ermöglicht durch einen geschlossenen, vollautomatischen und von künstlicher Intelligenz unterstützten Rückkopplungskreis aus Bildgebung, Bestrahlungsverifikation und Adaption in Echtzeit. Damit wird der klinische Vorteil der Protonentherapie an das physikalische Maximum herangebracht, womit das Überleben der Patienten verbessert und Nebenwirkungen reduziert werden. Gleichzeitig wird die Anzahl der Tumorregionen erweitert, die mit Protonentherapie behandelt werden können. Eine weltweit einzigartige Forschung-Klinik-Hybrid-Protonenanlage wird gebaut: An ihr werden erstmals innovative Software- und Hardware-Komponenten und deren Interaktion integral getestet, weiterentwickelt und final für den klinischen Einsatz befähigt. Enge Kooperationspartner sind dabei die Universitätsmedizin Dresden, die Medizintechnik-Industrie und CASUS.

Wissenschaftliche Bedeutung

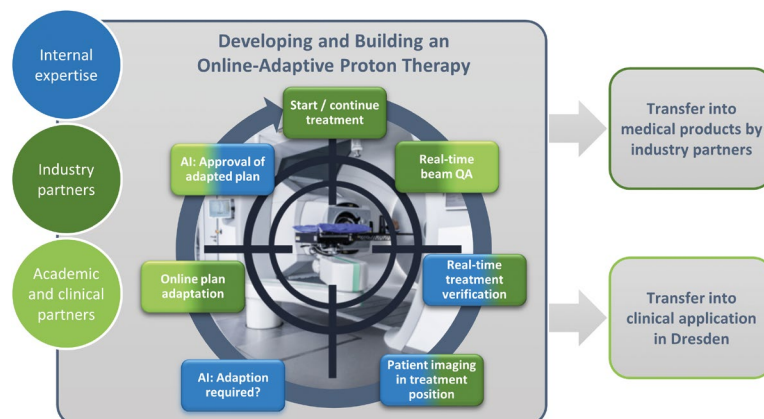
Ziel der Protonentherapie der nächsten Generation (PT2030) ist die Entwicklung der physikalisch bestmöglichen Strahlentherapie für Patient:innen: Der Vorteil der gewebeschonenden Dosisverteilung der Protonen wird erstmals mit den Vorteilen einer Anpassung der Bestrahlung in Echtzeit kombiniert. Diese existiert derzeit ansatzweise nur in der dosimetrisch unterlegenen Photonentherapie. Der Forschungsfokus liegt auf der Weiterentwicklung und der integrale Translation von vorklinischen, Prototyp-artigen Innovationen, Techniken und Algorithmen in die Anwendung am Menschen. Die Folge wäre ein verbesserter Behandlungserfolg: Vor allem Patient:innen mit stark veränderlichen Tumoren könnten von der Protonentherapie stärker profitieren. Noch ist die Forschung lediglich auf die isolierte Entwicklung von Komponenten im Labor fokussiert – das Zusammenspiel und die automatisierte Entscheidungsfindung wird nirgends integral erprobt und damit reif für die tatsächliche Anwendung gemacht.

Strategische Bedeutung

Mit der erfolgreichen Umsetzung des Translationsprojektes würde der Standort zum weltweit führenden Zentrum für online-adaptive Protonentherapie. Im Bereich der Protonentherapie-Translationsforschung würde es zu einem der TOP5-Zentren zählen und damit auch die vom BMBF initiierte Dekade gegen Krebs unterstützen. Für das Gesundheitssystem von Industrienationen hätte das Projekt einen doppelten Effekt: Die Krebstherapie würde verbessert und gleichzeitig die Kosten durch die Automatisierung langfristig gesenkt. Dank Kooperationen mit international führenden Medizintechnik-Firmen werden die Innovationen für die Krankenversorgung nutzbar gemacht.

Daten und Zahlen

Akronym:	PT2030
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2027 - 2031ff
Geschätzte Investition in Mio. €:	35
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	2,9
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	HZDR
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine



NA-PATH – NATIONALE ALLIANZ FÜR PANDEMIE-THERAPEUTIKA

Kurzbeschreibung

Die aktuelle SARS-CoV-2 Pandemie zeigt, wie verheerend sich neu auftretende, unkontrolliert ausbreitende Infektionserreger auswirken können. Da auch in Zukunft mit neuen größeren Infektionsausbrüchen beim Menschen gerechnet werden muss, ist eine bessere Vorbereitung auf zukünftige Pandemien zwingend erforderlich. Gezielt an das jeweilige Infektionsgeschehen angepasste Wirkstoffe sind dabei eine der wesentlichen Komponenten für ein erfolgreiches Pandemiemanagement. Vor diesem Hintergrund schlägt das HZI gemeinsam mit dem Deutschen Zentrum für Infektionsforschung (DZIF) die Etablierung einer neuartigen strategischen Allianz aus akademischer Wissenschaft, Industrie, regulatorischen Behörden und Politik vor: die so genannte Nationale Allianz für Pandemie-Therapeutika (NA-PATH). Dieser Verbund soll bereits in Nicht- bzw. Prä-Pandemie-Zeiten die notwendige Forschung und Entwicklung von Wirkstoffen leisten – bis hin zur ersten klinischen Erprobung. So können im Krisenfall deutlich schneller wirksame Therapien bereitgestellt werden. Der Fokus soll dabei auf Erregergruppen mit hohem Pandemiepotenzial liegen und sowohl Therapeutika mit erregerübergreifender Wirksamkeit, Plattformtechnologien als auch Ansätze zur symptomatischen Therapie einschließen.

Wissenschaftliche Bedeutung

Das Fundament von NA-PATH bildet die dezentrale Plattform wissenschaftlicher Disziplinen und Technologien zur Erforschung und Optimierung neuer niedermolekularer und biologischer Wirkstoffe. Aus der Plattform entsteht ein Portfolio an vielversprechenden präklinischen Entwicklungskandidaten für zukünftige Therapeutika. Weitere fortgeschrittene Kandidaten können in jeder Entwicklungsphase in das Portfolio eingespeist werden. Spätestens mit Erreichen der klinischen Phase IIa (Proof-of-Concept) können Schutzrechte an die Biotechnologie- und Pharmaindustrie lizenziert werden oder für Ausgründungen dienen, was die Anschlussfähigkeit für die NA-PATH Produktkandidaten stärkt.

Strategische Bedeutung

Die Nationale Allianz für Pandemie-Therapeutika soll den notwendigen Paradigmenwechsel im Reaktionsmanagement auf zukünftige pandemische Erreger gewährleisten. Übergeordnete Aufgabe ist die Entwicklung breit wirksamer antiviraler Therapeutika für die Behandlung neu auftretender viraler Erreger. Dies soll zur Verringerung der Krankheitslast und zur frühzeitigen Kontrolle und Eindämmung zukünftiger Pandemien beitragen. Zu diesem Zweck wird unter Federführung von HZI und DZIF das Forschungs- und Entwicklungspotenzial führender deutscher akademischer Infektionsforschungszentren gezielt auf entscheidende Innovationsfelder in der Wirkstoffforschung und -entwicklung konzentriert. Hierbei setzt NA-PATH auf Kooperationen zwischen akademischen Forschungszentren, die über hochrelevante Infrastrukturen und Expertise im Bereich der Infektionsforschung verfügen, der Universitätsklinik, der pharmazeutischen Industrie sowie von Regulationsbehörden und Politik.

Daten und Zahlen

Akronym:	NA-PATH
Kategorie:	B
Zeitraum der Realisierung:	2021ff
Geschätzte Investition in Mio. €:	105
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	25
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	HZI
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine



FORSCHUNGSBEREICH INFORMATION

Profil

Der Forschungsbereich Information stellt sich den Chancen und Herausforderungen der digitalen Transformation als interdisziplinärer, methoden- und technologieorientierter Ermöglicher und Gestalter. Dazu werden wissenschaftliche Prinzipien der Darstellung, Speicherung, Übertragung und Verarbeitung von Information in natürlichen und technischen Systemen erforscht. Sie bilden die Basis für performante und sichere Informationssysteme, für die wir innovative technologische Lösungen wie auch grundlegende Konzepte, Methoden, Algorithmen und Software-Werkzeuge entwickeln und anhand herausfordernder wissenschaftlich-technischer Fragestellungen demonstrieren. Digitale und digitalisierte Forschungsinfrastrukturen, wie Exascale-Rechner, Quantencomputer, Multimethoden-Plattformen für die Materialentwicklung oder Datenmanagement- und Software-Systeme sind Forschungsgegenstand und Forschungsinfrastruktur zugleich. Das Wertschöpfungspotenzial unserer Forschungsergebnisse wird gemeinsam mit unseren Partnern demonstriert und im gesellschaftlichen Kontext reflektiert. Die Material- und Neurowissenschaften sind auf die konsequente Nutzung digitaler Technologien ausgerichtet, im Hinblick auf Forschungsprozess wie auch auf dessen Produkte. Damit sind sie in zweierlei Hinsicht konstitutiv: sie bilden Grundlage und Anwendungsfeld zukünftiger Informationstechnologien. Translation und Transfer unserer Erkenntnisse in Wirtschaft und Gesundheitssystem sind eine zentrale Aufgabe unserer Arbeit.

Herausforderungen

Die Ermöglichung von reflektiertem und informiertem Handeln in einer zunehmend durch die Digitalisierung geprägten Gesellschaft bildet den Rahmen für die Arbeit des Forschungsbereichs, aus dem sich vielfältige Herausforderungen in den nächsten zehn Jahren ableiten:

- Neue I&K-Technologien, insbesondere um Klassen leistungsstärkere Rechner- und Speichertechnologien, sind zu entwickeln, zu demonstrieren und zu realisieren.
- Hochskalierende, (hybride) simulations- und datenwissenschaftliche Methoden und deren Verschränkung in (teil-)automatisierten Workflows sind gleichermaßen Forschungsobjekt und -werkzeug digital geprägter F&E-Prozesse.
- Gerätetechnische Innovationen, z.B. in NMR und Mikroskopie, sowie Analyse großer Datensätze tragen entscheidend zu Durchbrüchen in (Neuro- und Material-) Wissenschaften bei. Durch ein skalenübergreifendes, quantifizierbares

- Verständnis der biologischen Informationsverarbeitung, Funktion und Dysfunktion des Gehirns, werden technologische und klinische Innovationen erzielt.
- Automatisierte Prozesse der effizienten und beschleunigten Materialentwicklung, eröffnen neue Chancen u.a. für Informations- und Medizintechnologien. Brückenschläge vom Atom bis zum Bauteil und eine integrierte Betrachtung des Materiallebenszyklus führen zu nachhaltigen Produkten mit neuer Funktionalität.

Strategie

Mittels Rechnern der höchsten Leistungsklasse, Datenspeicherung und -analyse, sowie der modularen Integration zukunfts-trächtiger Technologien des Quanten- und neuromorphen Computings in Höchstleistungsrechnern, wird der Forschungsbereich Information die grundlegenden Instrumente für die digitale Transformation zur Verfügung stellen, um komplexe Probleme interaktiv zu analysieren, wie Vorgänge im menschlichen Gehirn, skalenübergreifende und digitale Entwicklung von Materialsystemen oder folgenschwere Wetterphänomene, aber auch komplexe Verkehrslogistik oder epidemiologische Prozesse. Zudem werden Technologieentwicklung und Hirnforschung über innovative digitale Forschungsinfrastrukturen verbunden, um neue technologische und klinische Potenziale zu schöpfen. Neue Infrastrukturen werden zugänglich gemacht, indem grundlegende Algorithmen, Methoden, Werkzeuge und Konzepte für den Umgang mit Informationen und Daten erforscht und entwickelt werden. Dies findet eine direkte Anwendung, beispielsweise in hochauflösenden Hochdurchsatz-Methoden in Verbindung mit Echtzeitanalysen, oder in der Erdsystemforschung, wo Exascale-Rechenkapazitäten und Petabyte-Daten-Management erforderlich sind. Zusätzlich wird die Verknüpfung neuartiger Analysemethoden mit vielfach präziseren Daten aus Mikroskopie, NMR, Neutronensonden und Synchrotronstrahlung dazu dienen, mit dynamischen digitalen Zwillingen die Entwicklung von Materialsystemen auf eine neue Ebene zu heben.

Infrastrukturplanung

Die geplanten Forschungsinfrastrukturen sind für die Umsetzung des wissenschaftlichen Programms des Forschungsbereichs unerlässlich, sie stehen auch externen Nutzern offen und tragen zur Umsetzung (inter-)nationaler Strategien bei.

Der Exascale Supercomputer (**ESC**) erweitert die vorhandene Supercomputing-Infrastruktur und wird die nächste Generation einläuten. Simulationen und Datenanalysen auf Supercomputern sind die Brücke zwischen Theorie und Experiment, die mit

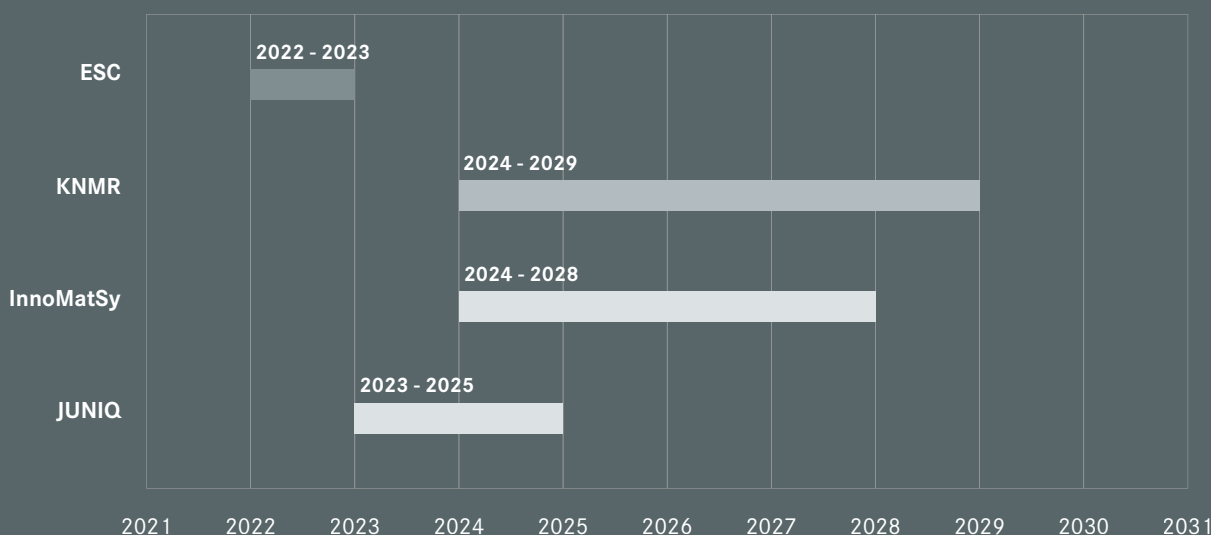
zunehmender Komplexität der Probleme an Bedeutung gewinnt. Mit universell einsetzbaren und modular anpassbaren Exascale-Systemen werden Synergien zwischen Communities geschaffen. Die Jülicher Nutzer-Infrastruktur für Quantencomputing (**JUNIQ**) bietet Zugang zu Quantencomputern, -Simulatoren und -Annealern, sowie HPC-basierte Emulatoren für die europäische Wissenschaft und Industrie im Rahmen einer einheitlichen Cloud-Plattform, inkl. Anwender-Support und -Training. Sie bietet ein Umfeld, um Algorithmen, Software-Werkzeuge und Anwendungen in Kooperation voranzubringen. Sie ist eng verknüpft mit dem Helmholtz Quantum Center, dessen Portfolio von Quantenmaterialien bis zum Quantencomputing reicht. **InnoMatSy** stellt eine material-, funktions- und anwendungsübergreifende modulare Multimethoden-Infrastruktur dar, die erstmalig überhaupt gleichermaßen in situ-, in operando- und in vivo-Analysen von Probekörpern erlaubt.

So können unterschiedlichste Zustände und Prozesse sowohl im Objekt selbst wie in seiner Umgebung verstanden und der

Virtualisierung zugeführt werden. Die Karlsruhe Nuclear Magnetic Resonance facility (**KNMR**) ist ein Anwendungs- und Technologieforschungszentrum für Kernspinresonanz, das am konkreten Beispiel die korrelative Materialcharakterisierung inkl. in-operando-Beobachtung und Lebenszyklusmanagement umsetzen wird. Zu ihr gehören einige der stärksten supraleitenden NMR-Magnete der Welt.

Sowohl KNMR wie auch InnoMatSy werden Meilensteine der Digitalisierung der Materialwissenschaft darstellen und die Strategie in Ergänzung zu bestehenden und im Aufbau befindlichen Infrastrukturen, wie dem Karlsruhe Center for Optics and Photonics und dem Ernst-Ruska-Centrum 2.0 stärken. In **Terra-Lab**, einer Infrastruktur zur Beobachtung des terrestrischen Systems, unterstützt der Forschungsbereich Information den Forschungsbereich Erde und Umwelt, um gemeinsam eine sichere Informationsinfrastruktur zur Datenverarbeitung auf verteilten Rechnersystemen zu entwickeln.

Geplante Realisierung



Legende:

- A** – Helmholtz-Projekte, die im wettbewerblichen Verfahren der Helmholtz-Gemeinschaft über die strategischen Ausbauinvestitionen finanziert werden (15 bis 50 Mio. €).
- B** – Große nationale Projekte der Helmholtz-Gemeinschaft, die auf die nationale Roadmap aufgenommen und mit zusätzlicher Finanzierung durch Projektmittel finanziert werden (> 50 Mio. €).
- C** – Helmholtz-Beteiligung an internationalen Forschungsinfrastrukturen, die über die nationale Roadmap oder über die nationalen Vertreter in die ESFRI-Liste überführt werden oder sonstige internationale Beteiligungen umfassen.

JUNIQ – DIE JÜLICHER NUTZER-INFRASTRUKTUR FÜR QUANTENCOMPUTING

Kurzbeschreibung

Die Jülicher Nutzer-Infrastruktur für Quantencomputing (JUNIQ) wird der Wissenschaft und Industrie Europas Zugang zu Quantencomputing-Technologien verschiedenen Typs und verschiedener technologischer Reifegrade ermöglichen. Dieser Zugang zu Quantencomputern, Quantensimulatoren und Quantenannealern sowie zu Emulatoren solcher Systeme auf Supercomputern erfolgt über eine einheitliche, anwenderfreundliche Cloud-Plattform. Weiterhin bietet JUNIQ den Nutzer:innen Unterstützung, Trainings- und Kooperationsmöglichkeiten. Auch Softwaretools, Modellierungskonzepte, Algorithmen und Prototyp-Anwendungen werden entwickelt. Um Quantentechnologien im wissenschaftlichen Rechnen praktisch einsetzen zu können, müssen sie in Infrastrukturen für Höchstleistungsrechnen eingebunden werden. Im Jülich Supercomputing Centre (JSC) sind die dafür notwendige modulare Architektur aus Hardware und Software-Elementen bereits realisiert, so dass JUNIQ-Systeme integriert werden können.

Wissenschaftliche Bedeutung

Fortschritte in der Entwicklung von Quantencomputern werden vollkommen neue Anwendungsmöglichkeiten erlauben, etwa beim Maschinellen Lernen oder für die Lösung schwieriger Optimierungsprobleme und für (Material-)Simulationen. Zu erwarten ist, dass die Quantentechnologien der zweiten Generation alle Bereiche der Wissenschaft beeinflussen, von der Energie- und Klimaforschung bis hin zu den Lebenswissenschaften. Die Eigenschaften der Quantenwelt eröffnen neue Wege, um bislang ungeklärte Probleme lösen zu können.

Strategische Bedeutung

Quantentechnologien und Quantencomputing genießen auf höchster forschungs- und wirtschaftspolitischer Ebene große Aufmerksamkeit, national wie international. JUNIQ soll die führende Rolle bei der Nutzung von Quantencomputer-Hardware spielen – in der Helmholtz-Gemeinschaft, in Deutschland und in Europa. Sie öffnet diese Technologien für Nutzer-Communities in Wissenschaft und Wirtschaft und bietet Möglichkeiten für gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsprojekte, etwa zu Methoden, Algorithmen und Software-Werkzeugen, die sich aus konkreten praktischen Fragestellungen ergeben. Der praktische Einsatz von Quantentechnologien erfordert hybrides Rechnen, bei dem sowohl klassische Supercomputer als auch Quantencomputer genutzt werden. So hat JUNIQ die Koordination des Pilotprojektes <HPC|QS> zur Integration von Supercomputing und Quantensimulation übernommen, welches vom EuroHPC JU gefördert wird.

Daten und Zahlen

Akronym:	JUNIQ
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2023 - 2025
Geschätzte Investition in Mio. €:	25
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	0,6
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	FZJ
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine



INNOMATSY – IN-SITU-INNOVATIONSPLATTFORM FÜR MULTIFUNKTIONALE MATERIALSYSTEME

Kurzbeschreibung

Mit der In-situ-Innovationsplattform für multifunktionale Materialsysteme (InnoMatSy), werden Wissenschaftler:innen Proben untersuchen, die sich verändern und sich in einer realistischen Umgebung befinden. Dabei gewinnen sie simultan Informationen in höchster örtlicher und zeitlicher Auflösung, indem sie jeweils eine Analysetechnik, für die es eines Großgerätes bedarf, zusammenführen mit weiteren Analysetechniken. Um die gewonnenen experimentellen Daten in Echtzeit aufzubereiten und daraus dynamische digitale Zwillinge zu erzeugen, wird das jeweilige InnoMatSy-Instrument mit Datenspeichern, Echtzeit-Softwaretools und Big-Data-Strategien kombiniert. Pilotmethode ist die Tomographie mit Synchrotronstrahlung am Speicherring PETRA III des DESY. Mit ihr werden Veränderungen der Stoffwechselfunktionen in der Umgebung abbaubarer metallischer Implantate aufgeklärt.

Wissenschaftliche Bedeutung

InnoMatSy bildet eine material-, funktions- und anwendungsübergreifende Infrastruktur zur Charakterisierung von sich wandelnden Proben. Durch solch eine Infrastruktur können Forscher:innen unterschiedlichste Zustände und Prozesse untersuchen, und das sowohl im Objekt wie auch in seiner Umgebung. Davon profitieren viele Gebiete der Wissenschaft, etwa die Forschung zur photokatalytischen Wasserstoffsynthese, zu Batteriematerialien, polymeren Biomaterialien und magnetischen Texturen oder zur Freisetzung und Interaktion von Schadstoffen in Gewässern.

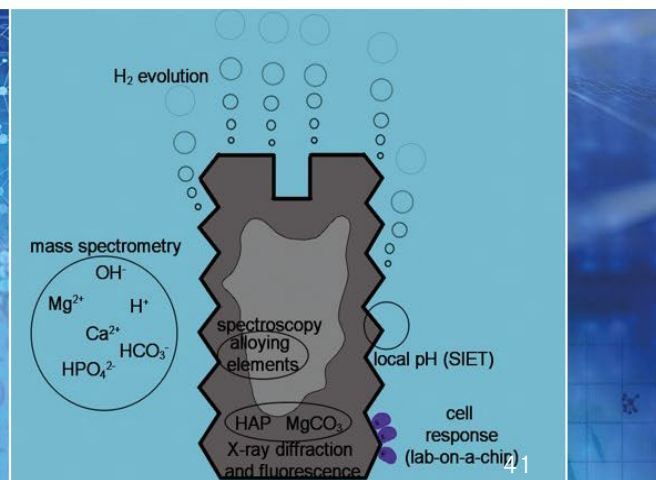
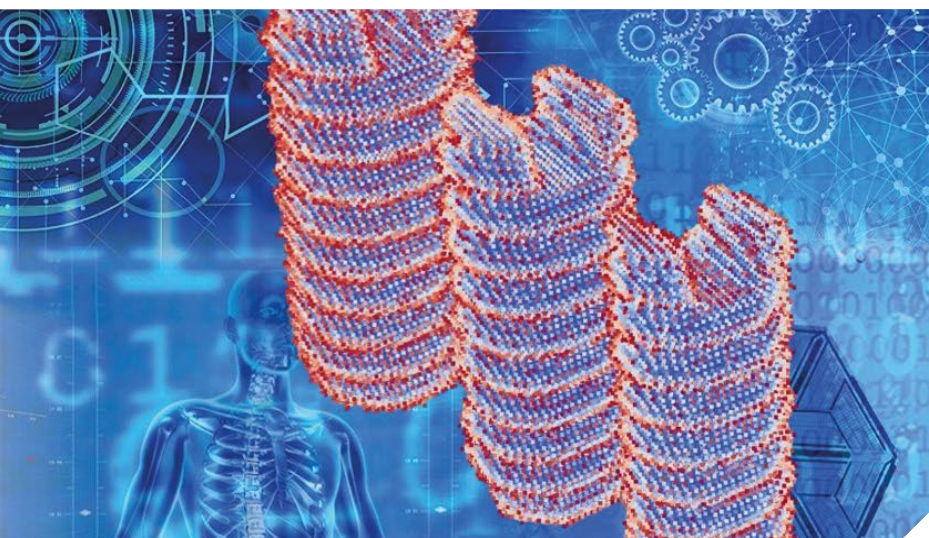
Bei der Pilotanwendung lassen sich unter anderem unverstandene Rückkopplungsphänomene beobachten, die die Geweberegeneration anstoßen. Sie könnten für die Behandlung von Krebs bedeutsam sein.

Strategische Bedeutung

Die informationsgeleitete Entwicklung innovativer Materialsysteme ist Schlüsselement künftiger natur- und ingenieurwissenschaftlicher Forschung und Entwicklung. Dynamische digitale Zwillinge eröffnen eine grundlegend neuartige Herangehensweise. Mit ihnen lassen sich unter anderem Herstellungsprozesse für Materialsysteme am Computer sehr effizient optimieren. Die Methodik zur Gewinnung und Verarbeitung der Experimentaldaten, wie sie für die Pilotanwendung entwickelt wird, lässt sich auch auf andere Analysemethoden übertragen, wie NMR, Elektronenmikroskopie, weiche Synchrotronstrahlung, Positronenspektroskopie, genauso wie auf andere Großgeräte, zum Beispiel KMNf, ER-C, BESSY II, EPOS@ELBE.

Daten und Zahlen

Akronym:	InnoMatSy
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2024 - 2028
Geschätzte Investition* in Mio. €:	27
Geschätzte Betriebskosten* pro Jahr in Mio. €:	3
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	Hereon
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	DESY, FZJ, HZB HZDR, KIT



KNMR – THE KARLSRUHE NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE FACILITY

Kurzbeschreibung

Die Karlsruhe Nuclear Magnetic Resonance facility (KNMR) wird das führende deutsche NMR-Zentrum für Schlüsselanwendungen und Technologieforschung sein. Zu ihm gehören Geräte, deren supraleitende NMR-Magneten zu den weltweit stärksten zählen. Zwei dieser Geräte besitzen eine dauerhafte Feldstärke von über 28 Tesla. Die Instrumente dienen der hochaufgelösten spektroskopischen Charakterisierung neuartiger Materialien. Die KNMR beherbergt zudem die Hochdurchsatz-NMR-Anlage HiT-NMR, die sich derzeit im Aufbau befindet. Ein weiterer Bestandteil der KNMR ist ein Labor zur korrelativen Analyse von Materialien durch die Verbindung der NMR-Spektroskopie mit anderen spektroskopischen und bildgebenden Verfahren. Zum Einsatz kommt zudem die spektroskopische NMR-Bildgebung, ein Verfahren, bei dem NMR-Spektroskopie und MR-Bildgebung kombiniert werden.

Wissenschaftliche Bedeutung

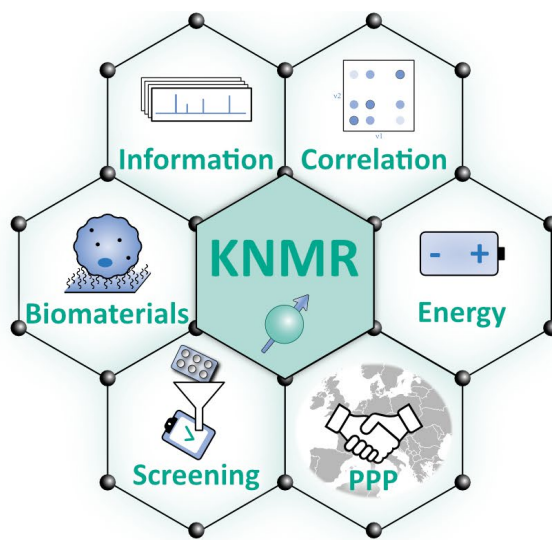
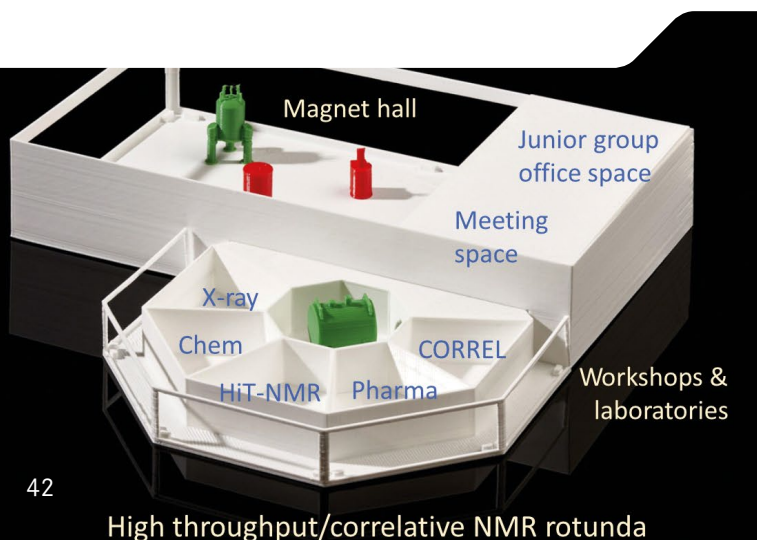
Insbesondere wenn sie mit IR-, UV-, Raman- oder anderen Detektoren korreliert wird, ist die NMR-Spektroskopie das chemisch spezifischste Werkzeug, um mit hoher Genauigkeit und in großem Umfang Informationen aus Materialien zu gewinnen. Die KNMR wird NMR-Instrumente auf dem neuesten Stand der Technik beherbergen – verbunden mit andersartigen Detektoren und einer maschinellen Lernumgebung sowie großen Datenspeichern. Dies führt zu einem hohen Durchsatz an untersuchten Materialien. Somit ist eine umfassende Digitalisierung der Materialwissenschaft möglich, verbunden mit numerischer Vorhersage, Synthese, Charakterisierung, In-operando-Beobachtung und Lebenszyklusmanagement – alles eingebettet in einen geschlossenen Regelkreis des maschinellen Lernens.

Strategische Bedeutung

Die KNMR wird den Forschenden der Helmholtz-Gemeinschaft und darüber hinaus eine informationsbasierte Charakterisierung von Materialien mit höchstmöglicher Auflösung und hohem Durchsatz bieten. Sie ist damit wesentlicher Teil einer Plattform zur Materialentdeckung, von der die gesamte Gesellschaft profitiert, und trägt zu einer nachhaltigen Werkstoffzukunft in Deutschland bei. Sie gehört zur deutschen NMR-Infrastruktur mit Standorten an den Zentren KIT, FZJ und HMGU. Weltweit etabliert sie sich als Zentrum für die Erforschung von Materialien und den Gewinn von Information aus Molekülen. Als Open-Access-Einrichtung stellt die KNMR Ressourcen für Forschung in den Bereichen Materialwissenschaft, Prozesstechnik, Pharmazie, Biologie, Lebensmitteltechnik und Energiewissenschaft und für die Industrie bereit.

Daten und Zahlen

Akronym:	KNMR
Kategorie:	B
Zeitraum der Realisierung:	2024 - 2029
Geschätzte Investition in Mio. €:	93
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	2,3
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	KIT
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine



ESC – EXASCALE SUPERCOMPUTER

Kurzbeschreibung

Der Exascale Supercomputer (ESC) des Jülich Supercomputing Centre (JSC) wird ein weltweit führender Höchstleistungsrechner für die Wissenschaft sein. Rechner mit einer Leistung von mehr als einer Trillion Rechenoperationen pro Sekunde (Exaflop/s) bilden die nächste Generation von Supercomputern. Der ESC ermöglicht Simulationen, die aufgrund ihrer Komplexität oder der zu verarbeitenden Datenmenge bislang nicht durchführbar sind. Unter anderem in den Forschungsbereichen Klima, Umwelt, Energie, Leben, Materialien und Technik wird er Ergebnisse liefern, die eine höhere räumliche und zeitliche Auflösung haben. Zudem bringt er die Künstliche Intelligenz (KI) erheblich voran. Insgesamt trägt der ESC wesentlich dazu bei, die großen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit zu bewältigen.

Wissenschaftliche Bedeutung

Simulationen und Datenanalysen auf Supercomputern sind die Brücke zwischen Theorie und Experiment. Exascale-Systeme lassen bedeutende wissenschaftliche Durchbrüche erwarten, die die Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE) in ihrem Scientific Case 2018 – 2026 skizziert hat.

Da der modular-aufgebaute ESC universell eingesetzt werden kann, schafft er enorme Synergien zwischen zahlreichen Wissenschafts- und Anwendungsfeldern. Simulations- und Datenwissenschaften wachsen weiter zusammen. Die Jülicher Infrastruktur aus Supercomputern bietet Forscher:innen in Europa eine weltweit führende Simulationsplattform. Wissenschaftler:innen aller Fachrichtungen werden bei der Nutzung der Supercomputer exzellent unterstützt.

Strategische Bedeutung

Das FZJ hat durch den Ausbau seiner Infrastruktur für das Höchstleistungsrechnen und den Datenaustausch eine führende Position in Europa erreicht. Es hat die europäische Supercomputer-Technologie im Co-Design mitentwickelt und PRACE mitgestaltet.

Mit dem Exascale-Ausbau wird sich die Wissenschaft entscheidend entwickeln. Der in Jülich geplante ESC ist das Leadership-System der Tier-0-Zentren Europas. Er basiert auf der innovativen modularen Supercomputer-Architektur des FZJ, die zum ersten Mal neueste Technologien wie Quanten- und neuromorphe Computer integrieren wird.

Daten und Zahlen

Akronym:	ESC
Kategorie:	C
Zeitraum der Realisierung:	2022 - 2023
Geschätzte Investition* in Mio. €:	277 (0)
Geschätzte Betriebskosten* pro Jahr in Mio. €:	31 (0)
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	FZJ
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine

*) Davon der Anteil von Helmholtz in Klammern.



FORSCHUNGSBEREICH LUFTFAHRT, RAUMFAHRT UND VERKEHR

Profil

Der Forschungsbereich ist in die drei Programme Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr gegliedert. Sie verbinden die Grundlagenforschung mit konkreten Anwendungen bis hin zur Marktreife und dem Transfer der Technologien in den Markt. Im Programm Luftfahrt wollen die Forscher:innen den Luftverkehr sicher, effizient und umweltverträglich entwickeln und die Luftfahrt durchgängig digitalisieren. Im Programm Raumfahrt erforschen die Wissenschaftler:innen nicht nur die Entstehung von Planeten, des Sonnensystems und des Universums sondern stellen auch wichtige Infrastrukturen für das moderne Leben auf der Erde zur Verfügung, beispielsweise zur Kommunikation, Navigation sowie zum Monitoring von Erde und Klima. Neue Ansätze und innovative Lösungen für ein zukunftsfähiges Verkehrssystem, von dem Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt gleichermaßen profitieren, entwirft der Forschungsbereich im Programm Verkehr.

Verbunden werden diese drei Programme durch das Querschnittsthema Digitale Transformation, das sich durch alle Bereiche zieht. Gemeinsam mit dem Forschungsbereich Information nutzt der Forschungsbereich Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr für seine Analysen etwa Quantentechnologien und Methoden der künstlichen Intelligenz. Als neue Spin-Off-Strategie soll der „Innovation-Hub“ den Technologietransfer stärken und Technologiesprünge in die Anwendung bringen.

Herausforderungen

Global wandeln sich Klima, Mobilität und Technologie. Der Forschungsbereich nutzt sein Know-how, um Lösungen für diese Herausforderungen zu entwickeln. Mit seinen Programmen erforscht er Erde und Weltall und entwickelt Technologien für eine nachhaltige Zukunft. So trägt er dazu bei, den Wissens- und Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken.

Das übergeordnete, langfristige Ziel des Programms Luftfahrt ist die Realisierung des klimaneutralen Luftverkehrs in der zweiten Hälfte dieser Dekade – getragen durch eine technologisch führende, wettbewerbsfähige, nationale und europäische Industrie. Der Fokus der Aktivitäten liegt dabei in der Steigerung von Effizienz, Sicherheit und Umweltverträglichkeit des Lufttransportsystems sowie in der Stärkung seiner gesellschaftlichen Akzeptanz. Hierzu werden neben den klassischen Technologien und Verfahren auch neue Themengebiete hinsichtlich ihres Anwendungs- und Entwicklungspotenzials intensiv erforscht. Hierzu gehören zum Beispiel die Digitalisierung und Elektrifizierung sowie die zunehmende Automatisierung, verbunden mit Rechen- und Analysemethoden aus neuen Feldern der Informations- und Ingenieurwissenschaften.

Die Raumfahrt und die Nutzung des Weltraums bleiben unverzichtbar, um den langfristigen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts zu begegnen. Das DLR-Raumfahrtprogramm leistet dazu weiterhin entscheidende Beiträge. Sein Mandat ist es, Forschung und Entwicklung voranzutreiben, Bildung, Innovation und Wachstum zu fördern, hochqualifizierte Arbeitsplätze zu schaffen und die Lebensqualität zu verbessern. Zudem soll es beitragen zum Schutz des Planeten, zu Sicherheit und Verteidigung und zur internationalen Zusammenarbeit. Die DLR-Raumfahrtforschung ist deshalb von strategischer Bedeutung für Deutschland.

Eine zentrale Herausforderung in der Verkehrsforschung ist die künftige bodengebundene Mobilität: Klimaschutz und Mobilität sollen vereinbar sein durch Ergebnisse der Forschung zu Effizienz, Emissionen, Sicherheit, Nutzung und Wirtschaftlichkeit. Diese Herausforderungen zu meistern, ist das Ziel der DLR-Verkehrsforschung. Auch die für die DLR-Strategie 2030 zentralen Themen (Standort Deutschland, Mobilität, Nachhaltigkeit, Digitalisierung und Sicherheit) werden hier auf vielfältige Weise und mit aktuellen Bezügen unter anderem zur COVID-19-Pandemie angegangen.

Strategie

Durch regelmäßige mittelfristige Bedarfserhebung für den Erhalt und den Ausbau der Forschungsinfrastrukturen wird sichergestellt, dass dem DLR ein an den Herausforderungen orientiertes Anlagenportfolio rechtzeitig zur Verfügung steht und der Betrieb der Infrastrukturen gesichert ist. Dies geschieht im Abgleich mit den gesamtstrategischen aber auch mit den programmatischen Zielen des DLR und den Zielen der Helmholtz-Gemeinschaft. Im Hinblick auf die zur Verfügung stehenden Budgets gilt es dabei insbesondere den Bedarf des Bestands zu evaluieren und diesen bei Bestätigung zu erhalten. Auch das bestehende Anlagenportfolio muss mit Augenmaß für neue Themen erweitert werden. Die Planung der Forschungsinfrastrukturen ist somit sowohl eng mit den aktuellen und zukünftigen Forschungsschwerpunkten als auch mit den nationalen und internationalen Strategien und Roadmaps verbunden. Die Sicherstellung des Betriebs und die Bereitstellung der relevanten Forschungsinfrastrukturen erfolgt im DLR entlang eines zertifizierten Prozesssystems und wird über eine unabhängige Organisationseinheit zentral und übergreifend geleitet.

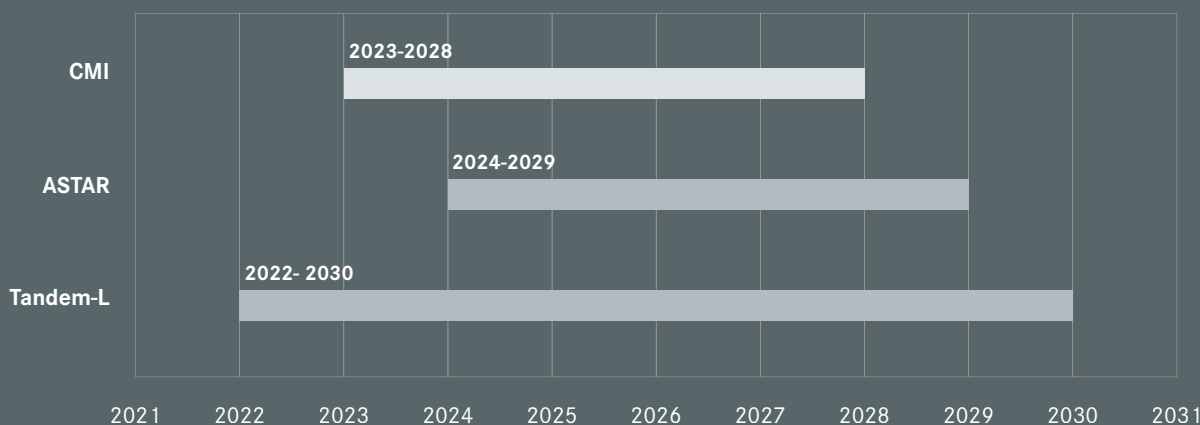
Infrastrukturplanung

Der geplante Campus für Medizin und Informatik in Luft- und Raumfahrt (**CMI**) am DLR-Standort Köln unterstützt die Digitalisierungsstrategie der Bundesregierung und des DLR. In Kooperation mit nationalen und internationalen Partnern soll eine Struktur geschaffen werden, die Schlüsseltechnologien wie Künstliche Intelligenz, High Performance Computing, Virtual Reality und Robotik für die medizinische Anwendung sowohl in der Luft- und Raumfahrt als auch auf der Erde verfügbar macht. Das Rückgrat der luftgestützten Atmosphärenforschung und der Fernerkundung des DLR bildet das seit über 40 Jahren betriebene, hochentwickelte Forschungsflugzeug Falcon 20E. Es bedient Fragestellungen von hoher globaler gesellschaftlicher und ökonomischer Relevanz, wie zum Beispiel den Einfluss des Menschen auf Klima und Umwelt.

Mit **ASTAR** (Atmospheric and Remote Sensing Test and Research Platform), der Forschungsplattform für die Atmosphärenforschung, wird nun der Ersatz dieser einzigartigen Infrastruktur geplant. Diese dient dazu die Kapazitäten des DLR zu erhalten und gleichzeitig die Wasserstoffstrategie der Bundesregierung von wissenschaftlicher Seite zu begleiten.

Auf den bisherigen, international anerkannten Technologieentwicklungen in der deutschen SAR-Fernerkundung beruht die leistungsfähige Radarsatellitenmission **Tandem-L**. Sie wird einen gewaltigen Fortschritt in der Erforschung der Prozesse in der Bio-, Kryo- Hydro- und Geosphäre ermöglichen. Die Daten von Tandem-L werden helfen, Lösungen für die Herausforderungen der Gesellschaft zu finden, wie Klimawandel, Bevölkerungswachstum und Ressourcenmanagement.

Gepante Realisierung



Legende:

- A** – Helmholtz-Projekte, die im wettbewerblichen Verfahren der Helmholtz-Gemeinschaft über die strategischen Ausbauinvestitionen finanziert werden (15 bis 50 Mio. €).
- B** – Große nationale Projekte der Helmholtz-Gemeinschaft, die auf die nationale Roadmap aufgenommen und mit zusätzlicher Finanzierung durch Projektmittel finanziert werden (> 50 Mio. €).
- C** – Helmholtz-Beteiligung an internationalen Forschungsinfrastrukturen, die über die nationale Roadmap oder über die nationalen Vertreter in die ESFRI-Liste überführt werden oder sonstige internationale Beteiligungen umfassen.

TANDEM-L – SATELLITENMISSION ZUR ÜBERWACHUNG DYNAMISCHER PROZESSE AUF DER ERDOBERFLÄCHE

Kurzbeschreibung

Tandem-L besteht aus einem Raumsegment mit zwei Radarsatelliten im Formationsflug sowie einem Boden- und Nutzersegment. Diese steuert die Satelliten, empfängt die Daten, verarbeitet diese zu höherwertigen Informationsprodukten und stellt sie den Nutzergruppen zur Verfügung. Die Daten von Tandem-L werden erheblich dazu beitragen, Lösungen für die Herausforderungen des Klimawandels, des Bevölkerungswachstums und des Ressourcenmanagements zu finden und einen großen Fortschritt in der Erforschung der Umwelt sowie den dynamischen Prozessen in der Bio-, Kryo-, Hydro- und Geosphäre zu ermöglichen. Die innovativen Datenprodukte werden nicht nur die Analyse, Modellierung und Verständnis der vielfältigen Prozesse in den unterschiedlichen Erdsphären vorantreiben, sondern in Synergie auch deren Zusammenhänge aufzeigen.

Wissenschaftliche Bedeutung

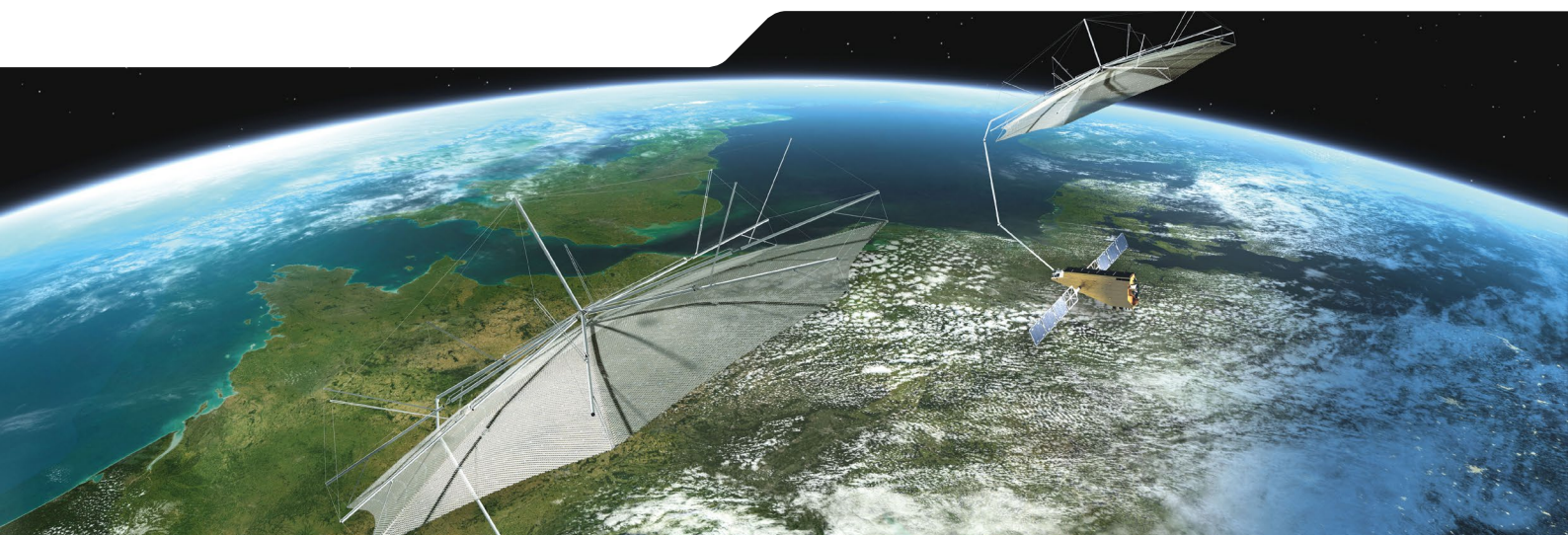
Tandem-L wird wesentlich zur Klima-, Umwelt- und Erdsystemforschung beitragen. Beispiele sind globale Waldbiomasse-Messungen zum besseren Verständnis des Kohlenstoffkreislaufs oder die millimetergenaue Erfassung von Erddeformationen für Erdbebenforschung und Risikoanalyse, aber auch die Quantifizierung von Gletscherbewegungen und Schmelzprozessen in den Polarregionen zum besseren Verständnis des Klimawandels und seiner Auswirkungen sowie die feinskalige Messung von Variationen in der oberflächennahen Bodenfeuchte zur detaillierten Analyse des Wasserkreislaufs. Tandem-L liefert ein einzigartiges Observatorium zur kontinuierlichen Beobachtung von Erde und Umwelt, vergleichbar mit dem Netzwerk von Wettersatelliten.

Strategische Bedeutung

Die innovative Mission baut auf der international anerkannten führenden Expertise des DLR und der deutschen Industrie auf dem Gebiet des hochauflösenden Radars auf. Tandem-L wird Deutschlands Spitzenposition langfristig erhalten, ausbauen und in der globalen Erdsystem-, Klima- und Umweltforschung zu einer Führungsposition verhelfen. Die Mission setzt ein Zeichen für ein starkes Engagement beim Klimaschutz und eröffnet neue Möglichkeiten für internationale Kooperation. Für die Diskussion über das Ausmaß und die Auswirkungen von Klimaänderungen liefert Tandem-L bislang fehlende Informationen. So können bessere Prognosen und darauf aufbauend gesellschaftspolitische Handlungsempfehlungen entwickelt werden.

Daten und Zahlen

Akronym:	Tandem-L
Kategorie:	B
Zeitraum der Realisierung:	2022 - 2030
Geschätzte Investition in Mio. €:	771
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	14
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	DLR
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	AWI, FZJ, GFZ und UFZ



ASTAR - FORSCHUNGSPLATTFORM FÜR DIE ATMOSPHÄRENFORSCHUNG

Kurzbeschreibung

Die Falcon 20 ist eine etablierte Plattform und stellt seit Jahrzehnten das Rückgrat der DLR-internen, Flugzeug-getragenen Atmosphärenforschung dar. Nach 45 Jahren in Betrieb ist das Flugzeug altersbedingt mit stark wachsenden Ausfall-Risiken und Bereithaltungskosten belastet. Seine Ausmusterung lässt sich nur noch um wenige Jahre über das bislang geplante Jahr 2024 hinauszögern. Geplant ist nun der Ersatz dieser einzigartigen Infrastruktur durch eine neue Atmosphärenforschungs-Plattform ASTAR (Atmospheric and Remote Sensing Test and Research Platform) auf Basis eines zweistrahligen Jets (Payload 2 t, Flughöhe 14 km, Reichweite 6000 km). Die Kabine wird für den Einbau wissenschaftlicher Instrumente vorbereitet und kann flexibel konfiguriert werden. Das Basisflugzeug wird dafür mit Rumpfdurchbrüchen, Außenanbauten, Zusatzsystemen und Sensorik modifiziert. So wird die universelle wissenschaftliche Nutzbarkeit gewährleistet.

Wissenschaftliche Bedeutung

Zur Erfüllung der programmatischen Aufgaben der Atmosphärenforschung im DLR ist ein eigenes Jet-getriebenes Forschungsflugzeug auch weiterhin unverzichtbar. Das Nachfolgemodell der Falcon 20 wird schwerpunktmäßig für die Luft- und Raumfahrt eingesetzt und dabei ein Einsatz- und Nutzungsprofil abdecken, welches von HALO nicht bedient werden kann. Dazu zählen der flexible Zugang für DLR-Nutzer:innen sowie die flugmechanischen und strukturellen Eigenschaften, die z.B. für Verfolgungsflüge im Nahfeld großer Verkehrsflugzeuge entscheidend sind. Im internationalen Umfeld soll damit die herausragende Rolle des DLR auf diesem Gebiet erhalten und ein flexibler Einsatz in außergewöhnlichen Situationen gewährleistet bleiben.

Strategische Bedeutung

Das DLR belegt eine Führungsposition in der internationalen Atmosphären- und Umweltforschung, die sich auf den Betrieb einer exklusiven, hochentwickelten Flotte von Forschungsflugzeugen stützt. Klimawandel und Nachhaltigkeit im Luftverkehr werden an Bedeutung zunehmen. Eine DLR-eigene, zukunftsfähige Plattform, die u.a. die wissenschaftliche Seite der Wasserstoff-Strategie der Bundesregierung begleiten kann, hat eine zentrale strategische Bedeutung und einen wichtigen Einfluss auf die internationale Positionierung des DLR und Deutschlands. Die Erforschung des Einflusses des Menschen auf Klima und Umwelt ist von hoher globaler, gesellschaftlicher und ökonomischer Relevanz (vgl.: Messung coronabedingter Schadstoffveränderung in der Atmosphäre).

Daten und Zahlen

Akronym:	ASTAR
Kategorie:	B
Zeitraum der Realisierung:	2024 - 2029
Geschätzte Investition in Mio. €:	76
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	5
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	DLR
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine



CMI – CAMPUS FÜR MEDIZIN UND INFORMATIK IN LUFT- UND RAUMFAHRT

Kurzbeschreibung

Der Campus für Medizin und Informatik in Luft- und Raumfahrt (CMI) bringt die Technologieforschung des DLR mit der medizinisch-lebenswissenschaftlichen Expertise am DLR-Standort Köln zusammen. In Kooperation mit führenden nationalen und internationalen Partnern wird eine Struktur geschaffen, die Schlüsseltechnologien wie Künstliche Intelligenz, High Performance Computing, Virtual Reality und Robotik für die medizinische Anwendung verfügbar machen – sowohl in der Luft- und Raumfahrt als auch auf der Erde. Neben einem modernen DLR FAB Lab als direkter Schnittstelle zwischen Medizin und Technologie wird ein DLR Venture Studio wissenschaftliche Innovationen in wirtschaftliche Anwendungen und Firmengründungen umsetzen.

Wissenschaftliche Bedeutung

Extreme Bedingungen in Luft- und Raumfahrt führen zu psychologischen und medizinischen Herausforderungen, etwa dem Verlust von Muskel- und Knochenmasse, der reduzierten Leistungsfähigkeit oder dem Gefühl der Isolation, dem entsprechen Problemfelder auf der Erde. Technologien wie KI-gestützte und datengetriebene Medizin oder virtuelle Umgebungen helfen, diese zu lösen. International einmalige Think Tanks im Verbund mit Simulationsanlagen für humane Studien (:envihab, Lunar Habitat), die hochkontrollierte Proof-of-Concept Studien ermöglichen, unterstützen die Forscher:innen hierbei. Die Anbindung an die praktische Luft- und Raumfahrtmedizin ermöglicht die Translation in die Anwendung: Erkenntnisse aus der Raumfahrt, wie Umweltdaten aus der Erdbeobachtung, werden für medizinische Fragen und Risikoprädiktion nutzbar gemacht.

Strategische Bedeutung

Medizin-Innovationen sind für die Luftfahrt und für die bemannte Raumfahrt von größter Bedeutung. Die Voraussetzungen sind am Standort exzellent (DLR, ESA, Luftwaffe, Lunar Habitat). Kooperationen mit Universitäten, Agenturen und Industrie bieten weltweit einmalige Gelegenheiten zur Rückkopplung zwischen Wissenschaft und praktischer Anwendung sowie zum Aufbau attraktiver Karriereprogramme an der Schnittstelle Medizin und Technologie. Wegen der Übertragbarkeit auf das gesunde Leben und Altern auf der Erde besteht eine gesellschaftliche Relevanz über die Luft- und Raumfahrt hinaus. Geboten wird die Chance für neue Produkte und Firmengründungen sowie für die Stärkung der Wirtschaft und die Schaffung attraktiver Arbeitsplätze.

Daten und Zahlen

Akronym:	CMI
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2023 - 2028
Geschätzte Investition in Mio. €:	43
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	8
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	DLR
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Keine



FORSCHUNGSBEREICH MATERIE

Profil

Die wissenschaftliche Mission des Forschungsbereichs Materie ist die Entschlüsselung der Struktur und Funktion von allen Formen der Materie – vom Quantenuniversum bis hin zu neuen künstlichen und biologischen Materialien und Wirkstoffen. Im Forschungsbereich Materie bündelt die Helmholtz-Gemeinschaft gleich mehrere Kompetenzen: die Erforschung der Materie, den Bau und den Betrieb komplexer Großforschungsanlagen für die Grundlagenforschung und die angewandten Wissenschaften (insbesondere Material- und Wirkstoffforschung) sowie die Entwicklung von Schlüsseltechnologien, wie zum Beispiel neue Konzepte für Beschleuniger, Detektoren und Datenmanagementsysteme.

Die dreigliedrige Programmstruktur befördert die Kooperation verschiedener Disziplinen. Mit seinen weltweit führenden Forschungsinfrastrukturen und seinen strategischen Kooperationen in internationalen Großforschungsprojekten leistet der Forschungsbereich einen wesentlichen Beitrag zur Mission der Helmholtz-Gemeinschaft und stärkt auch den Wissenschaftsstandort Deutschland entscheidend. Universitäten und den Instituten der Allianz-Organisationen, Industriepartnern und insbesondere dem wissenschaftlichen Nachwuchs bietet der Forschungsbereich zudem eine einzigartige und international führende Infrastruktur zur Durchführung ihrer Forschungsprojekte.

Wissens- und Technologietransfer sowie die Kooperation mit der Industrie sind wesentliche Bausteine der Zukunftsstrategien des Forschungsbereichs. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der gezielten Öffnung von Forschungsinfrastrukturen für externe Nutzer:innen aus der Wirtschaft.

Herausforderungen

Die grundlegenden Herausforderungen und großen Fragen der nächsten zehn Jahre hat der Forschungsbereich in drei Schlüsselfragen formuliert:

- Wie erhalten wir bessere Einblicke in die Strukturen des sichtbaren und des dunklen Universums, von Elementarteilchen und ihren Kräften bis hin zu Galaxien-Clustern – und wie können wir die Nukleo-Synthese der Elemente besser verstehen?
- Wie können elektronische und molekulare Prozesse auf allen relevanten Längen- und Zeitskalen besser verstanden und kontrolliert werden, um so die Voraussetzungen zu schaffen für die Entwicklung neuartiger Funktionsmaterialien und besser abgestimmter Medikamente?
- Wie können hochbrillante und kompakte Teilchenbeschleuniger und neuartige Detektoren und Sensoren entwickelt werden, und wie können deren Daten effektiv für Forschung und Industrie genutzt werden?

Der Forschungsbereich trägt sowohl mit seiner Forschung als auch seinen Infrastrukturen zur Lösung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen bei, z. B. zum Design neuartiger Materialien oder der Entwicklung von Impfstoffen und Wirkstoffen.

Strategie

Der Forschungsbereich hat eine multidisziplinäre Programmstruktur, die Kooperationen über die Grenzen der Forschungszentren, -bereiche und -disziplinen hinweg befördert: Im Programm Materie und das Universum arbeiten Teilchen-, Astroteilchen- und Kernphysiker:innen eng zusammen. Das Programm von Materie zu Materialien und Leben bündelt die Aktivitäten im Bereich der kondensierten Materie, und das sowohl in der Grundlagen- als auch in der angewandten Forschung. Aktivitäten in den Schlüsseltechnologien wie Beschleunigern und Detektoren sowie zu neuen Big Data-Konzepten werden im Programm Materie und Technologie bearbeitet.

Für die oben erwähnte Material- und Wirkstoffforschung sind zudem forschungsbereichsübergreifende Kooperationen initiiert. Weitere Querschnittskooperationen bestehen in der Quantentechnologie und Strahlenforschung. Bei der Handhabung großer Datenmengen sollen künftig verstärkt KI-unterstützte Konzepte zur Anwendung kommen. Der Forschungsbereich Materie setzt seine Kompetenzen außerdem für die Umsetzung einer zukunftsweisenden Digitalisierungsstrategie ein.

Für die großen Fragen, die sich mit Blick auf das Quantenuniversum stellen, sollen in bewährter Weise in großen internationalen Kooperationen Antworten gefunden werden. Wichtiger Partner des Forschungsbereichs ist hier u. a. das CERN. Auch Antworten und Lösungen auf die vorgenannten Herausforderungen sucht der Forschungsbereich in der experimentell und theoretisch schwer zugänglichen Quantenwelt. Deshalb ist die Weiterentwicklung der hierfür notwendigen Forschungsgroßgeräte unabdingbar.

Infrastrukturplanung

Der Forschungsbereich hat mit Blick auf die drängenden Herausforderungen klare Prioritäten für künftig notwendige Forschungsinfrastrukturmaßnahmen gesetzt. Der Schwerpunkt mit höchster Priorität liegt auf der Aufrüstung der beschleunigerbasierten Photonquellen (zu **PETRA IV**, **BESSY III** und **DALI**). Sie sind für die Erforschung von kondensierter Materie und für das künftige molekulare Design von neuen Materialien und Wirkstoffen unabdingbar. In einem detaillierten Strategiedokument ist sowohl die Notwendigkeit dieser Maßnahmen, als auch ihr Nutzen sowie ihre zeitlich gestaffelte Umsetzung dargestellt. Diese drei Infrastrukturen stellen den zentralen Beitrag des Forschungsbereichs zum Update der Nationalen Roadmap dar. Ein weiterer Beitrag ist das Upgrade des Ionenstrahlzentrums

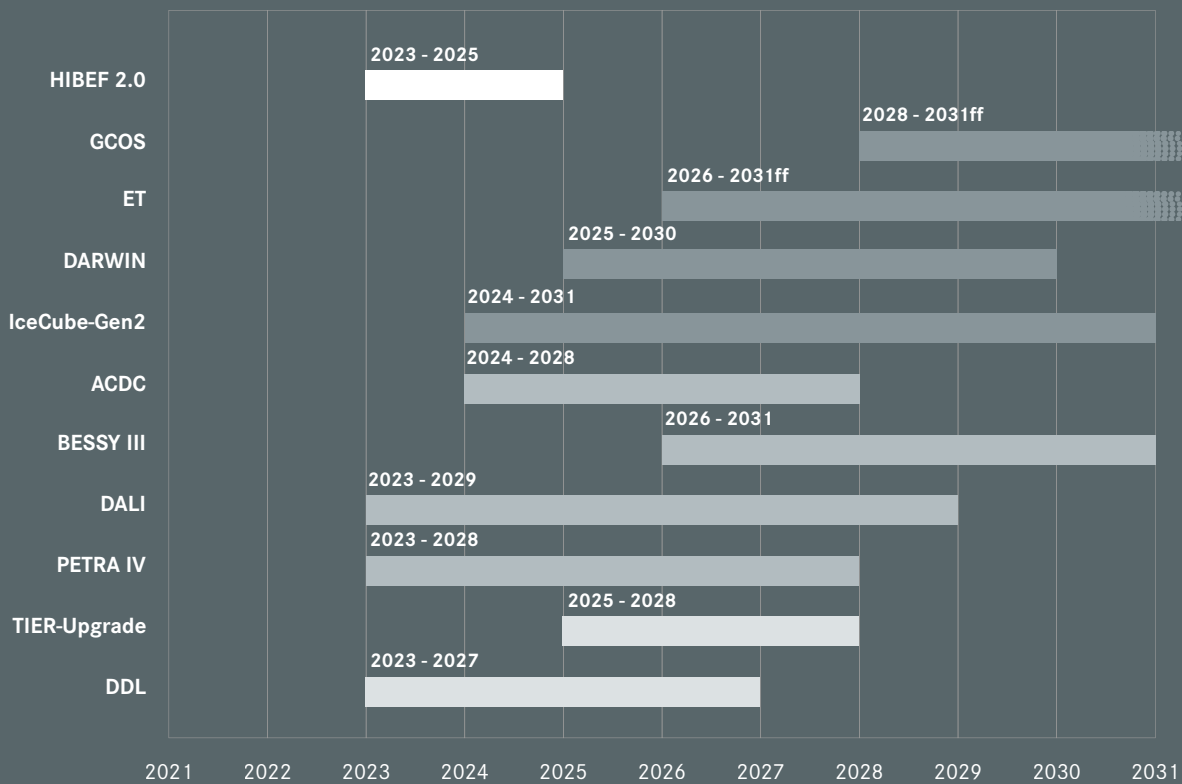
IBC zum **ACDC**. Hier geht es um die Erschließung eines Ionenstrahl-Energiebereichs der beschleunigerbasierten Massenspektroskopie für die Geo-, Umwelt- und Klimaforschung, sowie für industrielle Anwendungen im Bereich der Mikroelektronik und Elektromobilität.

Im Maßnahmenkatalog von mittelgroßen Projekten der Kategorie A haben zwei Technologieprojekte hohe Priorität: Zunächst steht die Einrichtung eines nationalen Detektorlabors (**DDL**) auf dem Plan, einer verteilten Infrastruktur, in der die Detektor- und Sensortechnologien für die Anwendung in allen Forschungsbereichen von morgen entwickelt werden sollen. Weiterhin ist das notwendige Upgrade der Datenzentren GridKa, IDAF und Green IT Cube als Vorbereitung für den Hochluminositätsbetrieb des LHC (**TIER-Upgrade**) geplant. Das HBS-P Projekt wird von der Liste der strategischen Ausbauminvestitionen genommen. Damit wird es aus dem aktuell laufenden Verfahren für die Helmholtz Roadmap

zurückgezogen und – eine Revision während der vierten Programmperiode vorausgesetzt – zu einem späteren Zeitpunkt ggf. wieder eingebracht.

Auf dem internationalen Parkett hat der Forschungsbereich zunächst zwei internationale Projekte priorisiert, bei denen eine deutsche Beteiligung angestrebt ist: die Erweiterung des IceCube-Detektors am Südpol (**IceCube-Gen2**) sowie das **DARWIN**-Projekt, das sich mit der direkten Suche nach dunkler Materie beschäftigt. Der Forschungsbereich regt zudem an, dass Deutschland eine Beteiligung am **Einstein-Teleskop (ET)**, dem europäischen Gravitationswellen-Projekt, in Betracht ziehen soll. Ein mögliches deutsches Engagement dürfte aber nicht in Konkurrenz zu der priorisierten Aufrüstung der beschleunigerbasierten Photonenquellen treten. Am Ende der Dekade soll schließlich das Global Cosmic Ray Observatory (**GCOS**) aufgebaut werden.

Geplante Realisierung



Legende:

- A** – Helmholtz-Projekte, die im wettbewerblichen Verfahren der Helmholtz-Gemeinschaft über die strategischen Ausbauminvestitionen finanziert werden (15 bis 50 Mio. €).
- B** – Große nationale Projekte der Helmholtz-Gemeinschaft, die auf die nationale Roadmap aufgenommen und mit zusätzlicher Finanzierung durch Projektmittel finanziert werden (> 50 Mio. €).
- C** – Helmholtz-Beteiligung an internationalen Forschungsinfrastrukturen, die über die nationale Roadmap oder über die nationalen Vertreter in die ESFRI-Liste überführt werden oder sonstige internationale Beteiligungen umfassen.
- A*** – Der Aufbau von HIBEF 1.0 am European XFEL ist nahezu abgeschlossen, allerdings macht der Rückzug des chinesischen Kooperationspartners aus übergeordneten Gründen eine Ersatzinvestition erforderlich.

DDL – HELMHOLTZ DISTRIBUTED DETECTOR LABORATORY

Kurzbeschreibung

Das Helmholtz Distributed Detector Laboratory (DDL) ist eine Infrastruktur zum Bau und zur Entwicklung von Hochtechnologieelementen für Detektoren. Sie wird als eine verteilte Einrichtung aufgebaut, in der die Kernkompetenzen strategisch zwischen den beteiligten Zentren aufgeteilt sind. So werden maximale Effizienz und bestmöglicher Mitteleinsatz ermöglicht. Investitionen werden in drei Schwerpunktbereichen durchgeführt:

- Zugang zu Technologien von höchstauflösenden Sensoren, z. B. im Bereich der supraleitenden Detektoren;
- Aufbau von technischen Möglichkeiten, um Halbleitersensoren auf einen spezifischen Einsatzbereich anzupassen, zum Beispiel zum Nachweis extrem niederenergetischer Röntgenstrahlen,
- Ausbau von Teststrahleinrichtungen und Diagnosemöglichkeiten.

Wissenschaftliche Bedeutung

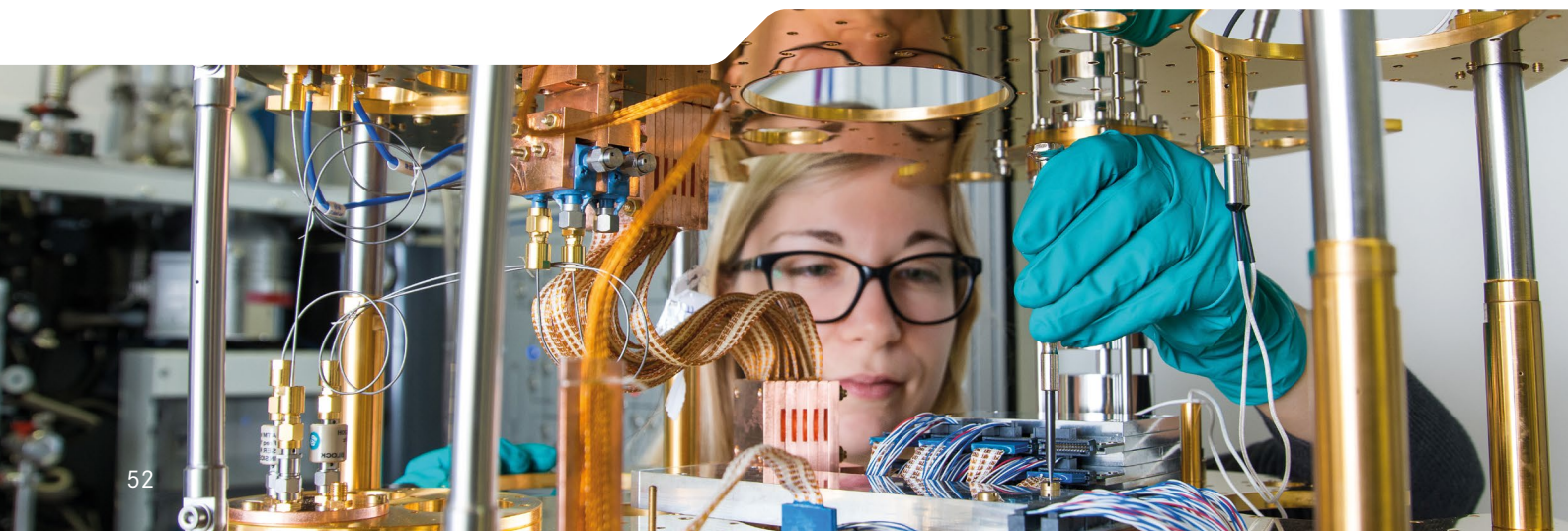
Detektortechnologien sind eine zentrale Voraussetzung für erfolgreiche Forschung im Forschungsbereich Materie. Experimente in Materie benötigen immer komplexere und leistungsfähigere Detektoren. Mit dem DDL wird der Zugang zu vielversprechenden neuen Technologien deutlich ausgeweitet. Die Schwerpunkte sind strategisch so ausgewählt, dass sie die zentralen Probleme der Experimente im Forschungsbereich Materie adressieren. Durch die Organisation als verteiltes Labor mit organisiertem Nutzerbetrieb kann das DDL eine sehr große Wirkung in viele Bereiche entwickeln – sowohl innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft als auch darüber hinaus. In der Breite der unterstützten Technologien und mit den potenziellen Anwendungsfeldern in den vielfältigsten physikalischen Experimenten (etwa Satellitenmissionen, Medizin, Metrologie, nuklearer Sicherheitstechnik und vielen weiteren) wird das DDL ein einzigartiger Kristallisationspunkt der Detektorforschung weltweit sein.

Strategische Bedeutung

Der Erfolg der Forschung im Forschungsbereich Materie hängt maßgeblich von der Qualität der eingesetzten Detektorsysteme ab. Zugang zu modernsten Technologien ist ein zentraler strategischer Baustein. Mit der Einrichtung des DDL soll die Verfügbarkeit von Schlüsseltechnologien, die kommerziell nicht oder nur sehr schwierig zugänglich sind, deutlich verbessert werden. Durch die Verteilung über mehrere Zentren wird es möglich, ein deutlich breiteres Spektrum an Technologien zu erschließen. Von Beginn an wird durch die Organisation eines Open Access-Modus die Zusammenarbeit zwischen Helmholtz-Zentren, Universitäten und außeruniversitären Institutionen entscheidend vertieft. Eine wichtige Aufgabe des DDL wird es sein, die Zusammenarbeit mit der Industrie in diesem Bereich zu vertiefen und weiter zu entwickeln. Hierzu wird ein eigenes Arbeitspaket im DDL eingerichtet werden.

Daten und Zahlen

Akronym:	DDL
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2023 - 2027
Geschätzte Investition in Mio. €:	31,6
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	3
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	DESY
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	HZB, GSI (HI Jena), KIT



TIER-UPGRADE - GRID COMPUTING CENTRES FOR THE HL-LHC (UPGRADE)

Kurzbeschreibung

Mit dem Hoch-Luminositäts-LHC-Beschleuniger am CERN werden vollkommen neue Herausforderungen an die Digitalisierung, die Datenanalyse und das Datenmanagement gestellt (TIER-Upgrade). Nur wenn diese adäquat adressiert werden, werden am HL-LHC neue Entdeckungen und Erkenntnisse möglich. Entsprechend sind leistungsstarke Daten- und Analysezentren in Deutschland als Teil der weltweiten LHC Computing-Infrastruktur (WLCG) zwingend – nur so kann die deutsche Hochenergie- und Kernphysik bestmöglich am wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn am HL-LHC partizipieren. Mit den Tier-1 und 2 Computing-Zentren bei KIT (GridKa) bzw. DESY (Teil der IDAF) und GSI (im Green IT Cube) stellt Deutschland einen ganz zentralen Grundstein des weltweiten WLCG dar. Entsprechend der Anforderungen des HL-LHC sind diese Zentren weiterzuentwickeln.

Wissenschaftliche Bedeutung

Der Beschleuniger LHC wird ab 2024 für den Betrieb mit zehnfach erhöhter Luminosität (HL-LHC) weiterentwickelt, um bekannte Mechanismen mit noch größerer Präzision zu untersuchen. Auch neue, ganz seltene physikalische Phänomene lassen sich so entdecken. Das Datenvolumen steigt damit signifikant um mehr als das Zehnfache. Zur Verarbeitung dieser Menge ist ein mehrgleisiger Ansatz notwendig: Einerseits sind Experiment-Software und Computing-Technologien zu optimieren (z.B. skalierbare, energieeffiziente, hochoptimierte Software und Systeme für das Computing in der Hochenergiephysik). Andererseits müssen Datenspeicher- und Analysekapazitäten signifikant erweitert werden.

Strategische Bedeutung

Extraktion von Wissen aus Daten ist elementarer Bestandteil moderner Wissenschaft. Der Forschungsbereich Materie ist seit Jahrzehnten Vorreiter in der Digitalisierung und im Umgang mit großen Datenmengen, etwa im Rahmen internationaler Experimentgemeinschaften in der Teilchen-, Astroteilchen-, Kern- und Hadronenphysik, an denen auch das Helmholtz-Programm Materie und Universum beteiligt ist. Ziel des HL-LHC ist es, Einsichten in physikalische Grundlagen zu gewinnen. Darüber hinaus strahlen die Innovationen rund um den HL-LHC in gesellschaftsrelevante Themen aus – von der Medizin bis hin zur Energiewende. Dabei sind die deutschen Tier-1/2 Computing-Zentren bei KIT/DESY, GSI ein Eckpfeiler des weltweiten LHC Computing Grid (WLCG) und steuern derzeit (2021) rund ein Zehntel der weltweiten Computing-Ressourcen bei. Für die HL-LHC Phase ist die herausragende Position der beteiligten deutschen Wissenschaftsorganisationen zu festigen und weiterzuentwickeln. Spitzentechnologie in Computing und Datenmanagement ist eine „Conditio sine qua non“ für den wissenschaftlichen Erfolg des HL-LHC.

Daten und Zahlen

Akronym:	TIER-Upgrade
Kategorie:	A
Zeitraum der Realisierung:	2025 - 2028
Geschätzte Investition in Mio. €:	33
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	13
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	KIT
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	DESY, GSI



PETRA IV – UPGRADE DER SYNCHROTRONSTRABLUNGSQUELLE PETRA III

Kurzbeschreibung

PETRA IV umfasst den Ausbau der Synchrotronstrahlungsquelle PETRA III bei DESY zu einer Quelle mit ultra-kleiner Emittanz, die im Photonenenergiebereich bis 10 keV die physikalischen Grenzen der Fokussierbarkeit von Synchrotronstrahlung erreichen soll. Dadurch wird PETRA IV zum ultimativen Röntgenmikroskop für biologische, chemische und physikalische Prozesse unter realistischen Bedingungen, und ermöglicht deren Untersuchung auf Längenskalen von atomaren Dimensionen bis zu Millimetern und prozessrelevanten Zeitskalen. Dadurch erlaubt es neue, bahnbrechende Untersuchungen in vielen Bereichen von Wissenschaft und Industrie – und damit wichtige Beiträge zu den großen gesellschaftlichen Herausforderungen in Gesundheit, Energie, Erde und Umwelt, Verkehr und Informationstechnologie.

Wissenschaftliche Bedeutung

Um in Zukunft den gesellschaftlichen Herausforderungen in Bereichen wie Gesundheit, Erde und Umwelt, Energie, Mobilität und Information begegnen zu können, ist die Entwicklung neuartiger Materialien mit maßgeschneiderten Funktionen bis in den atomaren Bereich hinein unerlässlich. Dies ist wiederum nur mit geeigneten Diagnosewerkzeugen möglich. PETRA IV ermöglicht die Untersuchung mikroskopisch-heterogener Proben und biologischer, chemischer und physikalischer Prozesse unter realistischen in-situ und operando Bedingungen – von der atomaren Skala bis in den makroskopischen Bereich und auf allen prozessrelevanten Zeitskalen. Dies ist für das wissenschaftsbasierte Design der nächsten Generation von Wirkstoffen und multifunktionalen Materialien erforderlich.

Strategische Bedeutung

Entwicklung, Bau und Betrieb von Großgeräten für die Wissenschaft ist wichtiger Bestandteil der Mission der Helmholtz-Gemeinschaft. DESY betreibt dazu modernste Beschleunigeranlagen für die Forschung mit Photonen. Diese dienen als einzigartiges Werkzeug zur Untersuchung der Struktur, Dynamik und Funktion von Materie und werden einer breiten nationalen und internationalen akademischen und industriellen Wissenschaftsgemeinde zur Verfügung gestellt. Neue Entwicklungen im Bereich der Beschleuniger befeuern derzeit weltweit eine Revolution im Bereich der Synchrotronstrahlung. Aufgrund seines Umfangs kann PETRA IV diese neuen Technologien optimal nutzen und damit die bestehende herausragende Stellung in der Spitzenforschung mit Photonen von DESY, der Helmholtz-Gemeinschaft und Deutschland weiter ausbauen.

Daten und Zahlen

Akronym:	PETRA IV
Kategorie:	B
Zeitraum der Realisierung:	2023 - 2028
Geschätzte Investition in Mio. €:	670,8
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	70,5
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	DESY
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	Hereon



DALI – DRESDEN ADVANCED LIGHT INFRASTRUCTURE

Kurzbeschreibung

Die auf supraleitenden Elektronenbeschleunigern basierende Strahlungsquelle Dresden Advanced Light Infrastructure (DALI) umfasst die weltweit einzigartige Kombination aus einer Hochfeld-Strahlungsquelle für den Terahertz(THz)-Spektralbereich und das Mittlere Infrarot sowie einem Freie-Elektronenlaser für Wellenlängen im Vakuum-Ultraviolett (VUV). Als Nachfolger der Strahlungsquelle ELBE erlauben diese Quellen die experimentelle Untersuchung dynamischer Prozesse mit Femtosekunden-Zeitauflösung bei extrem hohen Pulsenergien und Wiederholraten. In Kombination mit Positronen-Sekundärstrahlung, einem System für ultraschnelle Elektronenbeugung sowie speziellen Nutzerlabors für Physik, Materialwissenschaft, Chemie, Biologie und Medizin schafft DALI die Voraussetzungen für exzellente Spitzenforschung und wird nationale und internationale Nutzergruppen aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen ansprechen.

Wissenschaftliche Bedeutung

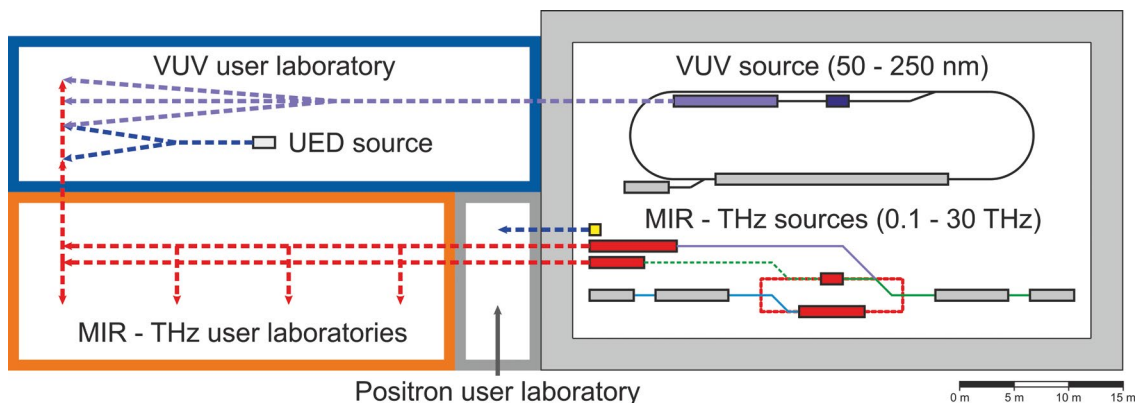
Intensive THz/Infrarot-Strahlungsquellen ermöglichen die Modifikation und gezielte Kontrolle funktionell relevanter elektronischer Zustände in Festkörpern, insbesondere in Nanostrukturen und Hochtemperatur-Supraleitern. Sie sind entscheidend zum Verständnis der Rolle von Wasser in Lebensprozessen, zum Auslösen von Schaltprozessen in Zellmembranen sowie zur Steuerung chemischer Reaktionen. Intensive Positronen-Strahlung erlaubt die hochempfindliche Bestimmung und dynamische Untersuchung von Fehlstellen in kristallinen Festkörpern, zum Beispiel CMOS-Schaltkreisen, und von porösen Materialien auf nm-Skalen. Die geplante intensive VUV-Strahlungsquelle verspricht ein besseres mikroskopisches Verständnis chemischer Reaktionen, insbesondere in der Katalyse, Verbrennung, Atmosphärenphysik und Astrochemie.

Strategische Bedeutung

DALI wäre die größte Forschungsinfrastruktur in den Neuen Bundesländern außerhalb Berlins, zudem die weltweit größte Nutzereinrichtung für THz-Strahlung, die weltweit stärkste Positronenquelle und auch der weltweit stärkste VUV-Laser – und somit ein regionales und nationales Leuchtturmprojekt mit internationaler Anziehungskraft. Diese Einschätzung teilten auch die Gutachter:innen für PoF IV, als sie von der THz-Revolution sprachen, die DALI lancieren wird. Sie sprachen eine klare Empfehlung für die Umsetzung in PoF IV aus. Die Attraktivität des Dresdener Forschungsraums als Wissenschaftsstandort würde durch DALI substantiell gesteigert. DALI würde die international führende Stellung des HZDR in der Anwendung supraleitender Beschleunigertechnologien nachhaltig stärken und wäre gleichzeitig ein Anziehungspunkt für führende Wissenschaftler:innen aus der ganzen Welt, um in dieser Anlage revolutionäre wissenschaftliche und technische Durchbrüche zu erzielen.

Daten und Zahlen

Akronym:	DALI
Kategorie:	B
Zeitraum der Realisierung:	2023 - 2029
Geschätzte Investition in Mio. €:	200
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	20
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	HZDR



BESSY III – BERLINER ELEKTRONENSPEICHERRING FÜR SYNCHROTRONSTRAHLUNG III

Kurzbeschreibung

Die Synchrotronstrahlungsfacility BESSY III ermöglicht mit ihrer Optimierung für spektroskopische Methoden die Charakterisierung und wissenschaftliche Entdeckung von höchst effizienten Materialien und Materialsystemen. Diese sind zur Lösung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen erforderlich. Wissenschaftliche Schwerpunkte sind dabei die Umwandlung, Speicherung und Nutzung von Energie sowie die energieeffiziente Informationstechnologie. BESSY III ermöglicht dabei einzigartige Einblicke in den Transport von Elektronen und Ionen durch Grenzflächen sowie in katalytisch unterstützte chemische Reaktionen. In Kombination mit dedizierten Labor- und Probenumgebungen erlaubt BESSY III In-situ- und In-operando-Untersuchungen von der Nano- bis zur Makrodimension und von extrem kurzen Zeitskalen bis hin zu stationären Zuständen.

Wissenschaftliche Bedeutung

Die wissenschaftliche Entwicklung von neuen Materialien legt die Basis für die Lösung großer gesellschaftlicher Herausforderungen wie der nachhaltigen Energieversorgung, der Quantentechnologie, der energieeffiziente Informationstechnologie und der Gesundheit. Die durch BESSY III bereitgestellten Methoden zur detaillierten spektroskopischen und mikroskopischen Charakterisierung ermöglichen über alle relevanten Energie-, Größen- und Zeitskalen hinweg bedeutsame Einblicke – von der Funktion und Steuerung von Prozessen auf atomarer Skala bis hin zum Ursprung der makroskopischen Eigenschaften von Materialien. Dies wird einen Paradigmenwechsel erlauben, weg von der reinen Beobachtung hin zur gezielten Steuerung von Funktionalität.

Strategische Bedeutung

BESSY III ist angesiedelt in Deutschlands größtem Technologiepark Berlin-Adlershof. Aus dem Zusammenspiel der Materialforschung des HZB und externer Nutzung durch international führende Forschungsgruppen sowie der Industrie werden Synergien entstehen, die die Entwicklung von Materialien für neue Technologien beschleunigen. Besondere Bedeutung für das HZB hat dabei die enge Zusammenarbeit mit den exzellenten Berliner Universitäten, nationalen Forschungseinrichtungen und Technologieunternehmen. Die PTB wird BESSY III zudem für metrologische Untersuchungen im Auftrag der Industrie nutzen sowie als europäisches Strahlungsnormal. Als internationaler Leuchtturm für die Materialforschung wird BESSY III somit die Weiterentwicklung des Technologiestandorts Deutschland langfristig befördern.

Daten und Zahlen

Akronym:	BESSY III
Kategorie:	B
Zeitraum der Realisierung:	2026 - 2031
Geschätzte Investition in Mio. €:	550
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	50
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	HZB



ACDC – ACCELERATOR-DRIVEN MULTIPURPOSE ION BEAM COMPLEX

Kurzbeschreibung

Mit dem ACcelerator-Driven multipurpose ion beam Complex (ACDC) werden die in Deutschland verfügbaren Ionenenergien (HZDR: niedrige Energien; GSI: höchste Energien) im Bereich mittlerer Energien komplementiert. Die Erweiterung der verfügbaren Ionenenergien und die Bereitstellung von Neutronen mit ACDC stärkt den Fokus des Zentrums auf wichtige Fragen der Gesellschaft: Mit der Etablierung der unikalen Hochenergie-Beschleunigermassenspektrometrie werden aktuelle Fragen des Klimawandels und des Umweltschutzes adressiert. Darüber hinaus wird das Forschungsportfolio um den Bereich der Strahlenbiologie ergänzt und bei Nutzung einer Ionennachbeschleunigung auf die Strahlenmedizin ausgedehnt. Im Bereich der Materialforschung werden neue Verfahren für verlustarme Hochleistungsbaulemente für die Elektromobilität und intelligente Netze weiterentwickelt.

Wissenschaftliche Bedeutung

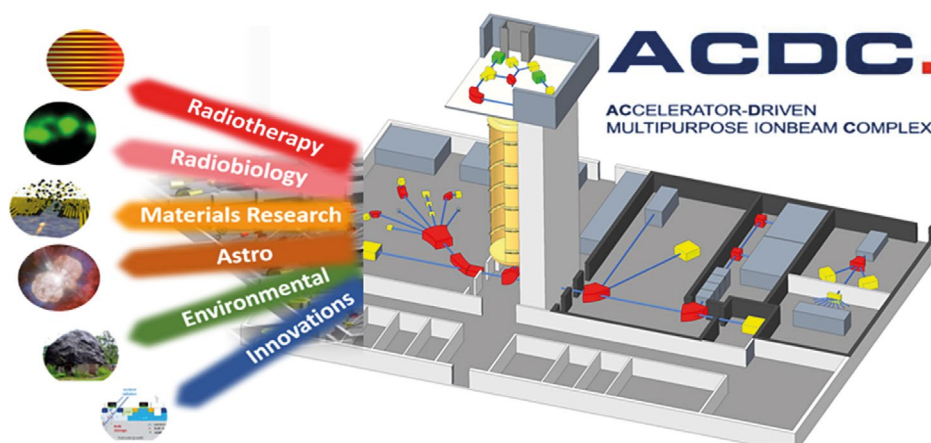
Aufgrund seines einzigartigen Ionenstrahlangebots und seiner interdisziplinären und breiten Ausrichtung kann ACDC Neuland in den verschiedensten Forschungsgebieten betreten. Im Bereich der Strahlenbiologie und -medizin können weltweit einzigartig – mit konventionellen und laserbeschleunigten Bestrahlungskonzepten – an einem Standort die Wirkungsweise sogenannter Minibeam- und Flash-Konzepte vergleichend evaluiert werden. Mit diesen für die Beschleunigermassenspektrometrie verfügbaren hohen Ionenenergien werden neue Nuklide nutzbar und damit neue Anwendungsbereiche im Bereich der Umwelt- und Geoforschung erstmalig zugänglich. Darüber hinaus werden wichtige Fragestellungen im Bereich der Nukleosynthese und der Auswirkung naher kosmischer Ereignisse auf die Biosphäre der Erde adressiert.

Strategische Bedeutung

Das Ionenstrahlzentrum IBC des HZDR ist Europas größte und erfolgreichste Nutzereinrichtung im Bereich der Materialforschung mit Ionen. Mit der Ausgründung der HZDR Innovation GmbH hat es seine Aktivitäten im Technologietransfer und im industriellen Service nachhaltig ausgebaut. Mit ACDC setzt das HZDR nun die Gutachterempfehlung für PoF IV um, das IBC substanziell auszubauen. ACDC wird neue Nutzer-Communities erschließen und zu allen von der EU identifizierten gesellschaftlichen Herausforderungen (Horizon Europe Missions) entscheidende Beiträge leisten. Mit der Etablierung von ACDC werden Aktivitäten im Forschungsbereich Gesundheit komplementiert und es werden Brücken zu den Forschungsbereichen Energie sowie Erde und Umwelt geschlagen. Der Halbleiterstandort Dresden wird durch die industrielle Nutzung von ACDC weiter gestärkt.

Daten und Zahlen

Akronym:	ACDC
Kategorie:	B
Zeitraum der Realisierung:	2024 - 2028
Geschätzte Investition in Mio. €:	94
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	6
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	HZDR
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	GSI



ICECUBE-GEN2 – THE NEUTRINO OBSERVATORY

Kurzbeschreibung

The Neutrino Observatory IceCube-Gen2 wird das weltweit führende Experiment zur Messung hochenergetischer Neutrinos aus dem Universum sein. Mit dem Nachweis der ersten hochenergetischen astrophysikalischen Neutrinos gelang 2013 ein fundamentaler Durchbruch – Neutrino-Astronomie wurde als neues Forschungsgebiet etabliert. Der 1 km³ große IceCube-Detektor am Südpol wurde 2010 von einer internationalen Kollaboration aus zwölf Ländern fertiggestellt (280 Millionen Dollar Baukosten) und sammelt seither kontinuierlich Daten. Bis 2024 erfährt IceCube eine Erweiterung (IceCubeUpgrade), um eine erhöhte Sensitivität für Neutrinos niedriger Energie zu erreichen. Danach soll eine Erweiterung zu IceCube-Gen2 erfolgen, um Hochenergie-Neutrino-Astronomie zu etablieren. IceCube-Gen2 wird zukünftig ein zentrales Instrument für die globale Multi-Messenger-Astroteilchenphysik sein.

Wissenschaftliche Bedeutung

2018 konnte die erste hochenergetische Neutrinoquelle durch Koinzidenzmessungen mit Gammastrahlen-Observatorien identifiziert werden. Das vorgeschlagene Gen2-Instrument wird durch eine signifikante Steigerung der Neutrino-Empfindlichkeit die Rate an Entdeckungen verzehnfachen. Die Multi-Messenger-Astroteilchenphysik wird von einzigartigen Observatorien für die vier kosmischen Boten (kosmische Strahlung, Neutrinos, Gamma-Strahlung, Gravitationswellen) aus dem Universum getragen: Pierre-Auger-Observatorium, Cherenkov Telescope Array (CTA), IceCube-Gen2, sowie das zukünftige Gravitationswellen-Experiment Einstein-Teleskop. Nur mit deren Sensitivität können die Fragen zu den höchstenergetischsten Prozessen im Universum beantwortet werden.

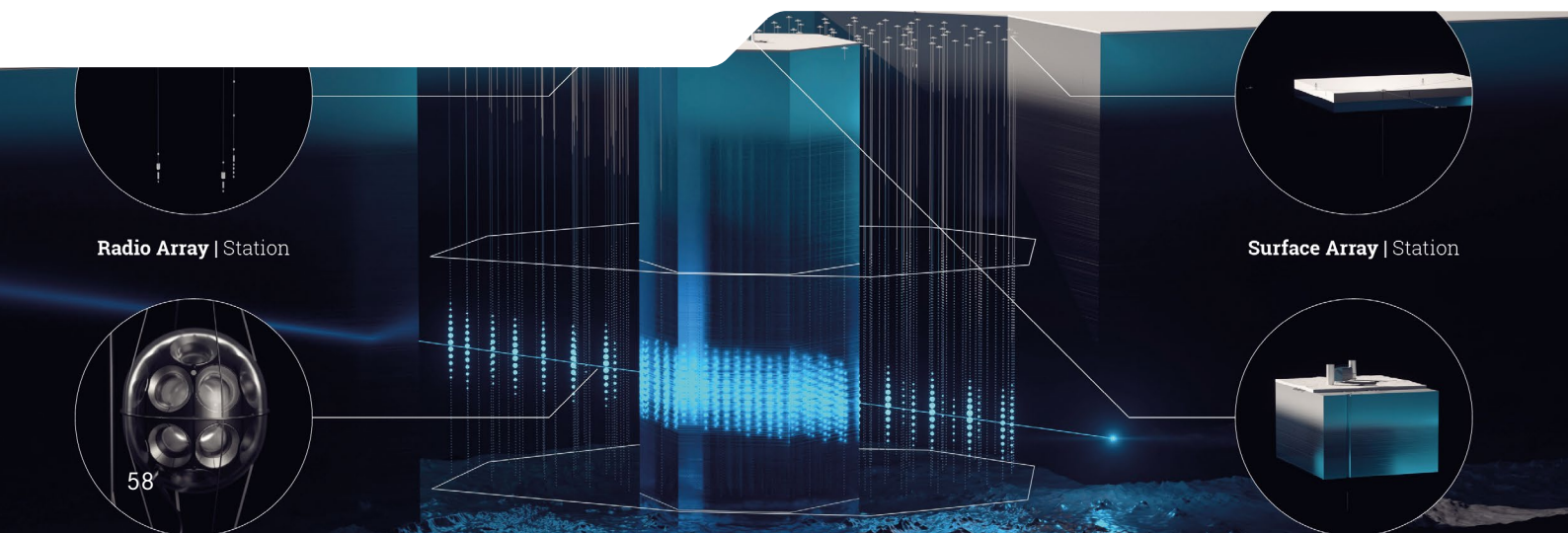
Strategische Bedeutung

Die Forschung zur Hochenergie-Astroteilchenphysik mit IceCube ist ein wichtiger Pfeiler des Programms „Materie und das Universum“. IceCube-Gen2 gewährleistet, dass Helmholtz seine weltweite Sichtbarkeit im Forschungsfeld behauptet und ausbaut. Nach den USA ist Deutschland (DESY, KIT, neun Universitäten) zweitstärkster Partner der Kollaboration. Ein Großteil der Daten wird für eine freie Nachnutzung teilweise in Echtzeit zur Verfügung gestellt. IceCube-Gen2 wird zukünftig ein zentrales Instrument nicht nur für die Multi-Messenger-Astroteilchenphysik, sondern auch bei der Suche nach schwerer Dunkler Materie und der Bestimmung von Neutrino-Eigenschaften sein.

Daten und Zahlen

Akronym:	IceCube-Gen2
Kategorie:	C
Zeitraum der Realisierung:	2024 - 2031
Geschätzte Investition* in Mio. €:	285 (40)
Geschätzte Betriebskosten* pro Jahr in Mio. €:	8 (1)
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	DESY
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	KIT

*) Davon der Anteil aus Deutschland in Klammern.



DARWIN – DARK MATTER WIMP SEARCH WITH LIQUID XENON

Kurzbeschreibung

DARWIN adressiert eine der zentralen Fragestellungen des Forschungsbereichs Materie: die Natur der Dunklen Materie (DM). Ziel ist es, den ultimativen Detektor zum direkten Nachweis von DM zu bauen, dessen Empfindlichkeit mit einem Datensatz von 200 Tonnen-Jahren nur durch den irreduziblen Untergrund von Neutrinos begrenzt wird. In einem Untertagelabor wird eine mit Xenon gefüllte Zeitprojektionskammer betrieben, wozu etwa 50 Tonnen flüssiges Xenon notwendig sind. Dark Matter WIMP Search with Liquid Xenon – DARWIN wird den experimentell zugänglichen Parameterraum für WIMPs als DM-Kandidaten über einen weiten Massenbereich untersuchen. Als Mehrzweck-Observatorium wird DARWIN darüber hinaus auch zur ultrapräzisen Messung solarer Neutrinos, zur Detektion von Supernova-Neutrinos sowie zur Suche nach Physik jenseits des Standardmodells beitragen, etwa zum neutrinolosen Doppelbetafall.

Wissenschaftliche Bedeutung

DARWIN wird das weltweit führende Observatorium für Astroteilchenphysik mit seltenen Ereignissen sein. Deshalb hat DARWIN nicht nur eine realistische Chance, die Natur der DM aufzudecken, sondern wird auch in der Lage sein, ihre Eigenschaften zu untersuchen, wie zum Beispiel Masse oder auch Wechselwirkungsstärke und -art. Durch seine einmalig geringe Untergrundzählrate ist das Observatorium zudem ideal dafür geeignet, die Struktur der schwachen Wechselwirkung und extrem seltener Prozesse zu untersuchen. Auch weitere interessante Physikkanäle werden eröffnet, etwa die Suche nach solaren Axionen.

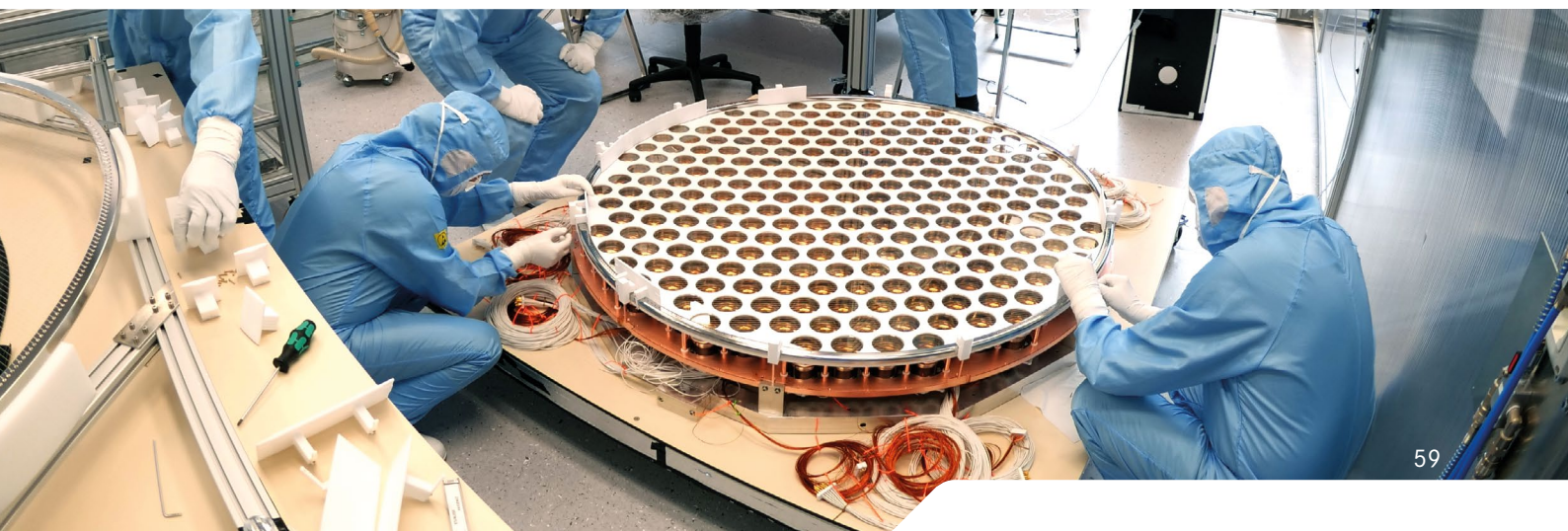
Strategische Bedeutung

Die Niederenergie-Astroteilchenphysik ist ein wichtiger Bestandteil des Helmholtz-Programms „Materie und das Universum“. Sie adressiert die Frage nach der Zusammensetzung unseres Universums. Mit DARWIN ist die Helmholtz-Gemeinschaft an einem Schlüsselexperiment mit Potenzial für revolutionäre Entdeckungen beteiligt und stärkt dabei nachhaltig die Hochtechnologie-Expertise am KIT. Als Nachfolger der überaus erfolgreichen XENON-Detektorlinie ist DARWIN ein technologisch einzigartiges internationales Großforschungsprojekt. Derzeit sind Kollaborationspartner aus 13 Ländern beteiligt (EU, USA, Asien), darunter acht Gruppen aus Deutschland (Helmholtz, Max-Planck-Gesellschaft, Universitäten). Ein möglicher Standort ist Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS), Italien.

Daten und Zahlen

Akronym:	DARWIN
Kategorie:	C
Zeitraum der Realisierung:	2025 - 2030
Geschätzte Investition* in Mio. €:	175 (44)
Geschätzte Betriebskosten* pro Jahr in Mio. €:	0,8 (0,2)
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	KIT

*) Davon der Anteil aus Deutschland in Klammern.



ET – DAS EINSTEIN-TELESKOP

Kurzbeschreibung

Das Einstein-Teleskop (ET) ist ein geplantes Gravitationswelleninterferometer der dritten Generation. Mögliche Aufstellungsorte sind das Dreiländereck Deutschland/Niederlande/Belgien oder Sardinien (Italien). Die Gravitationswellenastronomie mit ET verspricht bahnbrechend neue Erkenntnisse für die Astroteilchenphysik, die Astrophysik, die Teilchenphysik und die Kosmologie.

Wissenschaftliche Bedeutung

Der Nachweis von Gravitationswellen (GW) aus der Verschmelzung von Schwarzen Löchern oder von Neutronensternen gelang 2015 mit den Interferometern LIGO (USA) bzw. 2017 mit LIGO und Virgo (Italien). Im Jahr 2017 erhielten Barry Barish, Kip Thorne und Rainer Weiss den Nobelpreis „für entscheidende Beiträge zum LIGO-Detektor und zur Beobachtung von Gravitationswellen“. Das wichtigste erdgebundene Zukunftsprojekt ist das Europäische Einstein-Teleskop (ET). ET ist als Laser-Interferometer mit 10 km Seitenlänge konzipiert. Das Einstein-Teleskop wird durch zahlreiche technologische Entwicklungen eine Empfindlichkeit erreichen, die viele Quellen von Gravitationswellen unterschiedlichster Art bis tief ins Universum aufspüren lässt. Dies wird auch zu neuen Erkenntnissen über extreme Zustände der Kernmaterie führen, erlaubt Tests der Allgemeinen Relativitätstheorie bei starken Gravitationsfeldern und erweitert über die Integration von Gravitationswellen in die Multi-Messenger-Astroteilchenphysik das Wissen über die höchstenergetischsten Prozesse im Universum.

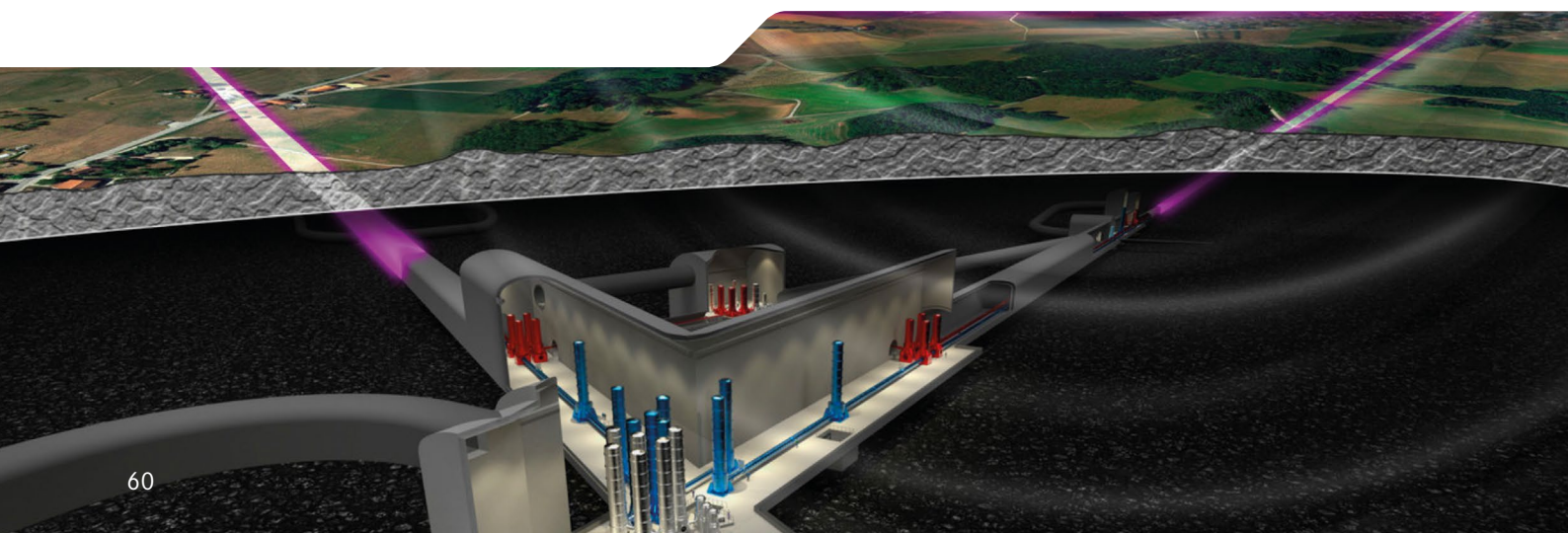
Strategische Bedeutung

Das Einstein-Teleskop sichert Europa eine führende Rolle in der Erforschung des Universums. ET wird ein zentrales Instrument für die Astroteilchenphysik in den 30er bis 50er Jahren des 21. Jahrhunderts und damit eine große Chance für die Wissenschaftslandschaft in Deutschland und Europa sein. ET kann nur mit signifikanter Beteiligung Deutschlands gelingen. ET erfordert und generiert enorme Fortschritte in zahlreichen Gebieten: neben der Grundlagenphysik unter anderem in der Mathematik, der KI-basierten Sensorfeldauswertung, in Seismo-Geodäsie, Vakuum- und Lasertechnologie, bei kryogenen Detektoren oder bei Quantenmessverfahren. Unter den deutschen Universitäten und Forschungseinrichtungen ist insbesondere der Forschungsbereich Materie der Helmholtz-Gemeinschaft mit den primär beteiligten Zentren KIT und DESY angesprochen. Die erwarteten Erkenntnisse lassen sich auf absehbare Zeit mit keiner anderen Methode erreichen.

Daten und Zahlen

Akronym:	ET
Kategorie:	C
Zeitraum der Realisierung:	2026-2031ff
Geschätzte Investition* in Mio. €:	1736 (k. A.)
Geschätzte Betriebskosten* pro Jahr in Mio. €:	37 (k. A.)
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	DESY
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	HZDR, KIT

*) Davon der Anteil aus Deutschland in Klammern.



GCOS – THE GLOBAL COSMIC RAY OBSERVATORY

Kurzbeschreibung

Falls es gelingt, mit Messdaten des Auger-Observatoriums die Quellen der höchstenergetischen kosmischen Strahlung zu identifizieren, sollen diese Quellen mit dem Global Cosmic Ray Observatory (GCOS) genauer bestimmt werden. So können Beschleunigungsmechanismen, die Ausbreitung der Teilchen sowie die Stärke und der Verlauf kosmischer Magnetfelder untersucht werden. Mit einer instrumentierten Fläche von insgesamt mehr als 90.000 km², gleichmäßig aufgeteilt auf verschiedene Standorte in mehreren Ländern, wird die Beobachtung des gesamten Himmels mit der nötigen Teilchenstatistik möglich. Jedes dieser Teilobservatorien von GCOS steht für eine Vielzahl von multidisziplinären und großflächigen Untersuchungen als erweiterbares Sensornetzwerk zur Verfügung, etwa für Klima- und Geowissenschaften.

Wissenschaftliche Bedeutung

Die GCOS-Daten bilden eine der vier Säulen der modernen Multi-Messenger-Astroteilchenphysik und werden grundlegende Erkenntnisse über höchstenergetische Prozesse in unserem Universum liefern. Es werden Energie, Herkunftsrichtung und Art der kosmischen Teilchen mit großer Statistik bestimmt, um ihre Quellen zu charakterisieren. GCOS ermöglicht darüber hinaus auch einen alternativen Zugang zur Suche nach Neuer Physik jenseits des Standardmodells, zum Beispiel die Suche nach Extradimensionen, nach Verletzung der Lorentz-Invarianz und die Untersuchung hadronischer Wechselwirkungen. GCOS wird auch über eine sehr große Nachweisempfindlichkeit für ultra-hochenergetische Neutrinos und Photonen verfügen.

Strategische Bedeutung

Mit der Entwicklung und dem Bau von GCOS, welches das Auger-Observatorium als zentralen Baustein einschließen wird, wird die weltweite Führungsrolle der Helmholtz-Gemeinschaft im Bereich der Messung hochenergetischer kosmischer Strahlung fortgeführt. Die Hochenergie-Astroteilchenphysik ist ein wichtiger Pfeiler des Programms „Materie und das Universum“ und trägt wesentlich zum Fortschritt und der weltweiten Sichtbarkeit der Multi-Messenger-Physik bei. Darüber hinaus bietet das Projekt großes Potenzial für Technologieentwicklungen, zum Beispiel hinsichtlich robuster als auch umweltfreundlicher Teilchendetektoren, intelligenter Netzwerke und erneuerbarer Energien. Mit seinem verteilten Sensornetzwerk wird es zudem zur Klima- und Geoforschung beitragen.

Daten und Zahlen

Akronym:	GCOS
Kategorie:	C
Zeitraum der Realisierung:	2028 - 2031ff
Geschätzte Investition* in Mio. €:	390 (40)
Geschätzte Betriebskosten* pro Jahr in Mio. €:	15 (1,5)
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	KIT

*) Davon der Anteil aus Deutschland in Klammern.



HIBEF 2.0 – HELMHOLTZ INTERNATIONAL BEAMLINE FOR EXTREME FIELDS 2.0

Kurzbeschreibung

Mit Hilfe aktuellster Entwicklungen in der Lasertechnologie wird HIBEF 2.0 erstmals eine XFEL-Quelle mit Hochleistungslasern der kJ-Klasse kombinieren. Diese Laserpuls-Energien liegen mehr als eine Größenordnung über den Möglichkeiten aller international vergleichbarer Anlagen. Dies erlaubt die Erschließung neuer Wissenschaftsfelder, insbesondere die Untersuchung von Materiezuständen bei Drücken um und über 1 TPa (10 Mbar) sowie Präzisionsexperimente zur Natur des quantenphysikalischen Vakuums. Dazu wird errichtet:

- Ein optisches Hochenergielasersystem am European XFEL, das sowohl kJ-Pulsenergien im Nanosekundenbereich und Petawatt-Leistungen im sub-Pikosekundenbereich zur Verfügung stellt, mit Repetitionsraten von ca. einem Laserschuss pro Minute.
- Ein Nanosekunden-Hochenergielaser (ca. 200 J Pulsenergie) am HZDR zur Entwicklung von Probenumgebungen an EuXFEL sowie für separate Experimente.

Wissenschaftliche Bedeutung

Das Verhalten von Materie bei Drücken über 400 GPa ist nahezu unbekannt. HIBEF 2.0 wird erstmals detaillierte Einblicke in Materialstrukturen bei Drücken bis zu 30 TPa erlauben. Neben der großen Bedeutung für das Innere von Planeten (insb. Supererden und Gasriesen) sind neuartige Materialien bei Drücken über 1 TPa vorhergesagt, die in metastabiler Form unter Normalbedingungen bahnbrechende Anwendungen erlauben können. Die Petawatt-Option wird die Sensitivität zur erstmaligen Messung der von der Quantenelektrodynamik vorhergesagten Doppelbrechung im Vakuum signifikant erhöhen, was die Möglichkeiten von HIBEF zur Erreichung dieses Leuchtturmziels deutlich erweitert. Weitere Felder sind detaillierte Studien von Materie unter dem Einfluss von Magnetfeldern im kT-Bereich sowie Laser-Materie-Wechselwirkungen bei extremen Bedingungen.

Erkenntnisse hieraus hätten großes Anwendungspotenzial, beispielsweise in der Materialbearbeitung oder in der Medizin.

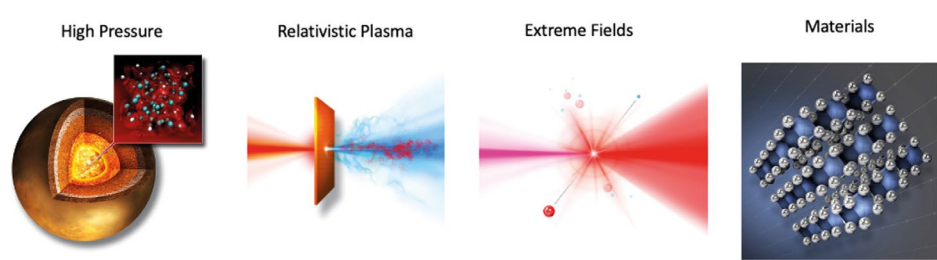
Strategische Bedeutung

Die vorgeschlagene Infrastruktur ist weltweit einzigartig und wird die international führende Stellung von HIBEF am European XFEL weiter ausbauen. Durch die strategische Partnerschaft mit der GSI, das die führende Rolle in der Entwicklung der sub-Pikosekunden-Option von HIBEF 2.0 übernimmt, werden unabdingbare Vorarbeiten für die geplanten Hochenergielasersysteme an FAIR geleistet (geplante GSI-Beiträge: Femtosekunden-Front-End, Kompressor und Komponenten zum Strahltransport). Gleichzeitig unterstützt und erweitert der vorgeschlagene Kompressionslaser am HZDR das Wissenschaftsprogramm an den vorhandenen Lasernutzeranlagen der Helmholtz Gemeinschaft.

Daten und Zahlen

Akronym:	HIBEF 2.0
Kategorie:	A*
Zeitraum der Realisierung:	2023 - 2025
Geschätzte Investition in Mio. €:	28
Geschätzte Betriebskosten pro Jahr in Mio. €:	3,9
Federführendes Helmholtz-Zentrum:	HZDR
Weitere beteiligte Helmholtz-Zentren:	GSI

A*) Der Aufbau von HIBEF 1.0 am European XFEL ist nahezu abgeschlossen, allerdings macht der Rückzug des chinesischen Kooperationspartners aus übergeordneten Gründen eine Ersatzinvestition erforderlich.



HIBEF 2.0



DAS HELMHOLTZ-SYMPOSIUM

EINE ZUSAMMENFASSUNG

Am 28. Juni 2021 fand im Spreepalais am Berliner Dom das Symposium der Helmholtz-Gemeinschaft zur Vorstellung der neu geplanten Forschungsinfrastrukturen (FIS) in den sechs Forschungsbereichen statt. Die Idee war, ein Feedback dazu aus der Science Community zu erhalten. Das Symposium bestand aus einer Podiumsdiskussion im Format einer Talkshow, die per Live Stream veröffentlicht und von mehr als 1.200 Zuschauerinnen und Zuschauer verfolgt wurde.

„ Wir haben bei dem Symposium gelernt, dass die Beteiligten aus den unterschiedlichen Science Communities über Forschungsideen zu wissenschaftlichen Großgeräten sehr gut miteinander reden können. Interessant zu sehen, wie viel Interaktion das zwischen den Forschungsbereichen der Helmholtz-Gemeinschaft induziert.

Rolf-Dieter Heuer, CERN



dem Präsidenten Otmar D. Wiestler, der im Folgenden auch als Teilnehmer wirkte. Moderiert wurde sie von Rolf-Dieter Heuer (ehemals CERN und Mitglied des Senats der Helmholtz-Gemeinschaft), flankiert von Sara Arnsteiner (Geschäftsstelle der Helmholtz-Gemeinschaft). Jeweils im Tandem präsentierten die Vizepräsidenten die Planungen ihrer Forschungsbereiche, um anschließend darüber mit jeweils zwei bis drei repräsentativen Gästen aus dem Kreis der Nutzer bzw. aus Strategischen Partnerschaften zu diskutieren.

Ausgangsfragen waren die nach Schwerpunktsetzung, Prioritäten und etwaigen Lücken der Planung. Erörtert wurde insbesondere, worin Alleinstellungsmerkmale gegenüber vergleichbaren, existierenden Forschungsanlagen bestehen, wodurch das Betreiber/Nutzer-Verhältnis charakterisiert ist, oder welche Rolle die geplanten FIS bei Nachwuchsförderung und Rekrutierung spielen. Wie werden zum Beispiel unterschiedliche Bedarfe aus Science Community und Industrie bestmöglich berücksichtigt? Welcher Technologietransfer wird in Verbindung mit den neuen FIS möglich bzw. erwartet? Was könnte einen Innovationsschub erzeugen? Ferner wurde die Rolle der Helmholtz-Gemeinschaft und ihrer FIS im deutschen Wissenschaftssystem ausgeleuchtet, sowie die Entwicklung zu großen FIS in Deutschland und weltweit. Zu guter Letzt ging es um die Frage, wie sich die Auswahlprozesse zu künftigen FIS gestalten.

In drei jeweils zweistündigen Sessions sowie einer einstündigen Abschluss-Session wurden die neuen, geplanten Vorhaben vorgestellt und erörtert. Eröffnet wurde die Veranstaltung von

Die Diskussion, an der sich zahlreiche Zuschauerinnen und Zuschauer via Chat beteiligten, verlief sehr inspirierend. Dabei wurden auch kritische Aspekte offen angesprochen, weshalb



beispielsweise bestimmte Vorhaben zum gegebenen Zeitpunkt auf dieser Roadmap nicht aufscheinen. Faszinierend die allgemeine Erkenntnis, wie anregend über Forschungsbereiche und Science Communities hinweg über die FIS-Vorhaben miteinander diskutiert werden konnte. Eindrücklich die Feststellung, dass die hohe Systemkompetenz für Entwicklung, Bau und Betrieb von großen FIS ein besonderes Merkmal der Helmholtz-Gemeinschaft sei – und zwar auf allen Arbeitsebenen und Gewerken. Die FIS bilde einen Magneten insbesondere für junge Menschen, was sie besonders wertvoll mache für die Talentrekretierung. Die Wechselwirkung zwischen den Forschungsbereichen durch entsprechende Querschnittsaktivitäten wurde von der Runde als essentiell befunden, ebenso die Forderung, bei den Planungen auch neue Wege interdisziplinär zu gehen. Für exzellente Forschung an den FIS sei ein holistischer Ansatz entscheidend, bei dem das Gesamtsystem einer Fragestellung in Betracht gezogen wird. Dasselbe gilt für die Akzeptanz der FIS-Projekte außerhalb der Science Community, weshalb die Wissenschaftskommunikation für FIS eine große Bedeutung habe. Die Runde unterstrich die katalytische Wirkung von FIS für Forschung und Entwicklung allgemein.

“ **Exzellente FIS sind Kristallisationspunkte und Bindeglieder für das Wissenschaftssystem. Die Forschenden kommen aus Wissenschaftsorganisationen und Institutionen der ganzen Welt. Sie treffen sich dort, lernen sich kennen, arbeiten eng zusammen und werden im systemischen Denken geschult. Die FIS bilden einen Magneten insbesondere für junge Menschen, was die Anlagen besonders wertvoll macht für die Talentrekretierung.**



Otmar D. Wiestler, Helmholtz-Gemeinschaft

Für Wissens- und Technologietransfer wurde ein systemischer Ansatz angeregt, um dem engen Zusammenspiel von Grundlagenforschung und Innovation gerecht zu werden. Die Entwicklung von Startups und Entrepreneurship müsse daher bei den Planungen der neuen FIS von vornerein mitgedacht werden.

Überhaupt gelte die Öffnung der FIS über das Wissenschaftssystem hinaus, sprich die Einbindung der Industrie, als ein wesentliches Kriterium für den Erfolg. Unbestritten war unter den Diskutanten, dass die Digitalisierung, vor allem Management und Handhabbarkeit der enormen Datensätze, ein herausgehobenes Thema bei den Planungen in allen sechs Forschungsbereichen sei. Überdies würden Fragen zur Nachhaltigkeit zunehmend bedeutsamer.

In ihrem abschließenden Resümee hielten Rolf-Dieter Heuer und Otmar D. Wiestler fest, dass die Helmholtz-Gemeinschaft als Betreiberin großer FIS im deutschen Wissenschaftssystem grundsätzlich richtig aufgestellt sei – im Verbund mit den Universitäten, der Max-Planck-Gesellschaft, der Fraunhofer-Gesellschaft und der Leibniz-Gemeinschaft. Der Fokus der neuen FIS-Planungen der Helmholtz-Gemeinschaft läge auf der Grundlagenforschung, diese bilde den Motor für Forschung und Entwicklung. Das dürfe aber nicht darüber hinwegtäuschen, wie groß das Transferpotenzial dieser Anlagen sei. Beide betonten in ihrem Resümee, dass eine exzellente Eigenforschung an den FIS essentielle Voraussetzung sowohl für den erfolgreichen Betrieb der Nutzeranlagen wie auch für eine fruchtbare Zusammenarbeit mit der externen Nutzerschaft ist. Die Diskussion habe insgesamt gezeigt, dass die Bandbreite der FuE-Aktivitäten an den laufenden wie geplanten FIS der Helmholtz-Gemeinschaft von den Gästen gewertschätzt und ein großes Vernetzungspotenzial zwischen den Wissenschaftsorganisationen gesehen wird. Es sei wiederholt festgestellt worden, dass die Forschungszentren der Helmholtz-Gemeinschaft eine außerordentlich hohe Systemkompetenz bei Entwicklung, Bau und Betrieb großer FIS auszeichnet. Der Präsident wies abschließend darauf hin, dass es vor dem Hintergrund dieser fruchtbaren Diskussion und in Anbetracht der dynamischen Entwicklung auf dem Gebiet großer FIS auf nationaler wie internationaler Ebene angeraten sei, die Planung der Roadmap zu neuen FIS regelmäßig auf den Prüfstand zu stellen und damit einen flexiblen, aber richtungsweisenden Rahmen für die kommenden Jahre zu definieren. Für den Forschungsstandort Deutschland seien die FIS von herausragender Bedeutung.

Die Veranstaltung ist online als Video verfügbar unter:
→ <https://www.helmholtz.de/fis-symposium21>



DIE NUTZER-ANLAGEN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT

Die Helmholtz-Gemeinschaft betreibt eine Vielzahl von Forschungsinfrastrukturen als Nutzergeräte für die Forschung aus dem In- und Ausland. Mehr als die Hälfte der verfügbaren Messzeit steht auch für externe Nutzer zur Verfügung. Anträge werden auf Basis eines „Peer review“-Verfahrens von unabhängigen Fachexpertengremien nach Kriterien der strategischen Relevanz und wissenschaftlicher Qualität bewertet. Die Helmholtz-Zentren als Betreiber der Forschungsinfrastrukturen unterstützen die Forscherinnen und Forscher im Rahmen ihres Nutzer-Service bei der Durchführung der Experimente. Derzeit betreibt die Helmholtz-Gemeinschaft knapp zwei Dutzend Anlagen für den dezidierten Nutzerbetrieb (mit mehr als 50 % Nutzung durch Externe), die damit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Deutschland und der Welt zur Verfügung stehen.

Forschungsbereich Erde und Umwelt

Die Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft betreiben große Forschungsschiffe im Nutzerbetrieb: **Polarstern** und **Heincke** (AWI) sowie **ALKOR** (GEOMAR). Sie gehören zu den acht deutschen Schiffen, die speziell für die Meeresforschung konstruiert wurden und für Arbeiten in der Biologie, Geologie, Geophysik, Glaziologie, Geochemie, Ozeanographie und Meteorologie ausgerüstet sind. Neben den Forschungsschiffen betreiben die Helmholtz-Zentren die Forschungsstationen auf Helgoland und Sylt (AWI), die **Neumayer-Station** für die deutsche Antarktisforschung (AWI), das arktische Langzeit-Observatorium Frontiers in Arctic Marine Monitoring **FRAM** sowie die Modular Earth Science Infrastructure des GFZ, kurz **MESI**, zur Bereitstellung wissenschaftlicher Infrastrukturleistungen in den Geowissenschaften. Zudem sind aktuell die Forschungsflugzeuge Polar 5 und Polar 6 (AWI) in unzugänglichen, eisbedeckten Gebieten der Arktis und Antarktis im Einsatz.

Forschungsbereich Gesundheit

Für die individuelle Risikobewertung und Entwicklung persönlicher Präventionsstrategien hat Helmholtz eine bundesweite Gesundheitsstudie initiiert, die **Nationale Kohorte** (DKFZ, HMGU, HZI, MDC), die neben Logistik auf spezifischen Infrastrukturen basiert. Die Langzeitstudie zur Gesundheit der Bevölkerung wird von Helmholtz gemeinsam mit Universitäten, der Leibniz-Gemeinschaft und Instituten der Ressortforschung des Bundes aufgebaut und betrieben, um die Ursachen von Volkskrankheiten aufzuklären, Risikofaktoren zu identifizieren, Wege einer wirksamen Vorbeugung aufzuzeigen sowie Möglichkeiten der Früherkennung von Krankheiten zu identifizieren.

Forschungsbereich Materie

Eine zentrale Aufgabe des Forschungsbereichs sind Entwicklung, Aufbau und Betrieb von wissenschaftlichen Großgeräten und Forschungsinfrastrukturen. Etwa die Hälfte der knapp zwei Dutzend aktuellen Nutzer-Anlagen mit Tausenden von externen Nutzern sind in diesem Forschungsbereich angesiedelt. Zur Untersuchung der Strukturen und dynamischen Vorgänge von und in Materie und Materialien sowie ihren Funktionsweisen stellt die Helmholtz-Gemeinschaft zahlreiche Forschungsinfrastrukturen zur Verfügung. Vier davon sind beschleunigerbasierte Photonenquellen: die Freie-Elektronen-Laser-Anlage in Hamburg **FLASH** und die Röntgenstrahlungsquelle **PETRA III** vom DESY, der Berliner Elektronenspeicherring für Synchrotronstrahlung **BESSY II** des HZB. Vor drei Jahren ist der **European XFEL** am DESY hinzugekommen, eine international betriebene und zurzeit die weltweit größte beschleunigerbasierte Lichtquelle. Neutronenquellen können über das Jülich Centre for Neutron Research **JCNS** des FZJ genutzt werden, ferner über das German Engineering Materials Science Centre **GEMS** des Hereon, das eine zentrale Nutzerplattform für die komplementäre Forschung sowohl mit Photonen als auch mit Neutronen darstellt. Niederenergetische Ionenstrahlen stehen am Ion Beam Centre **IBC** des HZDR zur Verfügung. Ferner sind bereits Teilkomponenten für die hochenergetische Ionenbeschleunigung der Facility for Antiproton and Ion Research **FAIR** bei der GSI zeitweise im Nutzerbetrieb. Die Strahlungsquelle **ELBE** am HZDR stellt neben einem primären Elektronenstrahl großer Brillanz und geringer Emittanz auch Photonen und Teilchenstrahlen als Sekundärstrahlen für Experimente zur Verfügung. Das Hochfeld-Magnetlabor Dresden **HLD** am HZDR schließlich bietet für die Materialforschung höchste gepulste Magnetfelder. Schließlich beteiligen sich drei Forschungszentren in diesem Bereich in internationaler Kollaboration am Worldwide LHC Computing Grid: Zu nennen sind das Grid Computing Centre Karlsruhe **GridKa** am KIT, sowie die **Tier II-Zentren** am DESY und am **Green IT Cube** der GSI für die weiterführende Datenanalyse der Experimente am Large Hadron Collider (LHC) am CERN.

Forschungsbereich Information

Für die Forschung im Bereich der Mikro- und Nanostrukturen bietet die Karlsruhe Nano Micro Facility **KNMF** (KIT) Zugang zu modernsten Technologien zur Strukturierung, Mikroskopie und Spektroskopie sowie Charakterisierung, unter anderem mittels Synchrotronstrahlung des Karlsruhe Research Accelerator (KARA). Auch das Supercomputing in dem Forschungsbereich am FZJ wird von Externen intensiv genutzt, ferner die in Jülich ansässigen European Facilities in Electron Microscopy (**ER-C**).

MITGLIEDER DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT

Alfred-Wegener-Institut

Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung

Am Handelshafen 12, 27570 Bremerhaven
Telefon: +49 (0) 471 48 31 - 0, Telefax: +49 (0) 471 48 31 - 1149
E-Mail: info@awi.de
www.awi.de

CISPA – Helmholtz-Zentrum für Informationssicherheit

Stuhlsatzenhaus 5, 66123 Saarbrücken
Telefon: +49 (0) 681 87083 1001, Telefax: +49 (0) 681 302 71942
E-Mail: office@cispa.de
www.cispa.de

Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY

Notkestraße 85, 22607 Hamburg
Telefon: +49 (0) 40 89 98 - 0, Telefax: +49 (0) 40 89 98 - 3282
E-Mail: desyinfo@desy.de
www.desy.de

Deutsches Krebsforschungszentrum

Im Neuenheimer Feld 280, 69120 Heidelberg
Telefon: +49 (0) 6221 42 - 0, Telefax: +49 (0) 6221 42 - 2995
E-Mail: presse@dkfz.de
www.dkfz.de

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Linder Höhe, 51147 Köln
Telefon: +49 (0) 2203 601 - 0, Telefax: +49 (0) 2203 67 310
E-Mail: contact-dlr@dlr.de
www.dlr.de

Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen (DZNE)

Venusberg-Campus 1/Gebäude 99, 53127 Bonn
Telefon: +49 (0) 228 43 302 - 0, Telefax: +49 (0) 228 43 302 - 279
E-Mail: information@dzne.de
www.dzne.de

Forschungszentrum Jülich

Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich
Telefon: +49 (0) 2461 61 - 0,
Telefax: +49 (0) 2461 61 - 8100
E-Mail: info@fz-juelich.de
www.fz-juelich.de

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

Wischhofstraße 1-3, 24148 Kiel
Telefon: +49 (0) 431 600 - 0, Telefax: +49 (0) 431 600 - 2805
E-Mail: info@geomar.de
www.geomar.de

GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung

Planckstraße 1, 64291 Darmstadt
Telefon: +49 (0) 6159 71 - 0, Telefax: +49 (0) 6159 71 - 2785
E-Mail: info@gsi.de
www.gsi.de

Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie

Hahn-Meitner-Platz 1, 14109 Berlin
Telefon: +49 (0) 30 80 62 - 0, Telefax: +49 (0) 30 80 62 - 42181
E-Mail: info@helmholtz-berlin.de
www.helmholtz-berlin.de

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Bautzner Landstraße 400, 01328 Dresden
Telefon: +49 (0) 351 260 - 0, Telefax: +49 (0) 351 269 - 0461
E-Mail: kontakt@hzdr.de
www.hzdr.de

Helmholtz-Zentrum Hereon

Spitzenforschung für eine Welt im Wandel
Max-Planck-Straße 1, 21502 Geesthacht
Telefon: +49 (0) 4152 87 - 0, Telefax: +49 (0) 4152 87 - 1403
E-Mail: contact@hereon.de
www.hereon.de

Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung

Inhoffenstraße 7, 38124 Braunschweig
Telefon: +49 (0) 531 61 81 - 0, Telefax: +49 (0) 531 61 81 - 2655
E-Mail: info@helmholtz-hzi.de
www.helmholtz-hzi.de

Helmholtz Zentrum München

Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt
Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg
Telefon: +49 (0) 89 31 87 - 0, Telefax: +49 (0) 89 31 87 - 3322
E-Mail: presse@helmholtz-muenchen.de
www.helmholtz-muenchen.de

Helmholtz-Zentrum Potsdam

Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ
Telegrafenberg, 14473 Potsdam
Telefon: +49 (0) 331 288 - 0, Telefax: +49 (0) 331 288 - 1600
E-Mail: presse@gfz-potsdam.de
www.gfz-potsdam.de

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

Permoserstraße 15, 04318 Leipzig
Telefon: +49 (0) 341 235 - 0, Telefax: +49 (0) 341 235 - 451269
E-Mail: info@ufz.de
www.ufz.de

Karlsruher Institut für Technologie

Kaiserstraße 12, 76131 Karlsruhe
Campus Nord: Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Telefon: +49 (0) 721 608 - 0, Telefax: +49 (0) 721 608 - 44290
E-Mail: info@kit.edu
www.kit.edu

Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin in der Helmholtz-Gemeinschaft

Robert-Rössle-Straße 10, 13125 Berlin
Tel.: +49 (0) 30 9406-2533
E-Mail: presse@mdc-berlin.de
www.mdc-berlin.de

IMPRESSUM

Verwendete Abkürzungen:

AWI

Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung

DESY

Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY

DKFZ

Deutsches Krebsforschungszentrum

DLR

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

DZNE

Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen

FZJ

Forschungszentrum Jülich

GFZ

Helmholtz-Zentrum Potsdam
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

GSI

GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung

GEOMAR

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

Hereon

Helmholtz-Zentrum Hereon

HMGU

Helmholtz Zentrum München
Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt

HZB

Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie

HZDR

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

HZI

Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung

KIT

Karlsruher Institut für Technologie

MDC

Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin
in der Helmholtz-Gemeinschaft

UFZ

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ

Herausgeber

Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft
Deutscher Forschungszentren e.V.

Sitz der Helmholtz-Gemeinschaft

Ahrstraße 45, 53175 Bonn
Telefon 0228 30818 - 0, Telefax 0228 30818 - 30
E-Mail info@helmholtz.de, www.helmholtz.de

Kommunikation und Außenbeziehungen

Geschäftsstelle Berlin
Anna-Louisa-Karsch-Straße 2, 10178 Berlin
Telefon 030 206329 - 57, Telefax 030 206329 - 60

V.i.S.d.P.

Sara Arnsteiner

Redaktion

Dr. Ilja Bohnet, Dr. Sören Wiesenfeldt

Artredaktion

Franziska Roeder

Grafik & Layout

Julia Krämer, Julia Blenn (j.blenn@freigut-berlin.de)

Fotonachweis:

Titel: HZB/H. G. Conradi: Depositionskammer im EMIL-Labor am BESSY; S. 5: Helmholtz/Gesine Born; S. 12: KIT; S. 13: Adobe Stock/HZB; S. 14: Siemens Energy; S. 15: HZDR; S. 16: HZDR, [iStock.com/leskas](https://www.istock.com/leskas); S. 17: HZDR/Sander Müns-ter; S. 18: Empresarios Agrupados Internacional; S. 19: DLR (CC-BY 3.0); S. 22: AWI/FRAM/Sabine Lüdeling; S. 23: André Künzelmann /UFZ; S. 24: asharkyu/Shutterstock; S. 25: KIT/Andreas Wieser; S. 26: www.webbaviation.de; S. 27: marcel/fotolia; S. 28: Forschungszentrum Jülich; S. 29: Airbus Defense and Space GmbH; S. 32: DZNE; S. 33: Fotolia; S. 34: MDC; S. 35: Sergei25/Shutterstock; S. 36: HZDR; S. 37: Blue Planet Studio/Shutterstock; S. 40: Forschungszentrum Jülich; S. 41: Hereon; S. 43: Forschungszentrum Jülich; S. 46: DLR; S. 47: DLR; S. 48: DLR; S. 52: Tobias Schwerdt; S. 53: KIT; S. 54: DESY; S. 55: HZDR; S. 56: HZB; S. 57: HZDR; S. 58: DESY; S. 59: KIT; S. 60: Nikhef; S. 61: Helmholtz Allianz für Astroteil-chenphysik (CC BY-NC-SA 4.0); S. 62: HZDR; S. 64: Natalia Carstens, Ilja Bohnet; S. 65: Natalia Carstens

Stand

August 2021

Papier

Circle silk Premium White

Druck

Druck und Verlagshaus Zarbock,
Frankfurt am Main



