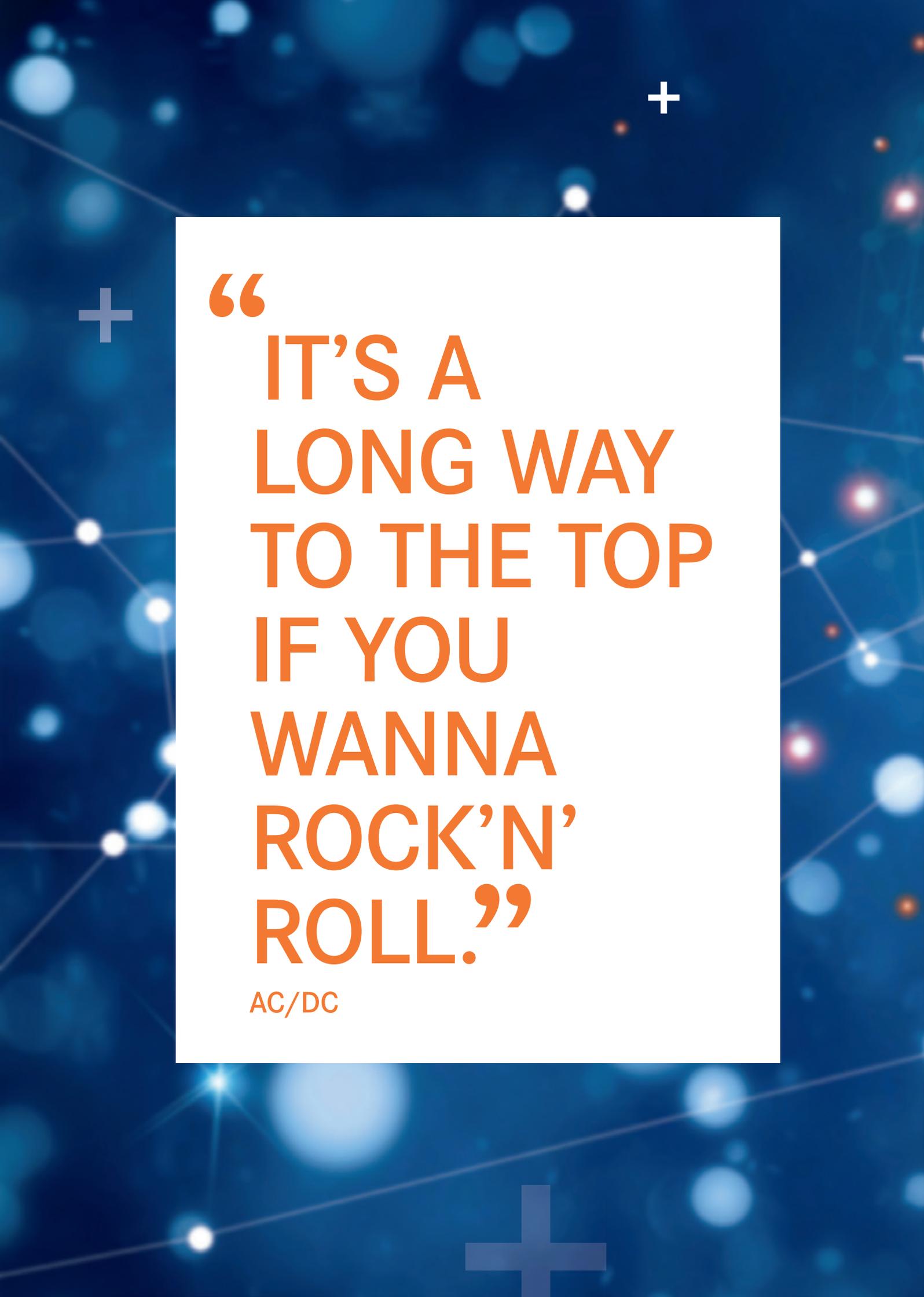


STRATEGIE 2030+

HZDR
HELMHOLTZ ZENTRUM
DRESDEN ROSSENDORF

Moving Research
to the **NEX**T Level
for the **NEX**T Gens



“
IT’S A
LONG WAY
TO THE TOP
IF YOU
WANNA
ROCK’N’
ROLL.”

AC/DC

HZDR 2030+

Moving Research to the NEXT Level for the NEXT Gens

VORWORTE	6
ZENTRUMSSTRATEGIE	8
1. Das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf – HZDR 2030+	9
2. Mission und Leitlinien	12
3. HZDR 2030+ – Handlungsfelder	15
3.1. Handlungsfeld Zukunftsweisende Forschung	16
3.2. Handlungsfeld Hochmoderne Infrastruktur	20
3.3. Handlungsfeld Transfer und Innovation	24
3.4. Handlungsfeld Vernetzung und Kooperation	26
3.5. Handlungsfeld Exzellente Rekrutierungen	28
3.6. Handlungsfeld Talentmanagement	30
3.7. Handlungsfeld Digitalisierung	32
3.8. Handlungsfeld HZDR – A Place to Be	34
4. Ausführliche Strategie der Handlungsfelder	36
4.1. Zukunftsweisende Forschung	36
Forschungsbereich MATERIE	37
Forschungsbereich GESUNDHEIT	41
Forschungsbereich ENERGIE	43
4.2. Hochmoderne Infrastruktur – Unsere Zukunftsprojekte	46
DALI – Dresden Advanced Light Infrastructure	48
HIBEF 2.0 – Helmholtz International Beamline for Extreme Fields	50
ACDC – Accelerator-Driven Multipurpose Ion Beam Complex	52
PT2030 – Echtzeit-adaptive Protonentherapie der nächsten Generation	53
FlexiPlant – Pilotanlage zur adaptiven Aufbereitung komplexer Rohstoffe	54
CeRI ² – Center for Resource Process Intensification and Interface Studies	55
ZRS – Zentrum für Radioökologie und Strahlenforschung	56
4.3. Transfer und Innovation	57
4.4. Vernetzung und Kooperation	65
4.5. Exzellente Rekrutierungen	73
4.6. Talentmanagement	74
4.7. Digitalisierung	81
UNTERNEHMENSKULTUR	82
5. Leitbild	84
6. HZDR – A Place to Be	85

UMSETZUNG DER ZENTRUMSSTRATEGIE	90
7. Strategien der Institute und Zentralabteilungen	91
7.1. MATERIE	91
Institut Hochfeld-Magnetlabor Dresden	91
Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung	96
Abteilung für Theoretische Physik	103
CASUS – Center for Advanced Systems Understanding	107
Institut für Strahlenphysik	113
7.2. GESUNDHEIT	120
Institut für Radioonkologie – OncoRay	120
Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung	128
7.3. ENERGIE	135
Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie	135
Institut für Ressourcenökologie	142
Institut für Fluidynamik	150
7.4. Forschungsinfrastrukturen	157
ELBE – Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen	158
IBC – Ionenstrahlzentrum (Ion Beam Center)	160
HLD – Hochfeld-Magnetlabor Dresden	162
HIBEF – Helmholtz International Beamline for Extreme Fields	164
ATHENA – Accelerator Technology Helmholtz Infrastructure	165
Felsenkeller-Labor	166
ZRT – Zentrum für Radiopharmazeutische Tumorforschung	167
DRESDYN – Dresden Sodium Facility for Dynamo and Thermohydraulic Studies	169
ROBL-II – Rossendorf Beamline an der ESRF	170
Technikum Metallurgie am HIF	171
TOPFLOW – Transient Two-Phase Flow Test Facility	172
HZDR-Rechenzentrum	174
7.5. Wissenschaftliche Zentralabteilungen	175
Zentralabteilung Informationsdienste und Computing	175
Zentralabteilung Forschungstechnik	181
8. Strategie des Kaufmännischen Geschäftsbereiches	187
9. Stabsabteilungen	195
KOMMUNIKATION	200
EPILOG	204
ANHANG	206
Abkürzungsverzeichnis Senatsempfehlungen PoF-IV	

VORWORTE

Kuratorium des HZDR



Vorsitzende:
MinDirig'in Oda Keppler
Bundesministerium für
Bildung und Forschung

Nie ging es den Menschen in unserem Land und in ganz Europa besser als heute. Gleichwohl sind auch die Herausforderungen nie so global gewesen, wie sie sich uns heute darstellen. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, sind Forschung und Entwicklung wichtiger denn je.

Das vorliegende Strategiekonzept HZDR-2030+ „Moving Research to the NEXT Level for the NEXT Gens“ formuliert eine klare Mission und führt über richtungsweisende Leitlinien zu Handlungsfeldern, die mit konkreten Maßnahmen unterlegt sind. Durch deren Umsetzung will das HZDR als Teil der Helmholtz-Gemeinschaft und größte außeruniversitäre Forschungseinrichtung im Freistaat Sachsen zur Lösung der globalen Herausforderungen unserer Zeit in den Bereichen GESUNDHEIT, ENERGIE und MATERIE beitragen. Ein Alleinstellungsmerkmal ist dabei die weltweit einzigartige Infrastruktur zur Erforschung von Materie unter extremen Bedingungen sowie zur Erarbeitung grundlegend neuer Lösungsansätze in allen drei adressierten Forschungsfeldern. Dieser Anspruch lässt sich an den folgenden drei Beispielen festmachen:



**Stellvertretende
Vorsitzende: MinDirig'in
Dr. Babett Gläser**
Sächsisches
Staatsministerium für
Wissenschaft, Kultur
und Tourismus

Es ist ein enormer Erfolg unserer modernen Gesellschaft, dass die Lebenserwartung stetig steigt. Dadurch treten jedoch altersbedingte Erkrankungen zunehmend zutage. Wir alle wollen alt werden – dabei aber auch gesund bleiben. Das HZDR wird durch seine Forschung im Bereich Gesundheit und in Zusammenarbeit mit den Kliniken zur Verbesserung unserer aller Gesundheit beitragen und insbesondere die **Therapie und Diagnostik von Krebserkrankungen** weiterentwickeln.

Bis zum Jahr 2045 will Deutschland klimaneutral werden. Um die **Energie- und Klimawende** nachhaltig umzusetzen, bedarf es enormer Forschungsleistungen. Das HZDR trägt hierzu im Bereich Energiespeicher und Kreislaufwirtschaft durch Grundlagenforschung mit direktem Anwendungsbezug bei. Im Fokus steht die Steigerung der Ressourcen- und Energieeffizienz. Das Zentrum übernimmt aber nicht nur Verantwortung für die Zukunft, sondern stellt sich auch der Verantwortung für die Vergangenheit: Durch transparente nukleare Endlagerforschung unterstützt es den sicheren Umgang mit radioaktiven Abfällen.

Kein anderer Bereich hat unser Leben in den letzten Jahrzehnten stärker beeinflusst und verändert als die Informationstechnologie. Diese Entwicklung wird sich weiter fortsetzen. Das HZDR gestaltet mit der **Materialforschung** sowie der Forschung im **Bereich Datenanalyse und Künstliche Intelligenz** die Entwicklung unserer Gesellschaft durch neuartige Materialien und Verfahren als Grundlage künftiger IT aktiv mit. Quantenphänomen-basierte Entwicklungen stehen dabei im Fokus der Forschung.

Das Kuratorium des HZDR unterstützt das vorliegende Strategiekonzept und erwartet einen sichtbaren und nachhaltigen Beitrag des HZDR zur Lösung der großen Fragen unserer Zeit in den Bereichen Krebsforschung, Energiewende und Materialien der Zukunft. Wir möchten alle Mitarbeiter*innen des HZDR motivieren und ermutigen, gemeinsam mit dem Vorstand die Umsetzung der Strategie anzugehen, damit diese den angestrebten Nutzen für uns und die nächsten Generationen entfalten kann. Im Namen des Kuratoriums wünschen wir Ihnen dabei viel Erfolg.

Vorstand des HZDR

„Wir haben diese Strategie entwickelt, um unsere Aufgaben, Ziele und Schwerpunkte für die wissenschaftliche Bearbeitung der Herausforderungen der Zukunft in den Forschungsbereichen MATERIE, GESUNDHEIT und ENERGIE zu definieren. Mit dieser Strategie gehen wir über die Dauer der Programmorientierten Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft hinaus. Das HZDR sieht sich als multiprogrammatisches Zentrum, das deutlich mehr als die Summe seiner Teile ist. Die intensive Vernetzung der verschiedenen Bereiche ist eine unserer Stärken und macht uns wettbewerbs- und zukunftsfähig. Im Rahmen dieser Strategie haben wir ein klares Ziel für unsere Forschungsarbeiten vor Augen: To boldly go, where no one has gone before!“

„Exzellente Wissenschaft kann nicht im luftleeren Raum existieren. Es werden Geräte, Materialien, geeignete Räumlichkeiten und administrative Unterstützung benötigt. Daher betrachten wir im Rahmen dieser Strategie unser Zentrum in seiner Gesamtheit mit allen unseren Beschäftigten. Durch die Prozessweiterentwicklung auf allen Ebenen und den verantwortungsvollen Umgang mit den uns zur Verfügung stehenden Ressourcen sichern wir wissenschaftliche Spitzenleistungen zum Nutzen kommender Generationen. Mit der Förderung von und dem Respekt gegenüber allen Mitarbeiter*innen werden wir diese Strategie für ein zukunftsorientiertes Zentrum so umsetzen, wie wir sie entwickelt haben – gemeinsam!“



Prof. Sebastian M. Schmidt
Wissenschaftlicher
HZDR-Direktor



Dr. Diana Stiller
Kaufmännische
HZDR-Direktorin

ZENTRUMSSTRATEGIE



Moving Research to the **NEXT** Level/ for the **NEXT** Gens

Das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) betreibt als multiprogrammatisches Großforschungszentrum international anerkannte, anwendungsorientierte Grundlagenforschung, um Antworten auf die großen Herausforderungen unserer Zeit zu finden. Es ist unser Anspruch, als attraktiver Arbeitgeber zu einer lebenswerten Zukunft für die kommenden Generationen in Deutschland und darüber hinaus beizutragen. Um diesem Anspruch gerecht werden zu können, müssen wir

- die **besten Forscher*innen** der Welt rekrutieren
- interdisziplinäre **Partnerschaften** über Standortgrenzen hinweg anstreben
- **Diversität** und **Teamgeist** fördern

- unsere **Unterstützungsfunktionen** in den kaufmännischen und technischen Bereichen wertschätzen
- die **Digitalisierung** konsequent vorantreiben.

Zur Erfüllung dieser Ziele und zur vollen Ausschöpfung unserer Potenziale haben wir unter dem Leitmotto

NEXT Level for the **NEXT** Gens

in einem partizipativen Prozess eine Strategie für die kommenden zehn Jahre ausgearbeitet – unsere Zentrumstrategie HZDR 2030+.

1. Das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf – HZDR 2030+

Das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) gehört zur Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren. Auf dem Gelände des ehemaligen Zentralinstituts für Kernphysik (ZfK; später Zentralinstitut für Kernforschung) wurde das heutige HZDR im Jahr 1992 als Forschungszentrum Rossendorf (FZR) gegründet. Nach der Wiedervereinigung Deutschlands hat sich das HZDR – zunächst als Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft – von der früheren Kernforschungseinrichtung der DDR zu einer modernen, multiprogrammatischen Forschungseinrichtung entwickelt. Aufgrund seiner komplexen Infrastrukturen und seines Forschungsprofils wird das HZDR 2011 Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft und gliedert sich in die drei Forschungsbereiche MATERIE, ENERGIE und GESUNDHEIT ein. Heute sind an unserem Zentrum etwa 1.400 Mitarbeiter*innen beschäftigt, denen dabei ein Jahresbudget von insgesamt rund 120 Mio. € zur Verfügung steht (Stand 2021).

Neben dem Hauptcampus Dresden-Rossendorf betreibt das HZDR Standorte in Dresden, Freiberg, Görlitz und Leipzig sowie in Grenoble an der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) und in Schenefeld bei Hamburg am European XFEL (Abbildung 1). Dies ermöglicht uns die direkte Zusammenarbeit mit

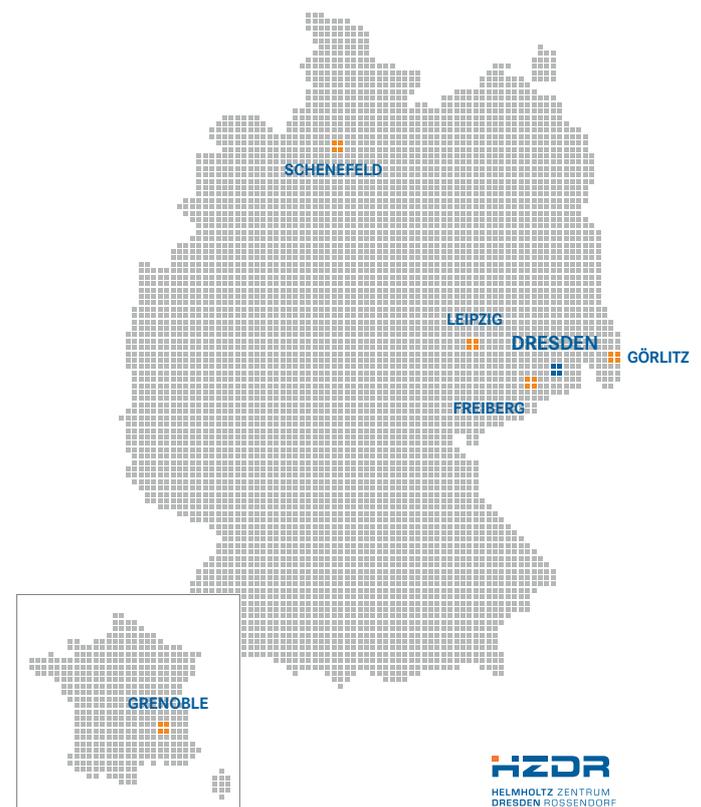


Abb. 1: Forschungsstandorte des HZDR

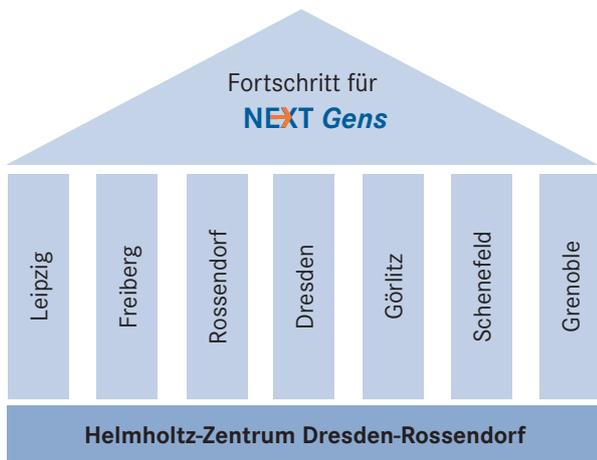


Abb. 2: Forschungsstandorte des HZDR

exzellenten Partnern vor Ort und die Nutzung der dort vorhandenen Infrastrukturen. Durch die arbeitsteilige Kombination vielseitiger Expertisen ist es uns möglich, eine große Breite an Themen effizient zu bearbeiten.

In einer Zeit der forcierten Globalisierung und Technologisierung sieht sich unsere Gesellschaft einer Reihe globaler Probleme gegenüber wie beispielsweise einem steigenden Ressourcenbedarf bei schwindenden Reserven, dem Klimawandel und seinen Folgen sowie einer zunehmenden Überalterung der Bevölkerung in den Industrieländern. Entsprechend ihrer Natur erfordern diese Probleme multidisziplinäre Lösungsansätze. Es muss Aufgabe der Wissenschaft sein, Maßnahmen hierfür zu identifizieren und zu deren Umsetzung beizutragen. Das HZDR stellt sich den **großen Herausforderungen unserer Zeit** und sieht es als seine Kernaufgabe an, für die nächsten Generationen Wissen und Technologien bereitzustellen, um:

-  zukünftige **Materialien und Informationstechnologien** zu erforschen und bis zur Anwendung zu entwickeln
-  Diagnose- und Therapieverfahren zur Bekämpfung der Volkskrankheit **Krebs** zu entwickeln
-  durch **Ressourcen- und Energieeffizienz** zur Energie- und Klimawende beizutragen

Als Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft ist ein großer Teil unserer Forschungsaktivitäten im Rahmen der Programmorientierten Förderung (PoF) der Helmholtz-Gemeinschaft über einen Zeitraum von sieben Jahren (bis 2027) festgeschrieben. Die Vorgaben der

PoF und die in diesem Zusammenhang verabschiedeten Empfehlungen des Helmholtz-Senates (siehe Anhang) umfassen jedoch nur die den Forschungsprogrammen zugeordneten Forschungsaktivitäten und nicht das Zentrum in seiner Gesamtheit. Um daher eine **ganzheitliche Roadmap** über die PoF hinaus zur Sicherung der Zukunftsfähigkeit unseres Zentrums verfolgen zu können, haben wir in einem umfassenden Prozess die vorliegende **HZDR-Strategie 2030+** erarbeitet. Diese steht in Übereinstimmung mit den forschungspolitischen Zielen der Zuwendungsgeber, des Pakts für Forschung und Innovation zwischen Politik und der Helmholtz-Gemeinschaft sowie den strategischen Programmen der Europäischen Union.

Fortschritt für NextGens

Unter dem Anspruch, zu einer lebenswerten Zukunft für die kommenden Generationen nicht nur in Deutschland beizutragen, folgt unsere Strategie dem Leitspruch

Moving Research to the NEXT Level for the NEXT Gens

und ist als Leitfaden für alle künftigen strategischen Entscheidungen der kommenden zehn Jahre zu sehen.

- **Gesundheit**
- **Technologie**
- **Ressourcen**

Gemäß unserem Vorhaben, auf den drei großen Themengebieten Krebsforschung, Energiewende und Materialien der Zukunft einen sichtbaren und nachhaltigen Beitrag zu leisten, verfolgt das HZDR Forschungsaktivitäten in den Bereichen MATERIE, ENERGIE und GESUNDHEIT. Dabei haben wir uns verpflichtet, die im Rahmen der vierten Periode der PoF bis 2027 anvisierten Meilensteine zu erreichen. Diese sind das Ergebnis eines intensiven Evaluierungsprozesses aller an den jeweiligen Forschungsbereichen beteiligten Helmholtz-Zentren unter Einbeziehung internationaler Gutachter*innen. Das HZDR leistet darüber hinaus einen Beitrag, um die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen umzusetzen.

Transfer als zentraler Wert: Technologie und Wissen

Der Transfer der gewonnenen Erkenntnisse stellt für uns einen zentralen Wert dar, da die Gesellschaft dadurch unmittelbar von dem generierten Wissen profitiert. Durch die Weitergabe des in unseren drei Forschungsbereichen generierten Wissens erfüllen wir den Auftrag der Gesellschaft an uns und erreichen die erstrebte nachhaltige Wirkung auf nachfolgende Generationen.

Partnerschaften innerhalb von Helmholtz, mit Universitäten und der Industrie

Der angestrebte Erkenntniszuwachs und der Transfer insbesondere von Technologien ist jedoch nur in Zusammenarbeit mit kompetenten Partnern im nationalen und internationalen Umfeld möglich.

In den vergangenen Jahren wurde insbesondere die regionale Vernetzung vorangetrieben – mit den Universitäten als unseren wichtigsten Partnern. Neben der Kooperation mit externen Partnern kommt aber auch der Vernetzung der Organisationseinheiten innerhalb unseres Zentrums eine entscheidende Bedeutung zu, denn nur durch gemeinsame Anstrengungen aller Bereiche und Standorte können wir die gesteckten Forschungsziele erreichen. Durch forschungsbereichsübergreifende Zusammenarbeit heben wir das Potenzial unseres multiprogrammatischen Zentrums und fördern innovative Lösungsansätze für komplexe Probleme.

Wissenschaftliche Institute und Zentralabteilungen – Förderung von Exzellenz auf allen Leveln

Visionäre Erkenntnisse können nur in einem exzellenten Team generiert werden. Um unserem Leitspruch NEXT Level for the NEXT Gens gerecht zu werden, muss das HZDR daher uneingeschränkt die Exzellenz auf allen Leveln der Forschung fördern. Wir sehen die Rekrutierung insbesondere internationaler Rising Stars und ein erfolgreiches Talentmanagement in allen am Zentrum vertretenen Bereichen und Karrierestufen als unabdingbar, um die Zukunftsfähigkeit unseres Zentrums zu sichern.

Einzigartige Forschungsgeräte und komplexe Infrastrukturen für weltweite Nutzer*innen

Den am HZDR tätigen Wissenschaftler*innen stehen an unseren Instituten einzigartige Großgeräte und Forschungsinfrastrukturen zur Verfügung. Eine Reihe dieser Großgeräte stellen wir einer internationalen wissenschaftlichen Nutzergemeinde zur Verfügung – ganz im Einklang mit der Helmholtz-Mission, in der Betrieb und Weiterentwicklung solcher Anlagen ein Kernelement bilden. Wir haben den Anspruch, dass unsere Großgeräte unikal sind, exzellente Forschung für externe Nutzer*innen aus aller Welt ermöglichen und stets dem neuesten Stand entsprechen. Zudem müssen wir, ausgerichtet an unserem Strategieziel NEXT Level for the NEXT Gens, kontinuierlich an der Entwicklung neuer Anlagen arbeiten, um in den Themenbereichen Krebsforschung, Energiewende und Materialien der Zukunft neue Lösungen zu generieren.

A Place to Be: Sieben Standorte – ein Zentrum

Im Zentrum unserer Strategie stehen schließlich die am HZDR tätigen Mitarbeiter*innen, die durch ihre täglichen Leistungen den wissenschaftlichen Fortschritt treiben. Wir stellen hohe Ansprüche an ein positives und verantwortungsvolles Miteinander. Jede*r soll am HZDR eine Willkommensatmosphäre und ein angenehmes Arbeitsfeld vorfinden – einen Place to Be. Alle Elemente der HZDR-Strategie 2030+ bedingen einander und lassen sich in ihrer Abhängigkeit als Ebenen einer Pyramide darstellen (siehe Abbildung 3).



Abb. 3: Ebenen der HZDR-Strategie 2030+

Diese Strategiepyramide mit ihren **sechs Strategieebenen** steht sinnbildlich für die Gesamtstrategie HZDR 2030+, denn jede dieser Ebenen muss ein stabiles Fundament für die darüber liegende Ebene bilden. Entsprechend müssen unsere strategischen Maßnahmen alle Strategieebenen gleichberechtigt berücksichtigen, um eine optimale Funktionalität unseres Zentrums und das Erreichen unseres Zieles zu ermöglichen:

NEXT Level/ for the NEXT Gens

Dieses Ziel konkretisieren wir in einer **Zentrumsmission**, die wir mit **zwölf Leitlinien** als strategische Handlungsanweisungen ergänzen. Die Maßnahmen innerhalb der Strategieebenen bündeln wir in **acht Handlungsfeldern**, die sich jeweils einer der Ebenen zuordnen lassen (siehe Abbildung 4). Die konkreten Ziele innerhalb der Handlungsfelder sowie die ausführliche Darstellung der jeweiligen Teilstrategien sind in den folgenden Kapiteln ausgeführt.

2. Mission und Leitlinien des HZDR

Das HZDR versteht sich als integraler Bestandteil der Helmholtz-Gemeinschaft und folgt dabei uneingeschränkt ihrer Mission. Basierend auf den Kernkompetenzen sind die insgesamt 18 Helmholtz-Zentren indivi-

duellen Zielen besonders verpflichtet. Unser zentrales Anliegen ist es, für die nächsten Generationen Wissen und Technologien bereitzustellen.

Aus unserem Fokus auf die großen Herausforderungen in den Bereichen Krebsforschung, Energiewende und Materialien der Zukunft leiten sich folgende Kernpunkte als unsere Mission ab:



Das HZDR erforscht fundamentale Phänomene der Natur. Einzigartige Forschungsinfrastrukturen ermöglichen Einblick in Prozesse unter extremen Bedingungen. Das HZDR steuert sein Know-how zur Entwicklung zukünftiger Materialien und Informationstechnologien als Garant für eine aufgeklärte und freie Gesellschaft bei.



Das HZDR trägt zu einer gesunden Gesellschaft mit neuartigen Diagnose- und Therapieverfahren in der Krebsforschung bei – von den Grundlagen in den Natur- und Lebenswissenschaften bis hin zur medizinischen Anwendung.



Das HZDR gestaltet die Wende zu einer nachhaltigen Industrie und die Transformation der Energiesysteme hin zu einer grünen Gesellschaft mit.



Das HZDR stärkt den sächsischen Wirtschaftsstandort in Deutschland durch eine systemische Verbindung von Grundlagenforschung, Innovation, Großgeräten und Transfer und sichert so einen angemessenen Lebensstandard dieser und zukünftiger Generationen.

Als modernes, multiprogrammatisches Großforschungszentrum fühlen wir uns bestimmten Werten und Grundsätzen verpflichtet, auf deren Realisierung wir bei der Umsetzung unserer Missionsziele achten

wollen. Diese haben wir in zwölf strategischen Leitlinien fixiert. Während unsere Mission uns das Ziel vorgibt, das wir erreichen wollen, definieren unsere Leitlinien den Weg, auf dem wir unserer Mission folgen.

01 Leitlinie Forschungsfokus

Wir betreiben anwendungsorientierte Grundlagenforschung.

Ziel unserer Forschungsaktivitäten ist es, grundlegende Strukturen, Mechanismen, Prozesse und Zusammenhänge zu erforschen und im Detail zu entschlüsseln. Wir streben danach, mit der Anwendung dieser Erkenntnisse einen Nutzen für die Gesellschaft bei der Beantwortung der großen Herausforderungen unserer Zeit zu erzielen. Wir befassen uns mit aller kleinsten Skalen bei dem Studium von Quanten-Phänomenen bis hin zu prototypischen industriellen Großanlagen. Wir betrachten Prozesse auf kürzesten Zeitskalen genauso wie Zyklen astrophysikalischer Dimension.

02 Leitlinie Interdisziplinarität

Wir sind ein multiprogrammatisches, interdisziplinäres Forschungszentrum und vernetzen unsere Aktivitäten am HZDR.

Wir heben das Potenzial eines multiprogrammatischen Forschungszentrums, indem wir zum einen die Partnerschaften in den Forschungsbereichen MATERIE, GESUNDHEIT und ENERGIE innerhalb der programmorientierten Förderung in fokussierten Programmen und Forschungsgebieten nutzen. Zum anderen verzahnen wir die Methoden und Themen zwischen den Forschungsbereichen und Instituten des HZDR. Die erzielte Kohärenz ermöglicht es uns, effizient die Synergien zwischen den verschiedenen Fachdisziplinen zu stärken.

03 Leitlinie Forschungsinfrastruktur

Wir konzipieren, bauen und betreiben einzigartige Großgeräte für unsere eigene Forschung sowie für Nutzer*innen aus aller Welt.

Es ist unsere Stärke, komplexe Forschungsinfrastrukturen zu konzipieren, zu bauen und zu betreiben. Diese einzigartigen, an den Nutzer*innen orientierten Großgeräte unterstützen unsere Forschung in allen drei Forschungsbereichen. Unsere Großgeräte sind offen für Wissenschaftler*innen und industrielle Anwender*innen aus aller Welt. Die Planung und der Bau zukunftsweisender Großgeräte sowie die Optimierung der bestehenden Anlagen orientieren sich an den Herausforderungen unserer Zeit und profitieren vom Dialog mit unseren internationalen Nutzer*innen.

04 Leitlinie Universitäre Partner

Unsere wichtigsten strategischen Partner sind die Universitäten.

Als außeruniversitäre Forschungseinrichtung sind wir im Vergleich zu einer Universität thematisch stark fokussiert und bearbeiten Themen auf langen Zeitskalen. Der akademische Austausch und die Vernetzung mit Universitäten ist daher von hoher strategischer Bedeutung. Dies erfolgt über gemeinsame Berufungen, die gemeinsame Betreuung von Promotionen, die Übernahme von Lehrverpflichtungen sowie die gemeinsame Nutzung von Großgeräten am HZDR. Die TU Dresden ist unser wichtigster Partner vor Ort. Über die regionale Allianz DRESDEN-concept e.V. und die Beteiligung an koordinierten Programmen und Verbundvorhaben erschließen wir im Großraum Dresden in allen Bereichen Synergien. Das HZDR strebt auch an seinen anderen Standorten die Beteiligung an vergleichbaren Netzwerken und Vorhaben an.

05 Leitlinie Rekrutierung

Forschung lebt von den originellsten Ideen und von den brilliantesten Köpfen – daher rekrutieren wir die besten Wissenschaftler*innen.

Um an der Weltspitze zu forschen, rekrutieren wir die besten Wissenschaftler*innen der Welt und stellen hohe qualitative Anforderungen an unsere Administration. Besonders hohe Qualitätsansprüche stellen wir an unsere Führungskräfte. Wir bieten exzellente Arbeitsbedingungen, unbeschwertes Forschen in einem leistungsfähigen Team und an einzigartigen Geräten. Der Rekrutierungsschwerpunkt liegt bei exzellenten Nachwuchswissenschaftler*innen nach der Promotion und mit ersten Führungserfahrungen.

06 Leitlinie Talentmanagement

Wir fördern Talente und qualifizieren alle unsere Mitarbeiter*innen.

Talentmanagement erstreckt sich am HZDR über eine lebenslange Spanne des Lernens, Forschens und Lehrens. In unserem Schülerlabor DeltaX wird die Neugier von Schüler*innen auf Forschungsthemen geweckt, wir betreuen Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten, haben ein Postdoc Center und bieten Qualifizierungsmaßnahmen für alle Mitarbeiter*innen an. Eigenständige Nachwuchsgruppen, die Technikerakademie, das High-Potential-Programm sowie die Helmholtz-Akademie für Führungskräfte fördern gezielt die Exzellenz in der Forschung. Helmholtz- und Seniorprofessuren erhalten uns wichtige Kompetenzen. Als mehrfach ausgezeichnetes Ausbildungsunternehmen bilden wir Nachwuchskräfte in verschiedenen Berufen auch für Unternehmen der Region aus.

07 Leitlinie Kooperationen

Wir streben nach nationalen und internationalen Kooperationen mit den Allerbesten.

Die großen Herausforderungen unserer Zeit sind von Natur aus global. Demensprechend wollen wir globale Lösungen erarbeiten und mit Partnern aus aller Welt kooperieren. Arbeitsteilig und partnerschaftlich sind wir in nationalen, europäischen und internationalen Teams mit den besten Institutionen und Forscher*innen vernetzt. National arbeiten wir mit anderen Helmholtz-Zentren, Universitäten und weiteren Partnern der deutschen Forschungslandschaft sowie der Wirtschaft zusammen. Besonderes Potenzial sehen wir im Dreiländereck mit Tschechien und Polen. In gemeinsamen International Labs schaffen wir Verbünde mit Partnerinstitutionen in ausgewählten Ländern der Welt.

08 Leitlinie Transfer

Der Transfer unseres Wissens und unserer Technologien in die Gesellschaft ist Teil unseres Selbstverständnisses.

Wir wollen mit unserer Forschung eine signifikante Wirkung erzielen. Dazu ist es unabdingbar, die gewonnenen Erkenntnisse in einer verständlichen, interessanten Art und Weise sowie in modernen Formaten in die Gesellschaft zu kommunizieren. Wir stärken den Innovationsprozess, indem wir Wissens- und Technologietransfer als wesentlichen Teil unserer Strategie verstehen. Die HZDR Innovation GmbH spielt dabei eine zentrale Rolle, die in enger Zusammenarbeit mit unserer Technologietransfer-Abteilung in strukturierter Weise Ausgründungen fördert, Patentanmeldungen begleitet und Einnahmen generiert.

09 Leitlinie Diversität

Das HZDR steht für Diversität, denn Diversität bedeutet Reichtum.

Unsere wissenschaftliche Exzellenz hängt davon ab, ob wir uns offen und aufgeschlossen gegenüber dem Neuen und vermeintlich Fremden zeigen. Ein Klima der Aus- und Abgrenzung ist schädlich für jedwede wissenschaftliche Erkenntnis. Unser Zentrum und alle anderen Forschungseinrichtungen in Sachsen und Deutschland benötigen das Wissen, die Fähigkeiten und die Talente von begabten Menschen – egal woher sie stammen. Nur so können wir die drängenden Fragen und Herausforderungen unserer Zeit lösen. Das HZDR verurteilt jede Form von Diskriminierung. Wir dulden keinerlei Ausgrenzung aufgrund ethnischer Herkunft, Hautfarbe, Staatsangehörigkeit, Religion,

Kultur, Alter, Behinderung, sexueller Identität, Geschlecht oder familiärer Situation.

Für Menschen, die diese Werte nicht unterstützen wollen, gibt es bei uns keinen Platz.

10 Leitlinie Chancengleichheit

Das HZDR fördert die Chancengleichheit.

Wir fördern die Chancengleichheit zwischen allen Geschlechtern. Wir unterstützen junge Familien und ermöglichen berufliche Weiterentwicklung parallel zu familiären Verpflichtungen. Wir streben einen hohen Anteil von Frauen in Führungspositionen und in unseren Gremien an.

11 Leitlinie Unternehmenskultur

Wir schätzen Teamgeist und Respekt – für einen „Place to Be“.

Uns verbinden am HZDR die Begeisterung für Forschung, das Bekenntnis zur Exzellenz und der Wille, verantwortungsbewusst und redlich zu arbeiten. Wir verknüpfen unsere Kompetenzen mit Kollegialität, Verlässlichkeit, respektvollem Umgang miteinander und einem einzigartigen Teamgeist. Wir sind bereit, voneinander zu lernen, Fehler als Chance zur Verbesserung zu erkennen und unterstützen uns gegenseitig bei der täglichen Arbeit. Unsere offene und freundliche Willkommenskultur richtet sich an neue Mitarbeiter*innen aus dem In- und Ausland. Jede*r soll gerne zur Arbeit kommen und einen Arbeitsplatz vorfinden, der dem Anspruch „A Place to Be“ gerecht wird.

12 Leitlinie Verantwortungsbewusstsein

Wir bekennen uns zur Zivilklausel.

Das HZDR verpflichtet sich zu einem verantwortungsvollen Umgang mit Forschungsfreiheit und dem Gebot der Transparenz. Wir arbeiten nach den Richtlinien für Gute Wissenschaftliche Praxis der Deutschen Forschungsgemeinschaft für wissenschaftliche Integrität. Wir respektieren die Grenzen, die durch möglichen Missbrauch unserer Forschungsergebnisse durch Dritte für nicht-friedliche Zwecke (Dual-Use-Problematik), durch ethische Prinzipien, Menschenwürde, Gesundheit von Mensch und Tier, Schutz der Umwelt und nachhaltigen Umgang mit natürlichen Ressourcen gesetzt sind. Es gehört zu unserem Selbstverständnis, im Sinne der Science-Diplomacy zur Völkerverständigung beizutragen.

3. HZDR 2030+ – Handlungsfelder

Um unsere in der Mission definierten Ziele zu erreichen, ist es notwendig, Maßnahmen auf allen Ebenen unseres Zentrums umzusetzen. Denn jede unserer Strategieebenen bildet das Fundament für die darüber liegende Ebene – und leistet so ihren Beitrag zur Realisierung unseres strategischen Hauptziels:

Moving Research to the NEXT Level for the NEXT Gens

Dazu haben wir acht Handlungsfelder für das Zentrum definiert, deren Ergebnisse jeweils die dazugehörige Ebene in der Strategiepyramide stärken :



Abb. 4: Ebenen der HZDR-Strategie 2030+ mit Definition der zugehörigen strategischen Handlungsfelder

Diese Handlungsfelder betreffen das HZDR in seiner Gesamtheit. Sie stehen im Einklang mit unseren strategischen Leitlinien und dienen dazu, die in unserer Mission festgelegten Ziele umzusetzen. Mit konkreten und passgenauen Maßnahmen innerhalb der Handlungsfelder einerseits und Querbezügen zwischen den Handlungsfeldern andererseits ergibt sich die übergreifende Zentrumsstrategie. Die Handlungsfelder stellen für die nächsten Jahre einen klaren Fahrplan für das HZDR auf und ermöglichen gleichzeitig – falls notwendig – konzeptionelle und operative Anpassungen an neue Gegebenheiten.

Die folgenden Kapitel bieten zunächst einen Überblick über ausgewählte strategische Ziele in den acht Handlungsfeldern, die im Anschluss mit ausführlicheren Teilstrategien unteretzt werden. Auf die spezifische Umsetzung der dort definierten Maßnahmen in den einzelnen Organisationseinheiten wird in den entsprechenden Bereichsstrategien ausführlicher eingegangen (siehe Kapitel Umsetzung der Zentrumsstrategie in den Organisationseinheiten).

3.1. Handlungsfeld Zukunftsweisende Forschung

Moving Research to the NEXT Level for the NEXT Gens

Fortschritt für NextGens

- **Gesundheit**
- **Technologie**
- **Ressourcen**

Gemäß unserem Leitspruch ist es die Hauptaufgabe des HZDR, Wissen und Technologien für diese und künftige Generationen zu erarbeiten und bereitzustellen. Als Helmholtz-Zentrum liegt der Schwerpunkt unserer Forschung auf der anwendungsorientierten Grundlagenforschung und wir sind überzeugt, dass diese auf den ständigen

Austausch mit nationalen und internationalen Partnern angewiesen ist, damit daraus neue Erkenntnisse erwachsen können. So wie das Wissen über Auftrieb und Luftwiderstand Menschen in die Lage versetzt, Flugzeuge zu konstruieren, so wird uns das Verständnis bisher unverstandener, grundlegender Phänomene neue Lösungsansätze für Probleme eröffnen, mit denen sich unsere Gesellschaft heute und in Zukunft konfrontiert sieht.

Als außeruniversitäre Forschungseinrichtung in der Helmholtz-Gemeinschaft sind wir in der Lage, **Projekte von hoher Komplexität über einen längeren Zeitraum** zu verfolgen und damit die von uns bearbeiteten Themen im Detail und in der Tiefe zu durchdringen. Dabei dienen die gewonnenen Erkenntnisse nicht dem Selbstzweck, sondern wir begreifen den Transfer unserer Forschungsergebnisse in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft als unsere Verpflichtung. Entsprechend werden alle Projekte regelmäßig auf ihre Anwendbarkeit hin beurteilt mit dem Ziel, **anwendungsnahe Forschungsvorhaben** zu identifizieren, voranzutreiben und die Ergebnisse einer Nutzung zuzuführen. Dies ist in unserer Transfer-Strategie festgeschrieben und unsere Mitarbeiter*innen können darauf vertrauen, dass wir sie aktiv beim Wissens- und Technologietransfer unterstützen (siehe 3.3. Handlungsfeld Transfer und Innovation).

Zur Bearbeitung unserer Forschungsprojekte konzipieren, bauen und betreiben wir **unikale Großgeräte**, die wir zudem als Nutzeranlagen einer internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft zur Verfügung stellen. Um dem großen Stellenwert dieser Forschungsinfrastrukturen für unsere strategische Ausrichtung gerecht zu werden, widmen wir ihnen ein separates Handlungsfeld (siehe 3.2. Handlungsfeld Hochmoderne Infrastruktur).

Wir konzentrieren unsere Anstrengungen darauf,

- zukünftige Materialien und Informationstechnologien zu erforschen und bis zur Anwendungsreife zu entwickeln
- neuartige oder verbesserte Diagnose- und Therapieverfahren zur Bekämpfung der Volkskrankheit Krebs zu entwickeln
- durch Ressourcen- und Energieeffizienz zur Energie- und Klimawende beizutragen



Diese drei großen Forschungsthemen sind eingebettet in die Forschungsbereiche GESUNDHEIT, ENERGIE und MATERIE der Helmholtz-Gemeinschaft. In insgesamt sechs Forschungsbereichen organisiert die Gemeinschaft ihre grundfinanzierten Forschungsaktivitäten. Unsere laufenden und geplanten Aktivitäten stellen wir in der Strategie HZDR 2030+ gemäß dieser Systematik dar.

Im Rahmen der Programmorientierten Förderung (PoF) der Helmholtz-Gemeinschaft fließen die Fördermittel programmbezogen an die Zentren – und zwar im Rahmen einer strategischen Evaluierung auf Basis wissenschaftlicher Kriterien für eine Periode von sieben Jahren. Die aus dieser Evaluierung resultierenden und in den Programmen definierten Meilensteine stellen für uns verbindliche Forschungsziele dar, gemeinsam mit den vom Senat der Helmholtz-Gemeinschaft verabschiedeten Empfehlungen (siehe Anhang). Während die Programmorientierte Förderung jedoch nur die nächsten sieben Jahre abdeckt, blicken wir in der Strategie 2030+ für das HZDR über diesen Zeitraum hinaus, um auch langfristige Aufbau- und Forschungsprojekte in einen fundierten Gesamtkontext stellen zu können.



MATERIE

In diesem Bereich liegt unser Fokus auf **der Erforschung zukünftiger Materialien und Informationstechnologien und deren Entwicklung bis zur Anwendung**.

Grundlage allen technologischen Fortschritts – nicht nur in der Informationstechnologie – sind neue Materialien, die energieeffiziente Prozesse ermöglichen, leicht handhabbar in Herstellung, Verwendung und Recycling sind und die vor allem außergewöhnliche funktionelle Eigenschaften besitzen. Hier wurden in den vergangenen Jahren relevante Fortschritte hinsichtlich der generierbaren Materialeigenschaften erzielt. Um einen neuerlichen Qualitätssprung zu ermöglichen, ist weiteres grundlegendes Verständnis der Materie und der in Materialien ablaufenden Prozesse notwendig. Dafür bedarf es hochmoderner Infrastrukturen.

Das HZDR erforscht die Struktur sowie die auf Quantenphänomenen basierenden Eigenschaften von Materie unter extremen Bedingungen und in höchsten Feldern. Dabei fokussieren wir uns auf ausgewählte Strahlungsarten, geeignete Sonden und höchste elektromagnetische Felder. Neben dem ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen, dem Hochfeld-Magnetlabor Dresden und dem Ionenstrahlzentrum auf dem Hauptcampus Dresden-Rossendorf steht mit der Helmholtz International Beamline for Extreme Fields (HIBEF) am European XFEL in Schenefeld das weltstärkste Röntgenlicht für die Untersuchung von Festkörper-Proben unter extremen Drücken, Temperaturen und Feldern zur Verfügung. Das dank Grundlagenforschung an den Großgeräten erlangte Verständnis unerwarteter bzw. neu entdeckter Phänomene lässt sich perspektivisch für den Technologietransfer nutzen, wenn es uns gelingt, daraus neue Materialien oder Technologien gemeinsam mit industriellen Partnern zu entwickeln.

Über alle am HZDR verfolgten Forschungsgebiete erstreckt sich die Herausforderung, immer komplexere Daten themen-, instituts- oder auch standortübergreifend zu verarbeiten, zu betrachten und auszuwerten. Dieser Herausforderung stellen wir uns mit dem neu gegründeten Institut CASUS¹ – Center for Advanced

Systems Understanding, das sich den systemischen Datenwissenschaften widmet. Als grenzübergreifende Einrichtung mehrerer Partner aus Sachsen und Polen mit transdisziplinärem Ansatz kann CASUS als hervorragendes Beispiel für unser Selbstverständnis gelten: Wir erforschen grundlegende Phänomene interdisziplinär, zukunftsorientiert, gemeinsam und anwendungsnah

...für eine
NEXT Level-Forschung für NEXT Gens.



Mithilfe hoher Magnetfelder werden Materialien mit großem Potenzial für innovative Technologien erforscht.

¹ CASUS ist eine gemeinsame Initiative des HZDR, des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) Leipzig, der TU Dresden und des Max-Planck-Instituts für molekulare Zellbiologie und Genetik.



GESUNDHEIT

Wir setzen unsere Stärken und Erfahrungen gezielt ein, um die in unserer Mission definierten Ziele zu erreichen. Im Bereich **GESUNDHEIT** konzentrieren wir uns auf **die Entwicklung von Diagnose- und Therapieverfahren zur Bekämpfung der Volkskrankheit Krebs.**

Der Anteil der im Lauf ihres Lebens an Krebs erkrankenden Menschen steigt jährlich. Betroffen sind hier von alle Nationen, die eine zunehmende Überalterung ihrer Bevölkerung beobachten, zunehmend aber auch Schwellen- und Entwicklungsländer. Trotz großer medizinischer Fortschritte in den letzten Jahren können die heute erzielbaren Therapieerfolge noch nicht zufriedenstellen. Durch verbesserte Diagnose- und Therapieverfahren wird es möglich werden, Krebserkrankungen früher, schneller und treffsicherer zu diagnostizieren und wirksamer zu behandeln.

Das HZDR fokussiert seine Arbeiten im Programm Krebsforschung auf die Erforschung von vorrangig strahlenbasierten Diagnose- und Therapieverfahren. Unsere Stärke ist dabei die einzigartige Verbindung von komplexen Forschungsinfrastrukturen und physikalischen Großgeräten mit medizinischen Anwendungen bis hin zur Translation zum Patienten. Von herausragender Bedeutung ist hierbei die Kooperation mit der Dresdner Universitätsmedizin und dem Deutschen Krebsforschungszentrum DKFZ im Rahmen starker Verbünde wie dem Translationszentrum OncoRay, dem Nationalen Zentrum für Tumorerkrankungen (NCT) Dresden und dem Deutschen Konsortium für Translationale Krebsforschung (DKTK).

Mit hochmodern ausgestatteten Bereichen für radiochemische und biologische Arbeiten in unserem

Zentrum für Radiopharmazeutische Tumorforschung (ZRT) und in enger Partnerschaft zu dem aus unserem Zentrum gegründeten Industriepartner ROTOP Pharmaka GmbH sind wir in der Lage, an unserem Standort in Rossendorf die gesamte Wertschöpfungskette von der Produktion der Radionuklide über radiochemische Prozessschritte und erste präklinische Versuche bis zum unter GMP-Bedingungen (Good Manufacturing Practice) hergestellten Radiotracer für den klinischen Einsatz zu durchlaufen.

In vergleichbarer Weise funktioniert das Zusammenspiel mit unserem Translationszentrum OncoRay auf dem Campus des Universitätsklinikums Dresden, wo interdisziplinär zusammengesetzte Forschungsgruppen sowohl präklinische Studien durchführen, die Strahlentherapie mit Protonen optimieren als auch Patient*innen mit Protonenstrahlen oder neuen Immuntherapeutika behandeln – ein klassisches „Bench to Bedside“ unter einem Dach.

Im Verbund mit unseren Partnern werden wir die hervorragenden Infrastrukturen für die Entwicklung neuer Radiopharmaka und Immuntherapeutika nutzen mit dem Ziel, diese schnellstmöglich zur medizinischen Anwendung zu bringen. Wir entwickeln zudem kompakte Bestrahlungstechnologien für die Protonentherapie, für die wir für die kommenden Jahre relevante Fortschritte in der Behandlung von Krebserkrankungen erwarten, und zwar durch die Kombination unserer Expertisen in den Bereichen medizinische Forschung, physikalische Grundlagenforschung sowie Datenwissenschaften – und indem wir funktionelle Erkenntnisse mit Technologieentwicklungen paaren.



ENERGIE

In diesem Forschungsbereich konzentrieren wir uns darauf, **durch Ressourcen- und Energieeffizienz zur Energie- und Klimawende beizutragen.**

Um die Energiewende bis hin zur Klimaneutralität in absehbarer Zeit zu realisieren, ist es unabdingbar, das Potenzial erneuerbarer Energien für die Stromerzeugung auszuschöpfen, eine effiziente Verwendung der begrenzten Ressourcen zu gewährleisten sowie den Ausstieg aus bisherigen Energiequellen verantwortungsbewusst zu gestalten. Dafür benötigen wir geeignete Speichermedien, optimierte Prozesse in Bereichen

mit hohem Energie- und Ressourcenverbrauch und umweltverträgliche Alternativen zu konventionellen Energiequellen. Das HZDR widmet sich den folgenden Themen:

- Einsatz von Wasserstoff und Flüssigmetall-Batterien zur Speicherung „grünen Stroms“
- Erhöhung der Energieeffizienz industrieller Prozesse
- Entwicklung einer umweltverträglichen Kreislauf-Wirtschaft zur Rohstoffrückgewinnung

Dafür kombinieren wir die Erforschung grundlegender Phänomene mit Konstruktion, Aufbau und Betrieb ex-



Das HZDR entwickelt neuartige Flüssigmetall-Batterien, die in Zukunft als Zwischenspeicher von „grünem Strom“ dienen sollen.

perimenteller Anlagen. So können wir im Bereich der Fluidodynamik auf eine einzigartige experimentelle Methodenvielfalt zugreifen, die wir mit theoretischen Betrachtungen und Simulationen zu einem komplexen Gesamtansatz kombinieren. Insbesondere, wenn es um industrielle Prozesse geht, sind im Labor durchgeführte Versuche häufig nicht aussagekräftig. Deshalb untersuchen wir Phänomene möglichst im Technikumsmaßstab, um zu industrienahen Ergebnissen zu gelangen. Durch strategische Partnerschaften und im Rahmen gemeinsamer Projekte mit der Industrie bringen wir unsere Forschungserfolge zur Anwendung.

Unter Ressourceneffizienz verstehen wir auch den verantwortungsbewussten Umgang mit anfallenden Reststoffen. Als ehemaliges Zentralinstitut für Kernforschung (ZfK) verfügen wir über langjährige Erfahrungen zu nuklearen Fragestellungen. Heute tragen wir mit der Sicherheits- und Endlagerforschung, die radio- und geochemische, physikalische als auch biologische Prozesse gleichermaßen im Fokus hat, zu einem sicheren Umgang mit radioaktiven Abfällen und zu einem erfolgreichen Abschluss des Atomausstiegs in Deutschland bei. Wesentliche Unterstützung hierzu leistet u. a. unsere Rossendorf Beamline an der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in Grenoble, eine der großen europäischen Synchrotron-Anlagen.

Handlungsfeld Zukunftsweisende Forschung

Das HZDR betreibt anwendungsorientierte Grundlagenforschung, um Antworten auf die großen Herausforderungen unserer Zeit zu finden und damit zum Wohlergehen heranwachsender und künftiger Generationen beizutragen.

Auswahl der geplanten Maßnahmen:

Kurzfristig

- Definition strategischer Schwerpunkte für die Aktivitäten in den Forschungsbereichen MATERIE, GESUNDHEIT und ENERGIE:
 - Materialien und Informationstechnologie der Zukunft gestalten
 - Krebs verstehen und heilen
 - Beiträge zur Transformation des Energiesystems
- Komplexe Forschungsinfrastrukturen als wichtige Instrumente zur Realisierung unserer Missionsziele
- Schwerpunkt auf Grundlagenforschung mit anwendungsnaher Forschung als zweiter Themensäule

Mittelfristig

- Umsetzung der Empfehlungen des Helmholtz-Senates (siehe Anhang)

Langfristig

- siehe Auflistung geplanter Maßnahmen und Großinvestitionen im Kapitel 4.1. Zukunftsweisende Forschung

3.2. Handlungsfeld Hochmoderne Infrastruktur

**Einzigartige
Forschungs-
großgeräte
und komplexe
Infrastrukturen für
weltweite
Nutzer*innen**

Die wissenschaftlichen Fragestellungen, denen wir uns gemäß der drei Schwerpunkte in der HZDR-Mission widmen, sind die Triebfeder für die Planung, den Bau und den Betrieb unserer Groß-

geräte. Die Forschungsinfrastrukturen bilden dabei das **Rückgrat unseres Zentrums**. Im Zusammenspiel mit unserer multidisziplinären Ausrichtung stellen sie das Alleinstellungsmerkmal des HZDR in der internationalen Forschungslandschaft dar. Wir haben den Anspruch, dass unsere Großgeräte unikal sind und neue Standards setzen. Der Betrieb und die Weiterentwick-

lung binden entsprechend einen relevanten Teil der verfügbaren finanziellen und personellen Kapazitäten. In fairen und transparenten Verfahren ermöglichen wir **internationalen Nutzer*innen** aus Wissenschaft und Wirtschaft den Zugang zu unseren Großgeräten.

Gemäß unserer Mission forschen wir in den Bereichen Energiewende, Krebsforschung und Materialien der Zukunft und setzen dafür die am Zentrum vorhandenen Forschungsinfrastrukturen ein. Diese unterstützen unser Forschungsportfolio in idealer Weise. Um die Zukunftsfähigkeit des Zentrums zu gewährleisten, konzipieren und errichten wir zudem neue Infrastrukturen (**Zukunftsprojekte**).²

Erforschen zukünftiger Materialien und Informationstechnologien und deren Entwicklung bis zur Anwendung



Um maßgeschneiderte Materialeigenschaften für neue Anwendungen zu generieren, ist ein grundlegendes Verständnis der Prozesse in Materie unter unterschiedlichsten Bedingungen notwendig. Wir betreiben daher Grundlagenforschung für ein verbessertes Verständnis der Struktur sowie von auf Quantenphänomenen basierenden Eigenschaften von Materie unter extremen Bedingungen und in höchsten Feldern. Zu deren Erzeugung stehen uns unikale Forschungsinfrastrukturen zur Verfügung. Unser Ziel ist es, mit der damit möglichen Spitzenforschung die gewonnenen, grundlegenden Erkenntnisse auf mögliche Anwendungen zu übertragen. Dabei setzen wir den Fokus auf ausgewählte Strahlungsarten, geeignete Sonden und höchste elektromagnetische Felder.

Am **Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen ELBE** betreiben wir Beschleuniger- und Laser-basierte Quellen zur Erzeugung von Licht- und Teilchenstrahlen. Die Stärke des größten Forschungsgerätes des HZDR ist die vielseitige Anwendung der erzeugten brillanten Strahlen von der Grundlagen- und angewandten Forschung in der Festkörperphysik, Kern- und Astrophysik, in den Materialwissenschaften und der Radiobiologie bis zur Medizin. Eine Erweiterung hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Forschungsportfolio wollen wir mit unserem **Zukunftsprojekt Dresden Advanced Infrastructure (DALI)** erreichen, das eine konsequente Weiterentwicklung von ELBE darstellt. Aufbau und Inbetriebnahme der auf der Helmholtz-Roadmap platzierten Infrastruktur sollen parallel zum Weiterbetrieb des ELBE-Zentrums erfolgen, um eine

Fortführung der entsprechenden Forschungsaktivitäten für unsere Mitarbeiter*innen und Nutzer*innen zu garantieren. Als größte Forschungsinfrastruktur in den neuen Bundesländern außerhalb Berlins, weltweit größte Nutzeranlage für Terahertz-Strahlung sowie Anlage mit dem stärksten Vakuum-Ultraviolet-Laser überhaupt wäre DALI von höchster strategischer Bedeutung nicht nur für das HZDR, sondern auch für die Region Sachsen und Deutschland.

Im **Ionenstrahlzentrum (IBC)** werden Ionenstrahlen für fast alle stabilen Elemente in einem in Deutschland einzigartigen Energiespektrum von 100 Elektronenvolt (eV) bis zu 60 Megaelektronenvolt (MeV) erzeugt, die zur Ionenstrahlmodifikation oder -analyse verwendet werden können. Das IBC ist als Europas größte Nutzereinrichtung in seinem Bereich für Anwender*innen aus Forschung und Industrie zugänglich. Gemäß der Empfehlung des Helmholtz-Senates streben wir eine Weiterentwicklung des Kompetenzzentrums an. Das **Zukunftsprojekt ACcelerator-Driven multipurpose ion beam Complex (ACDC)** bietet eine Flexibilität an Ionenstrahlen mit einer Strahlqualität in einem Energiebereich, welche vergleichbar in Deutschland bzw. in Europa nicht verfügbar ist. Es kommt der Nachfrage von Nutzer*innen nach höheren Ionenenergien und -strömen nach, zudem können neue Nuklide nutzbar gemacht werden.

Am High-Energy-Density-Instrument (HED) des European XFEL (EuXFEL) in Schenefeld bei Hamburg führt

² Bestehende Infrastrukturen sind im Kapitel 7.4. Forschungsinfrastrukturen beschrieben. Die ausführliche Beschreibung der Zukunftsprojekte findet sich im Kapitel 4.2. Hochmoderne Infrastruktur – Unsere Zukunftsprojekte.

das HZDR mit der **Helmholtz International Beamline for Extreme Fields (HIBEF)** ein internationales Nutzerkonsortium an. An dem dort installierten Ensemble von Hochleistungs- und Hochenergielasern, gepulsten Magneten und Diamant-Hochdruckzellen können wir in Kombination mit den brillanten Röntgenstrahlen des EuXFEL das Verhalten von Materie unter extremen Bedingungen wie Druck, Temperatur und elektromagnetische Feldstärke untersuchen. Mit dem **Zukunftsprojekt HIBEF 2.0** sollen die installierten Aufbauten um einen Hochleistungslaser der Kilojoule-Klasse erweitert werden. Mit Puls-Energien, die mehr als eine Größenordnung über den Möglichkeiten international vergleichbarer Anlagen liegen, würde dies unter anderem zu neuen Erkenntnissen über Prozesse im Inneren von Planeten oder zur Validierung der von der Quantenelektrodynamik vorhergesagten Doppelbrechung im Vakuum führen.

Die beschriebenen Anlagen zur Materialforschung werden durch unser **Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD)** komplementiert. Als einzige Einrichtung seiner Art in Deutschland ist das HLD eine der weltweit führenden Anlagen für Forschung in hohen Magnetfeldern und ist im European Magnetic Field Laboratory (EMFL) eng mit Europas Hochfeld-Elite vernetzt. Durch eine kontinuierliche technologische Weiterentwicklung streben wir eine weitere Erhöhung der Sichtbarkeit und einen Ausbau unserer Führungsrolle in Deutschland und Europa an. Die Forschungsgruppen am HLD arbeiten intensiv mit Kolleg*innen im HZDR zusammen – hier sind insbesondere das Ionenstrahlzentrum, HIBEF und OncoRay zu nennen – und erweitern durch die Bereitstellung von Pulsfeld-Anlagen für Infrastrukturen des HZDR deren wissenschaftliches Portfolio.

Entwickeln von Diagnose- und Therapieverfahren zur Bekämpfung der Volkskrankheit Krebs



Wir sind bestrebt, durch die Erweiterung des Prozessverständnisses der zugrundeliegenden biologischen Zusammenhänge und die Entwicklung neuer Medikamente und Technologien zur verbesserten Behandlung von Krebserkrankungen beizutragen. Für die stringente Überführung der Forschungserkenntnisse in die klinische Anwendung (Translation) ist eine enge Zusammenarbeit aller in die Entwicklung involvierten Fachbereiche einerseits sowie mit der Medizin andererseits unabdingbar. Dieses ambitionierte Ziel erfüllen wir mit dem Betrieb des europaweit wohl modernsten **Zentrums für Radiopharmazeutische Tumorforschung (ZRT)**. Hier stehen uns ein Zyklotron zur Produktion radioaktiver Isotope, Labore für radiochemische und radiobiologische Arbeiten, Ausstattung für Kleintierbildgebung und Reinräume für die Herstellung von Radiopharmaka unter GMP-Bedingungen in einem Gebäude zur Verfügung.

Mit dem Universitätsklinikum Carl Gustav Carus in Dresden verbindet uns eine besonders enge Partnerschaft. So teilen wir uns – gemeinsam mit der TU Dresden – die Trägerschaft des **OncoRay**, das in Kooperation mit der Schwestereinrichtung HIRO in Heidelberg das **Nationale Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie** bildet. Die Forschungsplattform OncoRay überführt auf dem Gelände des Universitätsklinikums grundlegende Forschungsergebnisse im Bereich der Strahlentherapie in die klinische Praxis – ganz im Sinne des Translationsgedankens – und erweitert mit der betriebenen Protonentherapie das Behandlungsspektrum der Universitätsmedizin.

Dresden ist mit dem **Nationalen Zentrum für Tumorerkrankungen (NCT)** europaweit einer von wenigen universitären Standorten, an denen Forschung und Patientenbehandlung unter einem Dach stattfinden. Auch für das NCT Dresden fungiert das HZDR als Trägereinrichtung. Diese beispielhafte Kombination werden wir in den kommenden Jahren ausschöpfen und insbesondere die Zusammenarbeit mit unseren ZRT- und OncoRay-Mitarbeiter*innen fördern.

Eine Besonderheit ist schließlich die an unserem Zentrum vorhandene, enge Verzahnung der Krebsforschung mit dem Forschungsbereich MATERIE. So arbeiten wir mit dem Petawatt-Laser **PENELOPE** im Rahmen der Forschungsplattform **ATHENA (Accelerator Technology Helmholtz Infrastructure)** unter anderem an einer kompakten Bestrahlungstechnologie auf Laserbasis für die Protonentherapie von Krebserkrankungen.

Die Protonentherapie ist eine moderne und besonders effiziente Krebstherapie, deren volles Potenzial mit den aktuellen technischen Voraussetzungen jedoch noch nicht voll ausgeschöpft werden kann. Um die Therapie effizienter, präziser und wirksamer zu machen, ist es notwendig, eine Echtzeit-Anpassungsfähigkeit für die Bestrahlung zu entwickeln – bei gleichzeitiger gewebeschonender Dosisverteilung der Protonen. Ziel ist ein geschlossener, vollautomatischer, von Künstlicher Intelligenz (KI) unterstützter Rückkopplungskreis aus Bildgebung, Bestrahlungsverifikation und

Adaption in Echtzeit. Dieses Ziel verfolgen wir mit unserem **Zukunftsprojekt PT2030 – Echtzeit-adaptive Protonentherapie der nächsten Generation**. PT2030 wurde in die Helmholtz-Roadmap zukunftsrelevanter Forschungsinfrastrukturen aufgenommen. Die Umsetzung ist in diesem Rahmen jedoch aktuell erst für 2027 bis 2031 ff. vorgesehen, was eine ernsthafte Innovationbremse für unsere Forschung darstellt.

An unserer **Forschungsstelle in Leipzig** konnten wir in enger Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Leipzig und dem Institut für Pharmazie der Universität Leipzig umfangreiches Know-how im Bereich

der Entwicklung von Radiopharmaka insbesondere im Bereich der Neuroradiopharmaka aufbauen. Um die Forschungsstelle künftig im Rahmen unserer Mission besser in unsere Forschungsziele einzubinden, wird hier eine inhaltliche Neuorientierung auf den Schwerpunkt radiopharmazeutische Onkologie erfolgen. Zur Unterstützung ist eine Kleintier-7-Tesla-MRT/PET-Anlage (GliarPET) als eine Beschaffung von strategischer Bedeutung identifiziert worden. Die Realisierung dieses Zukunftsprojekts hat zeitlich höchste Priorität für den Bereich Gesundheit und muss zum Beispiel durch zusätzliche Mittel realisiert werden.

Forschung zu Ressourcen- und Energieeffizienz für die Energie- und Klimawende



Ressourcen- und Energieeffizienz sind wichtige Zukunftsthemen, mit denen sich international viele Forschungseinrichtungen befassen. Die Arbeiten am HZDR zeichnen sich dadurch aus, dass wir mit Forschungsanlagen im Technikumsmaßstab die Lücke zwischen Forschung und Industrie schließen und die erzielten Ergebnisse anschließend in Partnerschaft mit der Wirtschaft schnell in die Anwendung überführen können. So untersuchen wir mit der thermohydraulischen Versuchsanlage **TOPFLOW** das Verhalten von Mehrphasen-Strömungen unter verfahrenstechnisch relevanten Bedingungen. Unikale Messtechnik erlaubt uns einen Erkenntnisgewinn, den wir beispielsweise auf Prozesse in thermalen Kraftwerken oder bei der Abwasserbehandlung übertragen.

Die Entwicklung geeigneter Messtechnik ist auch Bestandteil unseres geplanten **Zukunftsprojektes CeRI² – Center for Resource Process Intensification and Interface Studies**. Das Projekt ist Teil der Helmholtz-Roadmap für zukunftsrelevante Forschungsinfrastrukturen. Hierbei planen wir die Entwicklung von Messtechnik und digitalen Methoden für die Untersuchung von vielfach für die Wertstoffgewinnung genutzten, turbulenten Mehrphasen-Strömungen. Dies erlaubt uns ein besseres Prozessverständnis und damit eine effizientere Gestaltung der Verfahren in Zusammenarbeit mit Industriepartnern. Dabei können wir eine einzigartige Kombination von Prozessuntersuchungen in unterschiedlichen Größenordnungen und die Umsetzung in unseren Pilotanlagen für Wertstoffgewinnung am Forschungsstandort Freiberg erreichen.

Mit dem **Metallurgie-Technikum** in Freiberg steht uns eine neu konstruierte, komplexe Anlage zur Be-

antwortung wichtiger Fragestellungen für den weiteren Ausbau der Kreislaufwirtschaft zur Verfügung. Im Pilotmaßstab können wir neue Prozesse der Rohstoffaufbereitung an flexibel kombinierbaren Anlagen testen und so Synergieeffekte untersuchen. Zudem können in diesem Rahmen Simulationsmodelle, etwa zur quantitativen Erfassung des Energieverbrauchs, bewertet und im Erfolgsfall anschließend auf industrielle Prozesse angewendet werden.

Noch einen Schritt weiter gehen wir mit unserem Zukunftsprojekt **FlexiPlant**, ebenfalls Teil der Helmholtz-Roadmap. Diese Anlage dient der flexiblen, digitalisierten und mechanischen Aufbereitung und Sortierung von Stoffströmen im Technikumsmaßstab. Indem wir nicht Einzelprozesse, sondern ganze Prozessketten untersuchen und die einzelnen Abläufe zudem digital begleiten, kann uns die Entwicklung einer neuen energieeffizienteren Recycling-Generation für komplexe Stoffgemische gelingen – ein wichtiger Schritt, um die Stoffkreisläufe zu schließen. Die Realisierung von FlexiPlant hat daher hohe strategische Relevanz für das HZDR, die Region Dresden-Freiberg und Deutschland. Für die optimale Nutzung der Anlagen bauen wir in den kommenden Jahren auf unsere engen Partnerschaften mit der TU Bergakademie Freiberg und verschiedenen Unternehmen der Region. Mit der Realisierung unserer Zukunftsprojekte im Bereich der Energie- und Ressourceneffizienz können wir mit den drei Forschungsanlagen CeRI², Metallurgie-Technikum und FlexiPlant ein einzigartiges **Zusammenspiel komplementärer Infrastrukturen** erreichen, Synergien bestmöglich nutzen und damit einen relevanten Fortschritt hin zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft erzielen.



Die ROBL-II-Anlage an der Europäischen Synchrotron-Strahlungsquelle ESRF in Grenoble bietet optimale Bedingungen, um das grundlegende Verhalten von Radionukliden an potenziellen deutschen Standorten eines Endlagers für hochradioaktiven Abfall zu untersuchen.

Zu einer erfolgreichen Kreislaufwirtschaft gehört auch der Umgang mit nicht-rückführbaren Reststoffen. Deshalb wollen wir unserer Tradition als ehemaliges Zentralinstitut für Kernforschung (ZfK) gerecht werden und in Verantwortung gegenüber der Gesellschaft wesentlich zu einem sicheren Umgang mit radioaktiven Abfällen beitragen. Zusätzlich zu den am Standort vorhandenen Laboren können wir mit Hilfe von im Jahr 2021 bewilligten Mitteln im Rahmen der **Forschungs- und Versuchsplattform zur Entsorgung radioaktiver Abfälle und zum Rückbau kerntechnischer Anlagen (HOVER)** in den kommenden Jahren ein Radiotechnikum errichten. Dieses wird die Untersuchung auch größerer Gesteinsproben erlauben und damit gemeinsam mit den Arbeiten der Partner Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und Forschungszentrum Jülich die Frage beantworten, wie ein sicheres Endlager in Deutschland beschaffen sein muss.

Wir sind jedoch überzeugt, dass wir für den sicheren Umgang mit radioaktiven Nukliden einen Schritt wei-

tergehen müssen. Für eine validierbare gesundheitsrelevante Bewertung ist ein grundlegendes Verständnis von Radionukliden in biologischen Prozessketten notwendig. Die den bisherigen Annahmen zugrundeliegenden, statistischen Methoden sind für eine nachhaltige Beurteilung ungenügend. Daher wollen wir mit unserem **Zukunftsprojekt Zentrum für Radioökologie und Strahlenforschung (ZRS)** dieses hochrelevante Forschungsfeld bearbeiten und die bisher existente Lücke im Portfolio der Helmholtz-Gemeinschaft schließen. Zusätzlich dazu steht an unserer Forschungsstelle in Grenoble die **Rosendorf Beamline (ROBL-II)** an der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), eine der größten europäischen Elektronensynchrotron-Anlagen, zur Verfügung. Forscher*innen aus aller Welt nutzen hier die Synchrotron-Röntgenstrahlung der ESRF, um molekulare und elektronische Strukturen von Actiniden und anderen Radionukliden aufzuklären.

Handlungsfeld Hochmoderne Infrastruktur

Das HZDR wird die bestehenden Infrastrukturen kontinuierlich weiterentwickeln und externen Nutzer*innen einen professionellen und transparenten Zugang nach fairen Kriterien der wissenschaftlichen Exzellenz bieten.

Auswahl der geplanten Maßnahmen:

Kurzfristig

- Forcierte Digitalisierung im Bereich der Nutzeranlagen
- Evaluierung von Remote-Access-Möglichkeiten bei den Nutzeranlagen

Mittelfristig

- Optimierung des Nutzerzugangs im Erfahrungsaustausch mit User Offices unserer Partnereinrichtungen (z. B. durch einheitliche Systeme)

- Konzipierung neuer, einzigartiger Forschungsinfrastrukturen – HZDR-Zukunftsprojekte – als missionskritische Maßnahme in unseren Forschungsschwerpunkten
 - langfristig höchste Priorität des Zukunftsprojektes DALI in der Grundlagenforschung im Bereich MATERIE
 - höchste Priorität der FlexiPlant-Anlage im Bereich angewandte Forschung für das HZDR und den Standort Freiberg sowie um die politischen Energie- und Klimaziele zu erreichen

Langfristig

- Realisierung aller Zukunftsprojekte

3.3. Handlungsfeld Transfer und Innovation

Transfer als zentraler Wert: Technologie und Wissen

Der Transfer der am HZDR gewonnenen Erkenntnisse in die Wirtschaft und Gesellschaft ist Teil unserer Mission. Durch die Anwendung des erzeugten Wissens und der entwickelten Technologien generieren wir einen unmittelbaren Nutzen und erfüllen unseren gesellschaftlichen Auftrag. Daher fördern wir den Transfer von Technologien und Wissen im Zusammenhang mit der Gesamtheit der in unserer Mission festgelegten Ziele.



Im Forschungsbereich MATERIE konzentrieren wir uns auf die Erforschung grundlegender Phänomene zur Entwicklung neuer Materialien und Technologien für den industriellen Einsatz. Hier sind etwa Hightech-Materialien für zukunftsorientierte Anwendungen im Bereich der Informationstechnologien zu nennen. Durch neue **strategische Partnerschaften mit ausgewählten Unternehmen** werden wir unsere Transfer-Bemühungen weiter vorantreiben und fokussieren. Dabei profitieren die Unternehmen zum einen direkt durch die bereitgestellten Technologien, zum anderem aber auch vom Zugang zu den HZDR-Großgeräten. Ein erfolgreiches Beispiel ist hierfür die Hochenergie-Ionenimplantation für Anwendungen in der Opto- und Leistungselektronik an unserem Ionenstrahlzentrum.



Die Bekämpfung der Volkskrankheit Krebs erfordert die **Translation der Forschungsergebnisse in die medizinische Anwendung**. Dazu werden wir im Zentrum für Radiopharmazeutische Tumorforschung (ZRT) die Entwicklung von Radiopharmaka bis zur klinischen Anwendbarkeit forcieren. Neben unserer internen Produktion nach medizinischen GMP-Standards (Good Manufacturing Practice) schließen wir in enger Kooperation mit der Firma ROTOP Pharmaka GmbH die Lücke zwischen Forschung und Industrie. Der gemeinsame Aufbau eines Zyklotrons zur industriellen Isotopenproduktion könnte hier zusätzliche Möglichkeiten eröffnen. An unserem Translationszentrum OncoRay können – in Kollaboration mit dem Universitätsklinikum Dresden – klinische Studien durchgeführt werden. Durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse in Bezug auf eine optimierte Strahlentherapie tragen wir so unmittelbar zum Wohl von Patient*innen bei.



Um durch erhöhte Ressourcen- und Energieeffizienz die Energie- und Klimawende voranzubringen, stellen wir Unternehmen **Methoden und Technologien** zur Verfügung. Wir optimieren in strategischen Partnerschaften industrielle Prozesse und entwickeln Methoden zur Speicherung „grünen Stroms“ mittels

Wasserstoff und Flüssigmetall-Batterien. Durch die Realisierung des Zukunftsprojektes FlexiPlant werden wir im Technikumsmaßstab gewonnene Erkenntnisse zum Recycling komplexer Stoffgemische direkt mit industriellen Partnern in die Wirtschaft transferieren. Im Bereich des verantwortungsvollen Umgangs mit radioaktiven Stoffen fokussieren wir uns auf den **Wissens-transfer der Erkenntnisse an Entscheidungsträger** und weitere Akteure, um fundierte Entscheidungen und eine auf wissenschaftlichen Kriterien basierende Evaluierung von Anlagen und Prozessen zu ermöglichen.

Wir begreifen **Wissens- und Technologietransfer** als gleichberechtigte Bestandteile der Transfer-Leistung.

Die Helmholtz-Gemeinschaft hat 2021 die Transferstrategie der Gemeinschaft überarbeitet. Die in Kapitel 4.3. Transfer und Innovation vorgestellte Transferstrategie 2025+ ist Bestandteil dieser neuen Helmholtz-Transferstrategie.

Wie dort näher beschrieben wird, setzen wir zunächst auf bereits erfolgreich etablierte Instrumente: Zentraler Bestandteil der Transfer-Unterstützung ist die **HZDR Innovation GmbH**. Diese ermöglicht – in enger Vernetzung mit dem HZDR – die für Unternehmens-

gründungen notwendigen Vorleistungen und begleitet und berät Wissenschaftler*innen auf ihrem Weg, eine Firma aus dem Zentrum auszugründen. Ein zweites wichtiges Instrument sind die von der Helmholtz-Gemeinschaft geförderten **Innovation Labs**. Weiterhin erfolgreich sind unsere Innovation Manager als Ansprechpartner für die Institute, der HZDR-Innovationsfonds zur Förderung von Transfer-Vorhaben und der HZDR-Innovationswettbewerb.

Um den Transfer weiter zu stärken, wollen wir jedoch auch zusätzliche Maßnahmen ergreifen. So sollen Indikatoren für den Wissens- und Technologietransfer zukünftig bei Vorhabenplanungen oder Projektkonzeptionen stärker Berücksichtigung finden. Beispielsweise wird die Darstellung der Transfer-Bemühungen künftig Teil der Bewerbungsunterlagen für eine HZDR-Nachwuchsgruppe sein. Gezielte **strategische Partnerschaften mit ausgewählten Unternehmen** setzen Akzente in unseren Transfer-Aktivitäten und stellen damit eine wichtige strategische Maßnahme dar. Zudem sollen die erfassten Kennzahlen um Indikatoren zum Wissenstransfer erweitert und dieser als Bestandteil in den Innovationswettbewerb integriert werden.

Handlungsfeld Transfer und Innovation

Das HZDR begreift Transfer als wichtigen Bestandteil seiner Mission und wird aktiv eine positive Transfer-Kultur fördern. Der Transfer-Output soll signifikant gesteigert werden, u. a. durch die Etablierung weiterer strategischer Partnerschaften mit Unternehmen.

Auswahl der geplanten Maßnahmen:

Kurzfristig

- Wissens- und Technologietransfer-Indikatoren zukünftig bei Zielvereinbarungen oder Projektkonzeptionen stärker verankern
- Ausweitung des Innovationswettbewerbes auf den Wissenstransfer

Mittelfristig

- Strategische Allianzen mit ausgewählten Unternehmen
- Ausbau des HZDR-Innovationsfonds

Langfristig

- Schaffung von Joint Labs mit der Wirtschaft und Aufbau eines „HZDR-StartUpVillage“ am Standort Dresden sowie von Inkubator-Räumen in Freiberg
- Bereich Gesundheit: Stärkere Vernetzung mit Universitätskliniken im Rahmen eines geplanten Nationalen Konsortiums für Nuklearmedizin und Chemie

3.4. Handlungsfeld Vernetzung und Kooperation

Partnerschaften innerhalb von Helmholtz, mit Universitäten und der Industrie

Als Helmholtz-Zentrum leistet das HZDR Beiträge zur Lösung der großen Herausforderungen unserer Zeit, wozu es nachhaltiger und vor allem auch globaler

Ansätze bedarf. Dabei sind wir auf die Zusammenarbeit in starken Forschungsverbänden angewiesen, denn nur so können wir unsere Mission zielgerichtet verfolgen und umsetzen. Wir kooperieren mit Partnern auf **nationaler, europäischer und internationaler Ebene**, wobei naturgemäß enge Kollaborationen mit den Zentren innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft bestehen. Förderinstrumente wie die Helmholtz International Labs, die Helmholtz Innovation Labs, die Helmholtz-Inkubator-Projekte oder auch die Wegbereiter-Projekte nutzen wir, um vor allem die Zusammenarbeit mit universitären und industriellen Partnern zu stärken.

Universitäten nehmen in unserer Kooperationsstrategie eine Schlüsselposition ein. Aufgrund unserer thematischen Fokussierung, der unikatlen Infrastruktur und der meist langfristig angelegten Projekte sind wir in der Lage, die Kompetenzen und Möglichkeiten der Hochschulen ideal zu ergänzen. Nicht nur das HZDR profitiert dabei enorm vom akademischen Austausch zwischen den Forscher*innen, dem Zugang zur Lehre als Wissenstransfer-Element und dem Kontakt zu Nachwuchswissenschaftler*innen der nächsten Generation. Vor allem gemeinsame Berufungen sind hervorragend geeignet, um die Zusammenarbeit mit den Hochschulen zu befördern und zu vertiefen (siehe 3.5. Handlungsfeld Exzellente Rekrutierungen). Unsere wichtigsten Partneruniversitäten sind die Technische Universität Dresden und die TU Bergakademie Freiberg. Im nationalen Umfeld soll insbesondere die Zusammenarbeit mit der Universität Leipzig und der Universität Rostock intensiviert werden. Wir beteiligen uns an koordinierten Projekten und Verbundvorhaben wie beispielsweise an Exzellenzclustern der TU Dresden.

Im regionalen Bereich wollen wir zudem unser Engagement im Verbund **DRESDEN-concept** – einer einzigartigen Allianz mit Partnern aus den Bereichen Wissenschaft und Kultur – verstärken. Das HZDR wird sich aktiv in die weitere Ausgestaltung der Allianz einbringen mit dem Ziel, den Austausch und die Kooperation zwischen den beteiligten Einrichtungen weiter zu vertiefen und die damit einhergehenden Synergien besser auszuschöpfen.

Im Bereich der **internationalen Kollaborationen** wird das HZDR in Anbetracht der geographischen Lage in den kommenden Jahren insbesondere die Zusammenarbeit im Dreiländereck Deutschland – Polen – Tschechien ausbauen. Dies soll über den Abschluss von Kooperationsverträgen (MoU) mit Universitäten der Nachbarländer, gemeinsame Workshops und Programme für Doktorand*innen realisiert werden. Eine besondere Stellung nimmt dabei die Universität Wrocław (Breslau) im Rahmen der CASUS-Partnerschaft³ ein. Das HZDR engagiert sich außerdem in europäischen Verbänden der großen Forschungsinfrastrukturen, um den transnationalen Zugang zu unseren und anderen Großgeräten zu unterstützen. Internationale Zusammenarbeit ist jedoch nicht auf Europa beschränkt. Neben der Pflege der bestehenden Partnerschaften wollen wir zum Beispiel die Zusammenarbeit mit australischen Partnern ausbauen und neue Kooperationen auf dem afrikanischen Kontinent erschließen. Das HZDR sieht sich auch in der Verantwortung, im Rahmen einer **Science Diplomacy** einen friedlichen Austausch mit allen Nationen zu pflegen und so zur Völkerverständigung beizutragen. Eine wichtige Rolle spielt in diesem Zusammenhang etwa das Engagement am Synchrotron SESAME in Jordanien oder die Beteiligung an der nächsten Phase der German-Georgian-Science-Bridge.

Kooperationen im **industriellen Bereich** tragen wesentlich zum Transfer von Wissen und Technologie aus dem Forschungszentrum in die Gesellschaft bei. Hier streben wir in allen Forschungsbereichen **strategische Partnerschaften** mit ausgewählten großen Unternehmen ebenso wie mit weiteren KMU aus der Region an, um einen Beitrag zur Stärkung des Wirtschaftsstandorts Sachsen zu leisten. Als Ausbildungsbetrieb ertüchtigt das HZDR zudem hochqualifizierte Arbeitskräfte für den eigenen Bedarf ebenso wie für Unternehmen der Region. Die Vernetzung mit der Industrie ist Teil unserer Transferstrategie, die im Kapitel 4.3. Transfer und Innovation erläutert wird.

Neben der externen Vernetzung hat auch die Vernetzung nach innen für uns einen hohen Stellenwert. Unsere Mitarbeiter*innen forschen an insgesamt sieben Standorten und entwickeln und betreiben dort teils unikale Infrastrukturen, die allen Forscher*innen zur Verfügung stehen. Zudem ermöglicht uns die multi-programmatische Ausrichtung des Zentrums die Be-

³ CASUS ist eine gemeinsame Initiative des HZDR, des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung UFZ Leipzig, der TU Dresden und des Max-Planck-Instituts für molekulare Zellbiologie und Genetik.



Das Clean Water Technology Lab CLEWATEC – eines von drei Helmholtz Innovation Labs am HZDR – entwickelt gemeinsam mit dem Industriepartner Air Liquide modernste Mess- und Analysetechniken für die Abwasserbehandlung und erhöht damit die Energieeffizienz aller daran beteiligten Prozesse.

arbeitung komplexer Forschungsprojekte, deren Realisierung das Know-how verschiedenster Fachbereiche erfordert, wodurch ein Mehrwert gegenüber einer monothematischen Ausrichtung generiert wird. Eine **enge Verzahnung zwischen den Standorten und den Forschungsbereichen** ist daher unabdingbar für den Erfolg unseres Zentrums. Hierbei nutzen wir neben dem direkten persönlichen Austausch vermehrt die Möglichkeiten digitaler Medien. Ein Gästehaus am Hauptcam-

pus Dresden-Rossendorf bietet Übernachtungsmöglichkeiten für Gastaufenthalte auch der Beschäftigten des HZDR, eine analoge Möglichkeit soll am Standort Görlitz geschaffen werden.

Die wesentlichen strategischen Ziele und Maßnahmen in diesem Bereich werden ausführlicher im Kapitel 4.4. Vernetzung und Kooperation dargelegt.

Handlungsfeld Vernetzung und Kooperation

Das HZDR fördert aktiv forschungsbereichsübergreifende Themen und Projekte. Für innovative Problemlösungsansätze werden die bestehenden Kooperationen mit den Hochschulen weiter intensiviert und insbesondere Kooperationen im Dreiländereck Deutschland – Polen – Tschechien ausgebaut.

Auswahl der geplanten Maßnahmen:



Kurzfristig

- Nutzung digitaler Medien für eine engere Verzahnung der Forschungsstandorte
- aktives Engagement im Verbund DRESDEN-concept
- aktive Beteiligung und Koordination an/von nationalen und internationalen Drittmittelprojekten
- Verankerung der strategischen Industriekooperationen in der Transferstrategie des Zentrums



Mittelfristig

- Ausbau des Engagements in europäischen verteilten Forschungsinfrastrukturen (ELI, EMFL, LaserLab Europe AISBL) und in europäischen Plattformen/

Verbänden (LEAPS, ARIE, KIC-EIT RawMaterials, EURAD)

- Stärkung der Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen und Universitäten in Osteuropa und Kleinasien (Dreiländereck, Georgien) bspw. durch gemeinsame Berufungen und Austauschprogramme



Langfristig

- Gründung interner disziplinenübergreifender Forschungsplattformen
- Vernetzungs-Doktorand*innenprogramm für institutsübergreifende Promotionen
- Übernahme von Verantwortung im Rahmen von Science Diplomacy (z. B. Synchrotron SESAME, Georgian-German-Science-Bridge)

3.5. Handlungsfeld Exzellente Rekrutierungen

Wissenschaftliche Institute und Zentralabteilungen – Förderung von Exzellenz auf allen Leveln

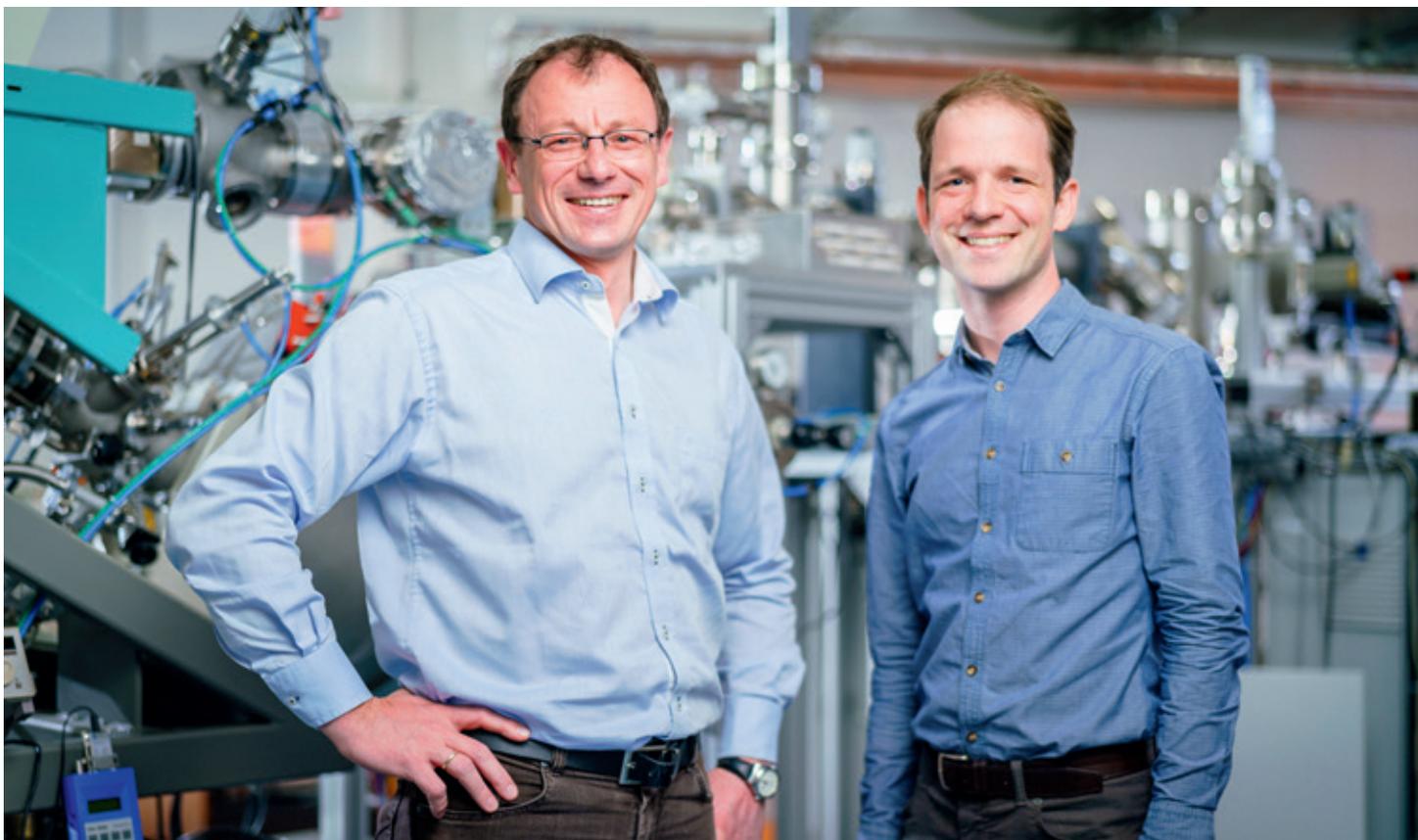
Exzellente Wissenschaft lebt von brillanten Köpfen, weshalb die Förderung von Exzellenz auf allen Ebenen eine unserer wichtigsten strategischen Maßnahmen bildet. Um an der Weltspitze forschen zu können,

ist es für uns unabdingbar, exzellente Mitarbeiter*innen zu rekrutieren (siehe Kapitel 2. Mission und Leitlinien des HZDR mit Leitlinie 05 Rekrutierungen). Wie bei allen anderen Fragen des Talentmanagements nehmen unsere Führungskräfte auch hier eine Schlüsselrolle ein. Durch eine **Rekrutierungsinitiative** wollen wir in den kommenden Jahren in unseren wissenschaftlichen Bereichen vor allem herausragende Wissenschaftler*innen gewinnen, die nach dem Abschluss ihrer Promotion bereits über erste Führungserfahrungen verfügen.

Ein zentrales strategisches Instrument zur Rekrutierung der Besten sind **gemeinsame Berufungen** mit

unseren wichtigsten strategischen Partnern, den Universitäten (siehe Kapitel 2. Mission und Leitlinien des HZDR mit Leitlinie 04 Universitäre Partner). Über diese Berufungen wollen wir bestehende Partnerschaften mit den Universitäten in Sachsen und darüber hinaus stärken und ausbauen sowie weitere Kooperationen anbahnen. Einen strategischen Schwerpunkt setzen wir dabei im Dreiländereck Deutschland – Polen – Tschechien.

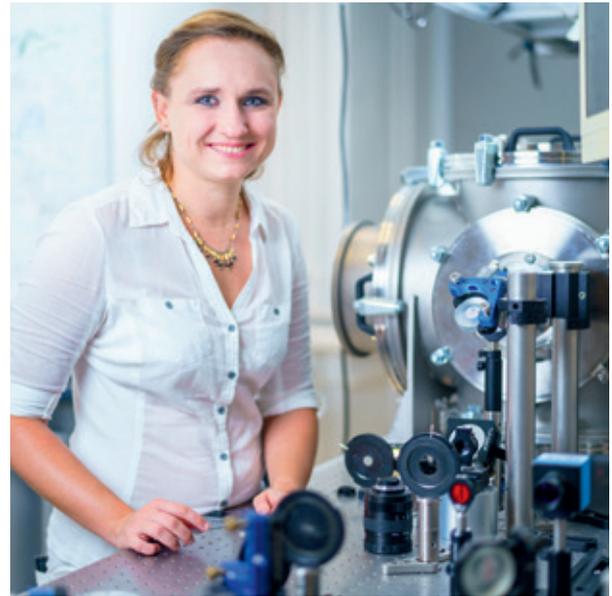
Innerhalb unseres Zentrums etablieren wir faire, transparente und effektive Verfahren mit konstanten Ansprechpartner*innen für interne und externe Personen. Die am HZDR bereits erfolgreich eingeführten **Rekrutierungsinstrumente High-Potential-Programm und HZDR-Nachwuchsgruppen** fokussieren sich fortan stärker auf die Gewinnung externer Wissenschaftler*innen, deren Sichtbarkeit und Renommee durch den zunehmend kompetitiven Auswahlprozess erhöht wird. In ihrer Zeit am HZDR begleiten wir sie aktiv, unter anderem mit Maßnahmen zur außer-



Prof. Anton Wallner (links) ist Experte für Beschleuniger-Massenspektrometrie (AMS) und Isotopenforschung. Er kam 2019 von der University of Canberra (Australien) als Abteilungsleiter und gemeinsam mit der TU Dresden berufenen Professor an das HZDR und holte kurz darauf Dr. Johannes Lachner mit in sein Team.

fachlichen Qualifikation und Karriereplanung (siehe Kapitel 4.6. Talentmanagement). Damit avancieren wir zu einer ausgewiesenen Talentschmiede für exzellente Nachwuchswissenschaftler*innen.

Auch in den die Wissenschaft unterstützenden Abteilungen legen wir gesteigerten Wert auf die Gewinnung hervorragender Fachkräfte, um produktive und visionäre Teams bilden zu können. Damit wir als Arbeitgeber attraktiver werden, müssen wir – neben unikalen Infrastrukturen und hervorragenden Forschungsmöglichkeiten – unseren Beschäftigten an allen Standorten ein ansprechendes Arbeitsumfeld bieten können. Dies wollen wir über den Ausbau von Weiterbildungs- und Weiterentwicklungsangeboten (siehe Kapitel 3.6. Handlungsfeld Talentmanagement) und eine moderne und aufgeschlossene Unternehmenskultur erreichen (siehe 3.8. Handlungsfeld HZDR – A Place to Be).



Die tschechische Physikerin Dr. Katerina Falk, die zuvor in den USA lebte und forschte, leitet heute die Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Ultrafast X-ray Methods for Laboratory Astrophysics“ am HZDR.

Handlungsfeld Exzellente Rekrutierungen

Das HZDR rekrutiert die weltweit besten Wissenschaftler*innen.

Auswahl der geplanten Maßnahmen:

Kurzfristig

- Stärkung der schwerpunktmäßigen Rekrutierung von Wissenschaftler*innen in der ersten Karrierephase und von High Potentials
- Weiterentwicklung des High-Potential-Programms am HZDR
- Aktivierung des ERC Support Program zur Förderung der Exzellenz

Mittelfristig

- Gewinnung von vielversprechenden externen Nachwuchswissenschaftler*innen (Rising Stars) – das HZDR als Talentschmiede

- aktive Teilnahme an den Exzellenz-Programmen der EU, der Helmholtz-Gemeinschaft, der DFG und der Humboldt-Stiftung
- Förderung der gemeinsamen Berufungen (W3, W2, Honorarprofessuren, Assistant Professorships) mit der TU Dresden, anderen Hochschulen in Sachsen sowie im Dreiländereck

Langfristig

- Kontinuierliche Professionalisierung und Optimierung der Prozesse bei gemeinsamen Berufungen, u. a. durch die Verstetigung einer Stabsstelle für Berufungen
- Schaffung attraktiver Bedingungen im wissenschaftlichen und persönlichen Umfeld – HZDR – A Place to Be

3.6. Handlungsfeld Talentmanagement

Wissenschaftliche Institute und Zentralabteilungen – Förderung von Exzellenz auf allen Leveln

Unser wissenschaftlicher Fortschritt lebt vom Engagement der bei uns forschenden Wissenschaftler*innen und den sie dabei administrativ und technisch unterstüt-

zenden Mitarbeiter*innen. Neben der gezielten Rekrutierung exzellenter Fachkräfte ist eine ausgewogene Talentmanagementstrategie notwendig, um erfolgreich gemäß unserer Strategiepyramide Exzellenz auf allen Ebenen zu erreichen.

Wir fördern daher alle unsere Mitarbeiter*innen kontinuierlich und bieten ihnen attraktive Arbeitsbedingungen, um sie bei der Ausschöpfung ihres vollen wissenschaftlichen und persönlichen Potenzials optimal zu unterstützen. Wir sind davon überzeugt, dass dies nur im Rahmen eines ganzheitlichen Konzeptes möglich ist (siehe in Kapitel 2. Mission und Leitlinien des HZDR 06 Leitlinie Talentmanagement). Entsprechend legen wir die Maßnahmen für das Talentmanagement für das gesamte Berufsleben an und berücksichtigen die individuellen Voraussetzungen der einzelnen Mitarbeiter*innen. Dabei steht neben dem unmittelbaren Nutzen für das Zentrum auch der Gewinn für die Gesellschaft im Vordergrund. Deshalb sollen sich unsere Fördermaßnahmen nicht nur an für längere Zeit am Zentrum tätige Mitarbeiter*innen richten, sondern insbesondere an Nachwuchswissenschaftler*innen sowie junge Angestellte in den die Wissenschaft unterstützenden Bereichen.

So achten wir bei unseren Promovierenden mittels festgelegter und abgestimmter Richtlinien auf eine einheitliche Qualität der Betreuung – unabhängig von der Universität, an der sie promovieren. Dadurch ist eine verbesserte Qualitätssicherung der am HZDR absolvierten Promotionen möglich. Einen weiteren Baustein stellt die Etablierung des 2020 neu eingerichteten Postdoc Centers als zentrale Anlaufstelle für die Postdoktorand*innen am HZDR dar. Hier finden Postdocs eine passgenaue Unterstützung bei der Entscheidungsfindung und der nachfolgenden Planung und Durchführung ihrer individuellen Karriere innerhalb und außerhalb der Wissenschaft. Über die enge Verbindung zur Graduiertenakademie der TU Dresden profitieren Doktorand*innen und Postdocs auch von den Angeboten der TU Dresden.

Zusätzliche Möglichkeiten bieten sich unseren Beschäftigten über die enge Zusammenarbeit mit weiteren Partneruniversitäten sowie die Teilnahme an

zentrumsübergreifenden Maßnahmen wie den Kursen der Helmholtz-Akademie für Führungskräfte. Unsere Mitarbeiter*innen im wissenschaftsunterstützenden Bereich erhalten etwa über unsere interne Technikerakademie vielseitige praxisnahe Weiterbildungsangebote, die wir, aufbauend auf der Erfahrung der vergangenen Jahre, kontinuierlich weiterentwickeln. Die Auszeichnung dieses Weiterbildungs Konzeptes mit dem Innovationspreis für Weiterbildung 2016 würdigte den beispielhaften Ansatz.

Für eine optimale Adressierung des Themas wurde eine Teilstrategie Talentmanagement ausgearbeitet (siehe Kapitel 4.4. Talentmanagement). Eine gleichnamige Task-Force mit Vertreter*innen aus allen Bereichen und Interessensgruppen begleitet die Umsetzung und berät den Vorstand bezüglich geeigneter Maßnahmen.



Dr. Josefine Metzkes-Ng übernahm 2017 nach ihrer Promotion die Leitung der Nachwuchsgruppe „Anwendungsorientierte Laser-Teilchenbeschleunigung“. Mittlerweile ist sie am HZDR zudem für die neue Forschungs- und Entwicklungsplattform für Beschleunigertechnologien namens ATHENA (Accelerator Technology HELmholtz iNfrAstructure) zuständig.



Dr. Lieselotte Obst-Hübl wurde von der Amerikanischen Physikalischen Gesellschaft mit dem Preis für die beste Doktorarbeit in der Strahlenphysik ausgezeichnet.



Im Rahmen der Technikerakademie können alle Beschäftigten des HZDR an praxisnahen Weiterbildungsangeboten teilnehmen. Einen experimentellen Kurs zum Thema Radioaktivität bietet das Schülerlabor DeltaX an.

Handlungsfeld Talentmanagement

Das HZDR-Talentmanagement umfasst das gesamte Berufsleben.

Auswahl der geplanten Maßnahmen:

➔ Kurzfristig

- Förderung akademischer Laufbahnen am HZDR
- Förderung nicht-akademischer Laufbahnen und Vorbereitung auf andere Tätigkeiten in der Gesellschaft als wesentlicher Erfolgsparameter des HZDR
- qualitätsgesicherte Betreuung von Studierenden und Doktorand*innen
- Anspruch, ein exzellenter „Ausbilder“ in der Region zu sein
- Senior-Professuren oder Weiterbeschäftigung zum Kompetenzerhalt – gesicherte Übergabe

➔ Mittelfristig

- Etablierung einer HZDR-Promovierendenplattform mit Leitlinien
- Etablierung und schrittweiser Ausbau der Angebote des Postdoc Centers

➔ Langfristig

- Ausbau Schülerlabor (Digitalisierung)
- Qualifikation nach Talent und Bedarf ein Arbeitsleben lang

3.7. Handlungsfeld Digitalisierung

Neues Forschungsfeld
Datenwissenschaften

Operative
Digitalisierung
aller Bereiche

Die digitale Transformation (oder verkürzt Digitalisierung) bezeichnet den zielgerichteten und forcierten Einsatz innovativer digitaler Technologien zur Effizienzsteigerung und Erzielung qualitativer

und quantitativer Fortschritte in verschiedenen gesellschaftlichen Gebieten, insbesondere in Wissenschaft und Forschung sowie in der Verwaltung. Die effektive Nutzung dieser neuen Technologien stellt in Anbetracht der internationalen Konkurrenz die Voraussetzung für die **Zukunftsfähigkeit des HZDR** und damit einen der Schlüsselpunkte unserer zukünftigen strategischen Entwicklung dar.

Wir begreifen Digitalisierung zum einen als neues Forschungsfeld, zum anderen als einen Innovationsprozess im operativen Bereich. Im wissenschaftlichen Bereich beteiligen wir uns mit der **Zentralabteilung für Informationsdienste und Computing** an Projekten auf dem Gebiet der **Datenwissenschaften**, die in allen wichtigen, thematisch relevanten Konsortien der Helmholtz-Gemeinschaft vertreten sind. Hier werden wir den wissenschaftlichen Beitrag der Zentralabteilung weiter ausbauen und die Umwandlung in ein Institut anstreben. Ein Schwerpunkt unserer Forschungsarbeiten im Umgang mit Big Data und neuen digitalen Technologien liegt bei CASUS⁴, das als Zentrum für digitale interdisziplinäre Systemforschung neuartige Methoden aus den Datenwissenschaften mit einem interdisziplinären Ansatz erforscht und für das Verständnis komplexer Systeme einsetzt. **CASUS als neues Institut des HZDR** strebt eine enge Zusammenarbeit mit allen Instituten und Zentralabteilungen des Zentrums im Bereich der Digitalisierung und des Verständnisses komplexer Systeme an. Insgesamt arbeiten bereits alle Institute des HZDR an vielfältigen Projekten mit starkem Bezug zu den Datenwissenschaften und der digitalen Transformation. Die Zentralabteilung Informationsdienste und Computing wird daher als weitere Aufgabensäule – gemeinsam mit der Zentralabteilung Forschungstechnik – als Serviceanbieter die Digitalisierung am Zentrum unterstützend begleiten und aktiv vorantreiben.

Im operativen Bereich stellen unsere **Großgeräte einen wichtigen Schwerpunkt unserer Digitalisierungsstrategie** dar. Wir stellen Wissenschaftler*in-

nen aus aller Welt Forschungsinfrastrukturen zur Verfügung, die Experimente in einzigartiger Weise ermöglichen. Um das Potenzial dieser Anlagen effizient und zielführend auszunutzen, bedarf es des ständigen Ausbaus, nicht zuletzt bei der Anwendung innovativer Digitalisierungstechnologien. Hierbei werden systematisch Datenerfassungssysteme für Experimente entwickelt und zunehmend Metadaten aus Überwachungs- und Regelungssystemen und auch aus Datenanalysen integriert. Stetig wachsende Datenströme aus Forschungsanlagen, Experimenten und Simulationen müssen hierbei sowohl unter Wahrung der Datenintegrität als auch der IT-Sicherheit verarbeitet werden. Dafür müssen hard- und softwareseitige Schnittstellen implementiert sowie Werkzeuge und Bibliotheken zur Unterstützung der wissenschaftlichen Workflows bei der Verarbeitung und Auswertung von Daten zur Verfügung gestellt und durch Expert*innen betreut werden.

Prospektiv machen in diesem Zusammenhang die hochdynamische Entwicklung neuer digitaler Technologien – z.B. im Bereich der Messdatenerfassung, der Künstlichen Intelligenz, des Exascale-Computings oder der Quantentechnologien – und die massive Zunahme der zu verarbeitenden Daten ein **institutsübergreifend abgestimmtes Konzept** und eine konzentrierte Umsetzung der definierten Maßnahmen im Rahmen des digitalen Transformationsprozesses erforderlich. Dieses werden wir in der Arbeitsgruppe Digitalisierung, in welcher die einschlägige Expertise aller Institute des Zentrums vertreten ist, erarbeiten und anschließend begleitend im Zentrum umsetzen. Wir werden unsere Digitalisierungsmaßnahmen zunächst auf folgende Bereiche konzentrieren:

- Umsetzung einer digital unterstützten Wissenschaft durch Bereitstellung und Förderung moderner Werkzeuge von der Simulation über die Datenerfassung bis zur Analyse und Publikation, wobei insbesondere auch die Forschungsgeräte und -anlagen einbezogen werden
- Schaffung durchgehender digitaler, administrativer Prozesse in Wissenschaft und Verwaltung auf Basis einer modernen IT-Infrastruktur
- Entwicklung und Anwendung neuer Methoden und Technologien mit klarem Bezug zu den Forschungsthemen der HZDR-Institute
- Qualifikation, Wissenstransfer und Talentmanagement über die gesamte Bandbreite moderner Technologien und Methoden der Datenwissenschaften

⁴ CASUS ist eine gemeinsame Initiative von HZDR, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ in Leipzig, TU Dresden und Max-Planck-Institut für molekulare Zellbiologie und Genetik (MPI-CBG).



Dabei werden wir die operative Digitalisierung nicht nur im wissenschaftlichen Bereich, sondern auf allen Ebenen des Zentrums forcieren. Das administrative Arbeitsumfeld ist bei der digitalen Transformation durch umfassende, sich stetig wandelnde gesetzliche Rahmenbedingungen und einen dynamischen Fachkräftemarkt gekennzeichnet. In Verbindung mit dem Anspruch an eine moderne Verwaltung mit Kunden- und Serviceorientierung ist eine fortgeschrittene Digitalisierung aller kaufmännischen und administrativen Prozesse zwingend notwendig. Dies wird mit dem Programm **Administration 4.0** zur Transformation der bestehenden Prozesse und IT-Lösungen im kaufmännischen Geschäftsbereich in den nächsten Jahren adressiert. Ziel ist es dabei, die Forschungsaktivitäten

durch eine Verbesserung der Prozessqualität und -geschwindigkeit im administrativen Bereich bestmöglich zu unterstützen und die Durchgängigkeit der IT-Landschaft zu verbessern.

Im klassischen IT-Service-Umfeld bedeutet dies einen Ausbau der Mandantenfähigkeit der Dienste und der Cloud-Infrastruktur insbesondere für wissenschaftliche Anwendungsfälle, mit dem auch die Zusammenarbeit mit externen Partnern vereinfacht wird. Ein weiteres strategisches Ziel ist die systematische Entwicklung hin zu einer breiteren Nutzung und aktiven Weiterentwicklung von Open-Source-Software, um den ständig wachsenden Kosten und kritischen Abhängigkeiten von einzelnen Herstellern zu begegnen.

Handlungsfeld Digitalisierung

Das HZDR forcieren die Digitalisierung auf allen Arbeitsebenen als Grundlage für eine zukunftsorientierte Arbeitsweise.

Auswahl der geplanten Maßnahmen:

Kurzfristig

- Arbeitsgruppe Digitalisierung mit Vertreter*innen aller Institute und Zentralabteilungen
- Erarbeitung eines Maßnahmenkatalogs im Rahmen der HZDR-Digitalisierungsstrategie
- CASUS als neues Zentrum für datenintensive Systemforschung

Mittelfristig

- Initiative in den Bereichen Talentmanagement und Wissenstransfer für die Umsetzung der digitalen Transformation

Langfristig

- Verstärkung der wissenschaftlich orientierten IT
- forcierte Digitalisierung im Bereich der Nutzeranlagen (Remote Access u. ä.)
- Planung und Umsetzung des Programms Administration 4.0
- systematische Entwicklung hin zu einer breiteren Open-Source-Software-Nutzung und Weiterentwicklung im Zentrum

3.8. Handlungsfeld A Place to Be

**A Place to Be:
Sieben Standorte
– ein Zentrum**

Kreativität und Leistungsbereitschaft können sich nur in einem motivierenden Umfeld entfalten.

Daher begreifen wir es als unsere Pflicht, eine ansprechende Arbeitsumgebung zu schaffen. Einen modernen und offenen Forschungscampus, auf dem unsere Mitarbeiter*innen sich wohlfühlen und ihren Arbeitsalltag gern verbringen, verstehen wir dabei als **A Place to Be**. Dieser Anspruch ist so grundlegend, dass wir ihn in unserer Strategiepyramide auf die erste und breiteste Stufe gesetzt haben.

Im persönlichen Miteinander begreift das HZDR Teamgeist und Respekt als zentrale Werte – unabhängig von Aufgabenbereich, Karrierestatus oder persönlichem Hintergrund. Eine offene und lösungsorientierte Kommunikation soll den beruflichen Umgang in allen Bereichen prägen. Für eine breite Akzeptanz unserer Richtlinien und Kernwerte soll das bestehende **Leitbild** des HZDR in einem partizipativen Prozess ähnlich zum Strategieprozess überarbeitet werden (siehe Kapitel 5. Leitbild).

Wichtiger Bestandteil des Leitbildes ist eine moderne und wertschätzende **Diskussions- und Führungskultur**, die durch einen konstruktiven Umgang mit Fehlern und Konflikten geprägt ist. Wir setzen auf offene und transparente Führungsentscheidungen und weisen der internen Kommunikation dabei einen hohen Stellenwert zu (siehe Kapitel Kommunikation). In diesem Rahmen sehen wir ein gezieltes Training für unsere Führungskräfte als wichtige Maßnahme an. Diese wollen wir mit geeigneten Förderinstrumenten, wie beispielsweise der Helmholtz-Akademie für Führungskräfte, weiterentwickeln. Über Angebote des Postdoc Centers oder das HZDR-Mentoringprogramm sollen Nachwuchswissenschaftler*innen frühzeitig auf Führungsaufgaben vorbereitet werden und die notwendigen Kompetenzen entwickeln (siehe Kapitel 4.6. Talentmanagement).

Die im Leitbild formulierten Werte können nur gemeinschaftlich mit allen Mitarbeiter*innen geformt und gelebt werden. Als Arbeitgeber profitiert das HZDR von einer Unternehmenskultur des Miteinanders und muss einen geeigneten Raum und entsprechende Bedingungen dafür bereitstellen. Dies erreichen wir mit Maßnahmen zur Förderung der Diversität, der Gleichstellung, der Vereinbarkeit von Beruf und Familie und der Möglichkeit zur Entfaltung der persönlichen Entwicklungspotenziale über eine individuelle Karriereplanung. Zur Entwicklung unserer Forschungsstandorte soll sich eine Arbeitsgruppe mit den Wünschen und Bedürfnissen der Mitarbei-



ter*innen befassen und den Vorstand – in Zusammenarbeit mit den Betriebsräten – zu geeigneten Maßnahmen beraten. Bei der Gestaltung und Bewirtschaftung der Standorte sieht sich das HZDR dem Konzept der **Nachhaltigkeit** verpflichtet. Die Entwicklungsplanung der verschiedenen Forschungsstellen ist jeweils in einem Masterplan ausgeführt (siehe Kapitel 8. Kaufmännischer Geschäftsbereich).

Die Maßnahmen für ein offenes, respektvolles und förderndes Arbeitsumfeld sollen an allen Standorten des HZDR gleichberechtigt umgesetzt werden, damit unsere Mitarbeiter*innen vom ersten Tag an über ihre gesamte Zeit am Zentrum davon profitieren können. Dabei sollen vor allem **internationale Mitarbeiter*innen** eine noch gezieltere und auf ihre jeweiligen Bedürfnisse zugeschnittene Unterstützung erhalten, zum Beispiel durch das International Office des HZDR. Um den Mitarbeiter*innen aller Standorte den Austausch mit den Kolleg*innen und den vollumfänglichen Zugang zu maßgeblichen Informationen zu ermöglichen, sollen in geeigneten Fällen zusätzlich zu Präsenzveranstaltungen an den Standorten auch vermehrt digitale Formate angeboten werden.



Egal, ob in Dresden, Freiberg, Görlitz, Leipzig, Schenefeld oder im französischen Grenoble: Alle Beschäftigten sollen gern am HZDR arbeiten. Das HZDR-Sommerfest (Foto auf Seite 34) stärkt das Wir-Gefühl und der Bibliothek auf dem Rossendorfer Forschungscampus kommt eine wichtige Funktion als Begegnungsort zu.

Handlungsfeld HZDR – A Place to Be

Jede*r soll gern zur Arbeit kommen und einen Arbeitsplatz vorfinden, der dem Anspruch HZDR – A Place to Be gerecht wird.

Auswahl der geplanten Maßnahmen:

➔ Kurzfristig

- Willkommenskultur gestalten
- lösungsorientierte Zusammenarbeit als Leitwert für den beruflichen Umgang stärken
- Lucy-Mensing-Programm zur Förderung der Chancengleichheit ausbauen
- Nachhaltigkeitsaspekte als wichtigen Bestandteil in den Masterplänen der Forschungsstandorte einpflegen

➔ Mittelfristig

- Moderne Fehler- und Konfliktkultur etablieren
- jeder Standort wird zu einem lebendigen und attraktiven Campus weiterentwickelt
- Arbeitsgruppe Campuserweiterung zur Weiterentwicklung des Maßnahmenkatalogs einrichten

➔ Langfristig

- Diversitätsmanager*in etablieren
- Ausweitung der Maßnahmen auf einen Place to Be in der digitalen Welt

4. Ausführliche Strategie der Handlungsfelder

4.1. Zukunftsweisende Forschung

Innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft werden alle Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sechs zentrenübergreifenden Forschungsbereichen zugeordnet: ENERGIE, ERDE und UMWELT, GESUNDHEIT, INFORMATION, LUFTFAHRT, RAUMFAHRT und VERKEHR sowie MATERIE. Unter dem Motto

Moving Research to the **NEXT Level** for the **NEXT Gens**

stärkt das HZDR vor allem die Bereiche MATERIE, ENERGIE und GESUNDHEIT. Die Forschungsbereiche selbst sind wiederum in Forschungsprogramme untergliedert. Diese bilden die Basis für die Grundfinanzierung der daran beteiligten Helmholtz-Zentren im Rahmen der Programmorientierten Förderung (PoF).

Vor Beginn der vierten Periode der PoF (2021 - 2027) wurden die Forschungsaktivitäten an den 18 Helmholtz-Zentren evaluiert. Auf Basis dieser strategischen Bewertung formulierte der Senat der Helmholtz-Gemeinschaft im Mai 2020 Empfehlungen für die Durchführung der Programme als Voraussetzung für die Umsetzung der ebenfalls verabschiedeten Finanzierungsempfehlungen.

Die das HZDR betreffenden Empfehlungen des Helmholtz-Senates (siehe Anhang) bilden daher gemeinsam mit den in den Programmen definierten Meilensteinen die für uns grundlegenden strategischen Vorgaben. Im Folgenden soll eine Übersicht über unsere Aktivitäten und Zukunftspläne in den Forschungsbereichen gegeben werden. Der konkrete Fortschritt in den verschiedenen Programmen wird im Rahmen jährlicher Fortschrittsberichte dokumentiert und ist daher nicht Teil dieses Strategiepapiers.

Zusätzlich wird sich das HZDR auch weiterhin an zukunftsweisenden Ausschreibungen und der Gestaltung der künftigen Forschungslandschaft beteiligen. So stellt uns beispielsweise der Strukturwandel vor relevante politische und gesellschaftliche Fragestellungen. Mit der Gründung von CASUS in der sächsischen Lausitz haben wir einen Kristallisationspunkt für künftige Innovationsansätze und intensive Kooperationen mit nationalen und internationalen Partnern geschaffen. Wir sind überzeugt, dass dies nachhaltig zur Attraktivität der Region beiträgt. Weiterhin war das HZDR in die Erstellung verschiedener Ideenskizzen für zwei neue Großforschungszentren in den sächsischen Kohlerevieren im Rahmen des Ideenwettbewerbes des BMBF eingebunden.



HZDR-Wissenschaftler*innen am CASUS-Institut unterstützen den Aufbau des weltweit größten Exascale-Computers FRONTIER. In Zusammenarbeit mit der University of Delaware testeten sie ihre Simulationssoftware PIconGPU erfolgreich auf einer der welt schnellsten Grafikkarten für Hochleistungsrechner – der MI100 des US-amerikanischen Unternehmens AMD.



Forschungsbereich MATERIE



Laserbasierte Beschleuniger gelten als vielversprechende Zukunftstechnologie - sie sind viel kompakter als die heutigen Anlagen. Wissenschaftler*innen von HZDR und OncoRay arbeiten zudem daran, die Krebsbestrahlung durch Protonen mithilfe der Hochleistungslaser am HZDR zu optimieren.

Im Forschungsbereich MATERIE bündelt die Helmholtz-Gemeinschaft ihre Kompetenzen in der Erforschung der Materie, im Bau und Betrieb komplexer Großforschungsanlagen sowie in der Entwicklung von Grundlagentechnologien wie beispielsweise Beschleuniger- und Detektorkonzepte. Dabei ist die Grundlagenforschung mit der anwendungsorientierten Forschung und der Technologieentwicklung eng verwoben. Die wissenschaftliche Mission des Forschungsbereichs ist die Erforschung der Struktur und der daran gekoppelten Eigenschaften von Materie. Dies beinhaltet Untersuchungen auf allen Längen- und Zeitskalen, von den elementaren Bausteinen der Materie und der Erforschung der Quantenwelt bis zu grundlegenden Fragen der Entwicklung des Universums. Das Verständnis komplexer Wechselwirkungen auf verschiedenen Längenskalen dient im Forschungsbereich auch als Grundlage zur Entwicklung neuer Materialien oder Medikamente. Zu diesem Zweck konzipieren, nutzen und betreiben die Zentren ein einzigartiges und zugleich komplementäres Portfolio an Forschungsinfrastrukturen, vielfach im Rahmen großer internationaler Kooperationen. Dies ist essenziell für die eigenen Forschungsziele, gleichzeitig stellen die Zentren hierfür einen Zugang für nationale und internationale Forschungsteams aus den unterschiedlichsten Disziplinen zur Verfügung.

Das HZDR ist an zwei der drei Programme des Forschungsbereichs beteiligt und bringt sich mit folgenden Instituten ein:

- Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung
- Hochfeld-Magnetlabor Dresden
- Institut für Strahlenphysik – zusätzlich auch im Forschungsbereich GESUNDHEIT aktiv
- Institut für Fluiddynamik – zusätzlich auch im Forschungsbereich ENERGIE aktiv
- Abteilung für Theoretische Physik⁵

Auch das vom HZDR mitgetragene Institut CASUS – Center for Advanced Systems Understanding⁶ ist eng mit den Aktivitäten im Forschungsbereich MATERIE verknüpft.

Weiterhin stehen mit dem Ion Beam Center (IBC), dem Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD) und dem ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen drei einzigartige Nutzergroßgeräte zur Verfügung. Zudem schließt das Zentrum bis 2022 unter Federführung des Instituts für Strahlenphysik die Implementierung der Helmholtz International Beamline for Extreme Fields (HIBEF) am European XFEL als Teil der Helmholtz International Beamlines (HIB) ab. Diese Infrastruktur wird einzigartige Möglichkeiten bieten, um Forschung

⁵ Zukünftig Institut für Theoretische Physik

⁶ CASUS ist eine gemeinsame Initiative des HZDR, des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung UFZ Leipzig, der TU Dresden und des Max-Planck-Instituts für molekulare Zellbiologie und Genetik.



Komplexe Großforschungsanlagen wie das Ionenstrahlzentrum des HZDR nehmen für viele Wissenschaftsgebiete hinsichtlich ihrer internationalen Wettbewerbsfähigkeit an Bedeutung zu.

zu Materie unter extremen Bedingungen oder zu Plasmen, planetarer und Starkfeld-Physik, ultraschneller Chemie und struktureller Biologie betreiben zu können. Ebenso steht der Aufbau von DRESDYN (DRESDEN Sodium facility for DYNAMO and thermohydraulic studies), einem Experiment zur Untersuchung des Funktionsmechanismus des Erddynamos, kurz vor dem Abschluss. Als Langzeitperspektive arbeitet das Zentrum am Design einer Nachfolgeranlage für das bestehende ELBE-Zentrum, die als kombinierte Terahertz- und VUV-Quelle (VUV steht für Vakuum-Ultraviolett) im Dauerstrichbetrieb (continuous wave) konzeptioniert ist (siehe Kapitel 4.2. Hochmoderne Infrastruktur – Unsere Zukunftsprojekte).

Mit dem Institut für Strahlenphysik ist das HZDR am Programm **Materie und Technologien** (MT) beteiligt. Dieses Programm erforscht die Möglichkeiten und Grenzen heutiger und zukünftiger beschleunigerbasierter Forschungsanlagen und untersucht, wie die in den Experimenten entstehenden, extremen Teilchen- und Photonenflüsse und hohen Felder optimal erfasst sowie die dabei generierten Daten verarbeitet werden können.

Im Programmenthema **Beschleunigerforschung und -entwicklung** (ARD) bringt das HZDR seine Expertise zu supraleitenden Elektronenquellen (SRF-Guns) ein, um mit den anderen Partnern – DESY, FZJ, GSI/FAIR, HZB und KIT – die Entwicklung von zuverlässigem Dauerstrichbetrieb an SRF-Beschleunigern voranzutreiben. Zudem nutzen die Wissenschaftler*innen ihre an ELBE und beim Aufbau der Terahertz-Pilotanlage TELBE gewonnenen Erfahrungen, um sie auf avancierte Kon-

zepte von Strahlkontrolle, -dynamik und -diagnose zu übertragen. Das an ELBE aufgebaute Hochleistungslaser-Labor mit den Anlagen DRACO und PENELOPE dient als Basis für die Weiterentwicklung lasergetriebener Plasmabeschleuniger – als Konzept für kompakte Beschleuniger – bis hin zur Anwendbarkeit. In diesem Kontext wird auch der Dresdner Beitrag der verteilten Forschungsinfrastruktur ATHENA, der aktuell implementiert wird, eine wichtige Rolle spielen.

Zentrales Ziel des neuen Programmenthemas **Datenmanagement und Analyse** (DMA) ist die Umsetzung einer umfassenden Digitalisierungsstrategie für den Forschungsbereich MATERIE. Der Fokus liegt dabei auf Entwicklung, Anwendung, Bereitstellung bzw. Integration von:

- innovativen digitalen Lösungen für die Handhabung und Analyse der extremen Mengen und Raten komplexer Daten
- neuartigen digitalen Methoden zur Wissensextraktion aus Experimenten und digitalen Modellen in MATERIE
- modernsten digitalen Methoden, um Experimente und Anlagen in MATERIE optimal zu nutzen.

Das Programm wird federführend durch Forscher*innen des HZDR sowie von DESY, FZJ, GSI/FAIR, HZB, HEREON und KIT vorangetrieben und ist zudem eng mit CASUS verzahnt.

Im Programm **Von Materie zu Materialien und Leben** (MML) werden die detaillierte Struktur sowie die elektronischen, magnetischen und chemischen Eigenschaften



Hochfeld-Magnetlabor Dresden und die Helmholtz International Beamline for Extreme Fields am HED-Instrument (High Energy Density) des European XFEL (rechts).

von Materie und Materialien ebenso wie elektronische, katalytische und (bio-)chemische Prozesse erforscht. Unter gezielter Nutzung der großen Infrastrukturen und deren diagnostischen Möglichkeiten erfolgen diese Untersuchungen auf allen relevanten Längen- und Zeitskalen.

Im dazugehörigen Programmthema **Materie – Dynamik, Mechanismen und Kontrolle** (MATTER) stehen grundlegende Aspekte der Struktur und Dynamik von komplexer Materie im Vordergrund. Gemeinsam mit den beteiligten Partnerzentren DESY, GSI und Helmholtz-Institut Jena sowie HZB will das HZDR die den Materieeigenschaften zugrundeliegenden Mechanismen besser verstehen. Das Institut für Strahlenphysik und die Abteilung Theoretische Physik⁷ bringen hier ihr Know-how in der Physik starker Felder ein, etwa zum Nachweis von Polarisierungseffekten in extremen Feldern; das Institut für Strahlenphysik zudem seine Erfahrung in der Anwendung intensiver Terahertz-Strahlung. Am HIBEF wird das Institut mit intensiven Laserpulsen transiente Nichtgleichgewichtszustände in dichten Plasmen und warmer dichter Materie untersuchen. Außerdem plant das Institut für Fluidynamik Versuche zum weltweit erstmaligen Nachweis des homogenen Dynamoeffekts in einer präzedierenden Natriumströmung.

Im Programmthema **Materialien – Quanten-, komplexe und funktionale Materialien** (MATERIALS) wird mit der Nutzung der Großforschungsanlagen das Verständnis grundlegender Prozesse der kondensierten und biologischen Materie erweitert. Die vielfältigen – und größtenteils einzigartigen – analytischen Möglichkeiten am

HZDR sowie an DESY, FZJ, GSI/FAIR, HZB, HEREON und KIT sind fundamental für eine wissenschaftsbasierte Entwicklung von funktionalen Materialien und Prozessen. Das Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung und das Hochfeld-Magnetlabor Dresden leisten mit ihren Erfahrungen wesentliche Beiträge bei der Analyse von Materialien – insbesondere unter extremen Bedingungen – sowie bei der Modifikation von Strukturen für Anwendungen im Bereich Nanomagnetismus, Halbleiter, korrelierte Elektronensysteme und andere.

Für die Mission und die Forschungsziele des Programms MML spielen die Großgeräte für Photonen, Neutronen, Ionen und hohe Felder und deren Weiterentwicklung – und damit verbundene, langfristige und strategische Planungen – eine zentrale Rolle. Das Ion Beam Center (IBC) des HZDR steht als Ionen-Anlage potenziellen Nutzer*innen für die Anwendung in der Materialforschung, in interdisziplinären Forschungsfeldern – zu nennen sind hier Ressourcentechnologie, Geomorphologie sowie Umwelt- und Klimaforschung – und als Ionenstrahlservice für industrielle Partner zur Verfügung. Die Aufstellung des IBC ist dabei komplementär zur Ionen-Anlage an GSI/FAIR in der Helmholtz-Gemeinschaft.

Die Erforschung von Materie in höchsten elektromagnetischen Feldern ist an den folgenden Hochfeld-Anlagen des HZDR möglich:

- Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD)
- ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen
- Hochleistungslaser DRACO und PENELOPE
- Helmholtz International Beamline for Extreme Fields (HIBEF)

⁷ zukünftig Institut für Theoretische Physik

Das **HLD** ist eine deutschlandweit einzigartige Einrichtung, die ultrahohe Magnetfelder für die Nutzung für grundlegende Untersuchungen insbesondere im Bereich der Festkörperphysik und Materialwissenschaften zur Verfügung stellt. Zusammen mit den Hochfeld-Laboratorien in Nijmegen, Grenoble und Toulouse bildet das HLD das European Magnetic Field Laboratory (EMFL). Als Plattform bietet das EMFL den Nutzer*innen einen zentralen Zugang zu den Infrastrukturen der einzelnen Partner, der passgenau auf die experimentellen Notwendigkeiten abgestimmt ist.

Am **ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlungsquellen** werden beschleunigerbasierte Infrarot- und Terahertz-Quellen zur Erzeugung von hochintensiven Photonenpulsen eingesetzt, um die Struktur und Dynamik von Materie zu untersuchen. Daneben bietet

ELBE Elektronenstrahlen und eine Reihe von Sekundärstrahlungsquellen – Neutronen, Positronen und Gammastrahlen – für das Studium von Materie und Materialien unter extremen Bedingungen, die Physik von Materialdefekten und für die Strahlenbiologie, was auch für Wissenschaftler*innen aus den Forschungsbereichen **ENERGIE**, **GESUNDHEIT** und **INFORMATION** von großer Relevanz ist.

DRACO und **PENELOPE** sind einzigartige Hochleistungslaser-Systeme, mit denen unter anderem experimentell bisher nicht zugängliche Materiezustände und die Physik starker Felder studiert werden können. Mit **HIBEF** ist am European XFEL eine neue Infrastruktur entstanden, in der sich hohe Felder mit brillanten Röntgenstrahlen koppeln lassen.

Strategische Schwerpunkte im Forschungsbereich MATERIE

- Erforschung von Materie unter extremen Bedingungen wie hohen Magnetfeldern, intensiven Laserpulsen und starken Feldern bis hin zum Terahertz-Bereich
- Erforschung von durch Quantenphänomene getriebenen elektronischen, magnetischen, Spin-basierten und topologischen Eigenschaften von Materie sowie deren Anwendungen für künftige Informations- und Quantentechnologien
- Entwicklung neuer Beschleunigerkonzepte und -anlagen für Anwendungen in Natur- und Lebenswissenschaften mit Photonen, Neutronen und Ionen
- Betrieb von HLD, IBC, ELBE als LKII-Nutzereinrichtungen

Auswahl der geplanten Maßnahmen:

Kurzfristig

- Aufbau und wissenschaftliche Nutzung
 - der Hochenergielaser-Infrastrukturen (DRACO, PENELOPE, HIBEF)
 - von ATHENA im Helmholtz-Verbund
 - der Beschleuniger-Massenspektrometrie AMS
 - von DRESYDYN
- Gründung des Instituts für Theoretische Physik mit dem Fokus auf Physik unter extremen Bedingungen
- Betrieb des Helmholtz International Labs WHELMI mit dem Weizmann-Institut in Israel

Mittelfristig

- Aufbau und Ausbau von CASUS gemeinsam mit Partnern der Region
- Erschließung medizinischer Anwendungen in den Bereichen Laserbeschleunigung, Hochfeld-Magnetlabor, Sensorik
- Etablierung von strategischen Partnerschaften mit der Industrie, z. B. Globalfoundries oder Infineon
- Etablierung einer nationalen und europäischen Allianz für Ion Beam Materials Research

Langfristig

Zukunftsprojekte:

- Dresden Advanced Light Infrastructure (DALI)
- Accelerator Driven Ion Beam Center (ACDC)
- HIBEF 2.0



Forschungsbereich GESUNDHEIT

Der Forschungsbereich GESUNDHEIT der Helmholtz-Gemeinschaft verfolgt die Mission, substanzielle Beiträge zum Verständnis des „Systems Mensch“ und damit zur Verbesserung unserer aller Gesundheit und Lebensqualität zu leisten. Dabei stehen der Erkenntnisgewinn zu den komplexen Ursachen von großen Volkskrankheiten wie Krebs, neurodegenerativen Erkrankungen, Diabetes, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Infektionen, Allergien und Erkrankungen der Lunge sowie die Entwicklung innovativer Verfahren zu präziser Prävention, Diagnostik und Therapie im Vordergrund. Dies geschieht durch eine integrative, interdisziplinäre und langfristig angelegte Grundlagenforschung mit stark translationaler Ausrichtung. Essenziell dabei ist die Abbildung der gesamten „Wertschöpfungskette“ in Kooperation mit nationalen und internationalen Partnern aus Hochschulmedizin, Hochschulen und außeruniversitären Einrichtungen sowie der Industrie: von grundlegenden Krankheitsmechanismen bis hin zur Anwendung neuer Diagnostika und Therapeutika an Patient*innen und dem Transfer in die Wirtschaft und Gesellschaft. Die fünf Programme des Forschungsbereichs sind im Einklang mit dem Rahmenprogramm Gesundheitsforschung der Bundesregierung aufgestellt und adressieren die großen Volkskrankheiten.

Hier beteiligt sich das HZDR zusammen mit dem Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) am Programm **Krebsforschung** (CR), welches sich zum Ziel gesetzt

hat, die Prävention, Früherkennung, Diagnostik und Therapie von Krebserkrankungen signifikant zu verbessern. Dabei bilden molekulare, zellbiologische, systembiologische, epidemiologische, immunologische und radioonkologische Ansätze, bildgebende Technologien und Data Science die Basis für ein besseres Verständnis der Krebsentstehung und für die Entwicklung neuer präventiver, diagnostischer und therapeutischer Ansätze. Der Fokus der beteiligten Institute des HZDR liegt auf dem Programmthema **Bildgebung und Radioonkologie**:

- Institut für Radioonkologie – OncoRay
- Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung
- Institut für Strahlenphysik – zusätzlich auch im Forschungsbereich MATERIE aktiv

Die Forschungsaktivitäten finden im Kontext des Translationszentrums OncoRay statt, das durch die Kooperation des HZDR mit dem Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden und der gleichnamigen Medizinischen Fakultät der TU Dresden getragen wird. Zusammen mit seinem Heidelberger Zwilling konstituiert OncoRay das Nationale Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie. Das Alleinstellungsmerkmal des Standorts Dresden, gleichzeitig auch Partner im Deutschen Konsortium für Translationale Krebsforschung (DKTK), ist die personalisierte und technisch optimierte Hochpräzisions-Teilchentherapie. Die direkte Translation der Ergebnisse von der Grundla-



Arbeiten mit Tumorzell-Kulturen in einer Sicherheitswerkbank am Zentrum für Radiopharmazeutische Tumorforschung (ZRT) des HZDR-Instituts für Radiopharmazeutische Krebsforschung.

genforschung zu den Patient*innen (bench to bedside) erfolgt in Kooperation mit dem DKTK und dem Nationalen Centrum für Tumorerkrankungen (NCT) Dresden. Das HZDR ist einer der Träger des NCT und beteiligt sich aktiv an den mit der 2020 beschlossenen Neugründung von vier zusätzlichen NCT-Standorten befassten Gremien.

Die enge Wechselwirkung zwischen klinischer Behandlung, interdisziplinärer Forschung und technologischer Entwicklung – wie beispielsweise der Magnetresonanz-geführten Protonentherapie – in einer großen Einrichtung stellt eine einzigartige Umgebung für die Forschung zur Verbesserung der Protonentherapie dar, der sich das Institut für Radioonkologie – OncoRay verschrieben hat. Übergreifend zu seinen Aktivitäten im Forschungsbereich MATERIE entwickelt das Institut für Strahlenphysik Protonenquellen auf Basis von Hochleistungslasern und Systeme zur Protonendosimetrie. Diese werden in enger interdisziplinärer Zusammenarbeit mit den klinischen Physiker*innen und Mediziner*innen des Instituts für Radioonkologie – OncoRay bis zur klinischen Anwendung weiterentwickelt. So ist ein System zur prompten Gammastrahl-Bildgebung bereits in Nutzung. Diese Zusammenarbeit ist ein hervorragendes

Beispiel für die strategisch angestrebte, enge Verzahnung der verschiedenen Forschungsbereiche am HZDR und soll in Zukunft weiter ausgebaut werden.

Neben der Verbesserung der Qualität der Bildgebung liegt der Fokus der Forschungsaktivitäten am Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung auf der Tracer-Entwicklung und physikalischen Optimierung für die personalisierte Bildgebung. Das beinhaltet die Positronen-Emissions-Tomografie (PET) ebenso wie die Einzelphotonen-Computer-Tomografie (CT) oder die magnetische Resonanz (MR). Darüber hinaus wird an Behandlungsmodalitäten mit neuen theranostischen (vulgo: die Kombination von Therapie und Diagnostik) Molekülen geforscht, die eine präzise Überwachung und Verfolgung von radiotherapeutischen, aber auch von immuntherapeutischen Ansätzen in Kombination mit anderen Tumorbehandlungen erlauben.

Das HZDR engagiert sich mit einem Projekt zur Untersuchung des aktivierenden Tumormilieus mittels Radioimmuno-Theranostika am Innovationspool des Forschungsbereichs unter der Thematik Immunologie und Entzündung.



Strategische Schwerpunkte im Forschungsbereich GESUNDHEIT

- Diagnose- und Therapieverfahren zur Bekämpfung von Krebs
- Radiopharmazeutischer Diagnose- und Therapieansatz
- Entwicklung neuartiger Bildgebungs- und Bestrahlungsmethoden in fachübergreifender Zusammenarbeit
- Beschleunigung der Immunotheranostik basierend auf CAR-T-Zellen
- Stärkung der translationalen Forschung am OncoRay auch im erweiterten NCT-Verbund

Dazu sind folgende Maßnahmen geplant:



Kurzfristig

- Evaluierung der CopperNostics als neuen Weg am HZDR
- Einrichtung eines Helmholtz International Labs mit Australien (Monash University) im Bereich der Immunotheranostik



Mittelfristig

- Gründung eines „Nationalen Konsortiums für Nuklearmedizin und Chemie“
- Weiterentwicklung der Protonentherapie hin zu einer Echtzeit-adaptiven, KI-gestützten Therapiemethode
- Entwicklung einer kompakten, beschleunigerbasierten Protonentherapie als Prototyp in fachübergreifender Zusammenarbeit



Langfristig

Zukunftsprojekte:

- GliaRPET: simultaner Kleintier-MRT/PET-Hybridscanner
- Echtzeit-adaptive Protonentherapie PT2030
- Zyklotron zur industriellen Isotopen-Produktion in Zusammenarbeit mit der ROTOP Pharmaka GmbH



Forschungsbereich ENERGIE

Der Forschungsbereich ENERGIE versteht sich als wissenschaftlicher Architekt und Entwickler von Schlüsseltechnologien für die Energiewende. Hier werden ganzheitliche Konzepte erarbeitet, die alle relevanten Energiewandlungsketten systemisch einbeziehen sowie zukunftssichere technologische Optionen umfassen. In der vierten Förderperiode der PoF werden in vier Forschungsprogrammen essenzielle, langfristige Beiträge für die Ausgestaltung einer umweltverträglichen, stabilen und wirtschaftlichen Energieversorgung der Zukunft geleistet. Struktur und Themen der Programme orientieren sich am 7. Energieforschungsprogramm und an der Energiepolitik der Bundesregierung. Mit ganzheitlichem Blick auf das Energiesystem und die Rohstoffkreisläufe innerhalb einer Kreislaufwirtschaft leisten HZDR-Wissenschaftler*innen in zwei Programmen signifikante Beiträge zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz in energieintensiven Prozessen sowie zum Schutz von Mensch und Umwelt vor Gefährdungen durch Schadstoffe, die durch technische Prozesse zur Energie- und Rohstoffgewinnung entstehen. Sie gehören zu folgenden Instituten:

- Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF)
- Institut für Fluiddynamik – zusätzlich auch im Forschungsbereich MATERIE aktiv
- Institut für Ressourcenökologie

Aus der Transformation zu einem nachhaltigen Energiesystem ergeben sich große technologische Herausforderungen, denen sich das HZDR zusammen mit fünf weiteren Forschungspartnern im Programm **Materialien und Technologien für die Energiewende (MTET)** stellt. So erfordert beispielsweise die Zwischenspeicherung elektrischer Energie leistungsstarke und sichere elektrochemische Speicher. Im Programmthema **Elektrochemische Energiespeicherung** werden in einem umfassenden Forschungsansatz von KIT, FZJ, HZB, DLR und dem HZDR neue Batteriematerialien entwickelt, neue Verfahren zur Zellfertigung und Batterieproduktion etabliert und Batteriesysteme in spezifische stationäre und mobile Anwendungen überführt. Forscher*innen vom HZDR-Institut für Fluiddynamik entwickeln neuartige Flüssigmetall-Batterien, welche mit verhältnismäßig geringen Kosten große Energiemengen speichern können.

Neben der massiven Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien und der zugehörigen Energiespeicherung ist eine deutliche Steigerung der Effizienz bei Bereitstellung und Nutzung von Ressourcen und Energie entscheidend für den Erfolg der Energiewende. Die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft nimmt in diesem Zusammenhang eine Schlüsselrolle ein. Wichtige Beiträge hierzu erbringen Wissenschaftler*innen von KIT und HZDR im Forschungsthema **Ressourcen- und Energieeffizienz**. Das Portfolio des Programm-



Links: Das HIF betreibt eine Pilotanlage für die Wertstoffgewinnung mittels Flotation. Rechts: Der Strangguss von Stahl ist ein äußerst energieintensiver Prozess. Das Institut für Fluiddynamik hat sich mit seinen grundlegenden und angewandten Arbeiten auf diesem Gebiet einen Namen gemacht und arbeitet zur Prozessoptimierung eng mit Industriepartnern zusammen.

themas umfasst die Entwicklung und Bewertung von ressourcen- und energieeffizienten Technologien und Konzepten für metallhaltige, mineralische und kohlenstoffreiche Ressourcen, für supraleitungsbasierte energietechnische Anwendungen sowie für energieintensive Industrieprozesse. Das HIF konzentriert seine Arbeiten auf die Schließung von Stoffkreisläufen mineralischer und metallischer Rohstoffe unter Nutzung innovativer Technologien. Das Institut für Fluidodynamik bringt seine Expertise in Flüssigmetall-Prozesse sowie in Mehrphasen- und thermische Prozesse gewinnbringend für die Energieeinsparung in industriellen Umwandlungs- und Trennprozessen ein. Dazu gehören z.B. Flotationsprozesse, bei deren Untersuchung das Institut eng mit dem HIF zusammenarbeitet.

Neben der effizienten Energie- und Ressourcennutzung bildet die Minimierung von Abfällen einen weiteren Kernaspekt bei der Etablierung einer Kreislaufwirtschaft. Wo Abfallvermeidung nicht möglich ist, muss zum Schutz der Umwelt und aus Verantwortung für nachfolgende Generationen ein ökologisch sicheres Abfallmanagement betrieben werden. Eine besondere Herausforderung stellen hierbei die sichere Entsorgung radioaktiver Abfälle einschließlich deren tiefengeologischer Endlagerung sowie der sichere Rückbau kerntechnischer Einrichtungen dar. Auch nach Beendigung der Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung

in Deutschland bis 2022 sind die Bewertung und Verbesserung der Sicherheit von Kernreaktoren und der Schutz der Bevölkerung vor Strahlenschäden wesentliche langfristige Aspekte der gesellschaftlichen Vorsorgeforschung – vor dem Hintergrund internationaler Entwicklungen auch in benachbarten Ländern.

Gemeinsam mit dem KIT und dem FZJ engagiert sich das HZDR daher im Programm **Nukleare Entsorgung, Sicherheit und Strahlenforschung** (NUSAFE). Im Thema **Nukleare Entsorgung** betreiben die Zentren Grundlagen- und angewandte Forschung für die wissenschaftliche Basis der sicheren Entsorgung radioaktiver Abfälle in geologischen Tiefenlagern. Das Forschungsthema umfasst die Entwicklung von Werkzeugen für den (radio-)geochemisch basierten Langzeitsicherheitsnachweis von neuesten Speziationsmethoden und liefert einen (radio-)geochemischen Beitrag zur Standortauswahl und -charakterisierung. Forscher*innen vom Institut für Ressourcenökologie schaffen ein grundlegendes Verständnis von chemischen und physikalischen Prozessen zu Verhalten und Quantifizierung von Radionukliden, welches für die Sicherheitsbewertung essenziell ist. Außerdem werden innovative Entsorgungsstrategien im Hinblick auf die Stilllegung kerntechnischer Anlagen und nuklearer Altlasten in Deutschland untersucht.



Die Ausstattung des Instituts für Ressourcenökologie erlaubt international beachtete Forschung auf den Gebieten nukleare Entsorgung, Sicherheit und Strahlenforschung.

Die Aktivitäten der drei Helmholtz-Zentren zum Forschungsthema **Sicherheit von Kernreaktoren** beinhalten sowohl die Arbeiten für den sicheren Betrieb von Kernkraftwerken als auch Untersuchungen zu Auslegungs- und auslegungsüberschreitenden Störfällen in Kernkraftwerken bzw. nuklearen Anlagen. Im Rahmen der PoF IV stellt das HZDR den Sprecher des Programmtemas. Wissenschaftler*innen aus den Instituten für Ressourcenökologie und Fluidodynamik fokussieren ihre Untersuchungen auf Auslegungsstörfälle. Ihre Arbeiten umfassen sowohl die Entwicklung

von Modellen und Methoden zur Störfallanalyse einschließlich der experimentellen Absicherung als auch die Aufklärung des Verhaltens von Konstruktionswerkstoffen unter reaktortypischen Bedingungen.

Die drei Energie-Institute des HZDR beteiligen sich zudem in **programmübergreifenden Initiativen des Forschungsbereichs ENERGIE**. Hierzu zählen die Initiativen „Energie System 2050“ (ES2050) und die „Helmholtz Energy Transition Roadmap“ (HETR).



Strategische Schwerpunkte im Forschungsbereich ENERGIE

- Ressourcen- und Energieeffizienz als Leitthema
- Wasserstoff-, Elektrolyse- und Batterieforschung
- Kreislaufwirtschaft und Ressourcenrückgewinnung
- Radioökologie mit Bezug zu nuklearer Entsorgung und Radiochemie

Dazu sind folgende Maßnahmen geplant:

Kurzfristig

- Stärkung der Methodenvielfalt in der Fluidodynamik
- Beschleunigung der Forschung zu Flüssigmetall-Batterien
- Aufbau der CARBOSOLA-Anlage

Mittelfristig

- Gründung eines institutsübergreifenden Center for Interface Studies (CIS)
- Campusausbau am HIF
- Neuorientierung der NUSAFE-Beiträge hin zu Radioökologie und Strahlenforschung
- Umsetzung von HOVER als komplexe Infrastruktur

- Einrichtung eines Helmholtz International Labs mit Südafrika unter Beteiligung von HIF und Institut für Fluidodynamik
- Etablierung von strategischen Partnerschaften mit der Industrie

Langfristig

Zukunftsprojekte:

- Zentrum für Radioökologie und Strahlenforschung (ZRS)
- Center for Resource Process Intensification and Interface Studies (CeRI²)
- Technikum FlexiPlant

4.2. Hochmoderne Infrastruktur – Unsere Zukunftsprojekte

Der Betrieb und die Bereitstellung hochmoderner Forschungsinfrastrukturen für eine internationale Nutzerschaft ist ein Kernelement der Helmholtz-Mission. Entsprechend sind die einzigartigen Großgeräte am HZDR von strategisch herausragender Bedeutung für zukunftsweisende Forschungsaktivitäten. Als Rückgrat unseres Zentrums ermöglichen sie das Verfolgen unserer Missionsziele in den Forschungsbereichen MATERIE, GESUNDHEIT und ENERGIE. Der Betrieb und die kontinuierliche Weiterentwicklung unserer Anlagen unter Berücksichtigung der Bedarfe der jeweiligen Communities erfordern einen wesentlichen Teil unserer Kapazitäten und nehmen einen entsprechend hohen Stellenwert in der HZDR-Strategie 2030+ ein. Nicht zuletzt leisten sie einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung unserer Attraktivität im Rahmen der Rekrutierungsstrategie (siehe Kapitel 3.5. Handlungsfeld Exzellente Rekrutierungen).

Folgende **bestehende Forschungsinfrastrukturen** nutzen wir am HZDR⁸:

- **ELBE** – Zentrum für Hochleistungs-Strahlquellen (Elektronen-Linearbeschleuniger für Strahlen hoher Brillanz und niedriger Emittanz)
- **IBC** – Ionenstrahlzentrum (Ion Beam Center)
- **HLD** – Hochfeld-Magnetlabor Dresden
- **HIBEF** – Helmholtz International Beamline for Extreme Fields am European XFEL
- **ATHENA** – Accelerator Technology HELmholtz iNfrAstructure
- **Felsenkeller-Labor**
- **ZRT** – Zentrum für Radiopharmazeutische Tumorforschung
- **DRESDYN** – DREsden Sodium facility for DYNamo and thermohydraulic studies
- **ROBL-II** – Rossendorf Beamline an der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF)
- **Technikum Metallurgie** am HIF
- **TOPFLOW** – Transient Two-Phase Flow Test Facility
- **HZDR-Rechenzentrum**

Die einzelnen Infrastrukturen werden in Kapitel 7.4. Forschungsinfrastrukturen ausführlich beschrieben. Gemäß unserer **Leitlinie Forschungsinfrastrukturen** und der Mission der Helmholtz-Gemeinschaft sind unsere Großgeräte offen für Wissenschaftler*innen und industrielle Anwender*innen aus aller Welt. Dies ermöglicht neben der thematischen und zeitlichen Auslastung der finanziell und technisch aufwendigen Anlagen den direkten Transfer unseres technischen und wissenschaftlichen Know-hows.

Bei der Koordination des Nutzerzugangs setzen wir auf faire, transparente und möglichst unkomplizierte Prozesse. Daher wird beispielsweise die Auswahl von internen und externen Messzeitanträgen auch in Zukunft über ein **Peer-Review-Verfahren** erfolgen. Dies garantiert eine Beurteilung der Anträge basierend auf wissenschaftlicher Exzellenz (nach der „European Charter for Access to Research Infrastructures“). Der Zugang zu den Großgeräten soll vermehrt über ein geeignetes und einheitliches Online-Tool erfolgen. Eine mögliche Grundlage bildet das bereits für die Koordination des Zugangs zu ELBE, IBC und DRACO genutzte Tool GATE. Weitere Potenziale einer fortgeschrittenen Digitalisierung der mit dem Nutzerzugang verbundenen Prozesse (z. B. Remote-Experimente) sollen evaluiert werden.

Der Zugang für nichtkommerzielle Forschung soll weiterhin kostenfrei erfolgen. Industriellen Anwender*innen bieten wir unsere Anlagen kostenpflichtig an – was in unseren Augen der Förderung unserer Transferleistung und der Vertiefung unserer industriellen Partnerschaften dient. Eine zentrale Rolle spielt an dieser Stelle die HZDR Innovation GmbH, die als wirtschaftlich arbeitendes Unternehmen die Brücke zwischen Forschungsinfrastruktur und Kunden schlägt (siehe Kapitel 4.3. Transfer und Innovation).

Um die Zukunftsfähigkeit unseres Zentrums zu sichern und auch künftig an der Weltspitze forschen zu können, setzen wir zudem auf die Konzeption neuer, visionärer Großgeräte. In einem gemeinsamen Prozess haben wir im Frühjahr 2020 in allen drei Forschungsbereichen des HZDR neue sowie länger bestehende Ideen konzentriert gebündelt. Die resultierenden sieben Infrastrukturprojekte werden als **HZDR-Zukunftsprojekte** in die strategische Planung einbezogen:

- **DALI** – Dresden Advanced Light Infrastructure
- **HIBEF 2.0** – Helmholtz International Beamline for Extreme Fields at European XFEL
- **ACDC** – ACcelerator-Driven multipurpose ion beam Complex
- **PT2030** – Echtzeit-adaptive Protonentherapie der nächsten Generation
- **FlexiPlant** - Pilotanlage zur adaptiven Aufbereitung komplexer Rohstoffe
- **CeRI²** – Center for Resource Process Intensification and Interface Studies
- **ZRS** – Zentrum für Radioökologie und Strahlenforschung

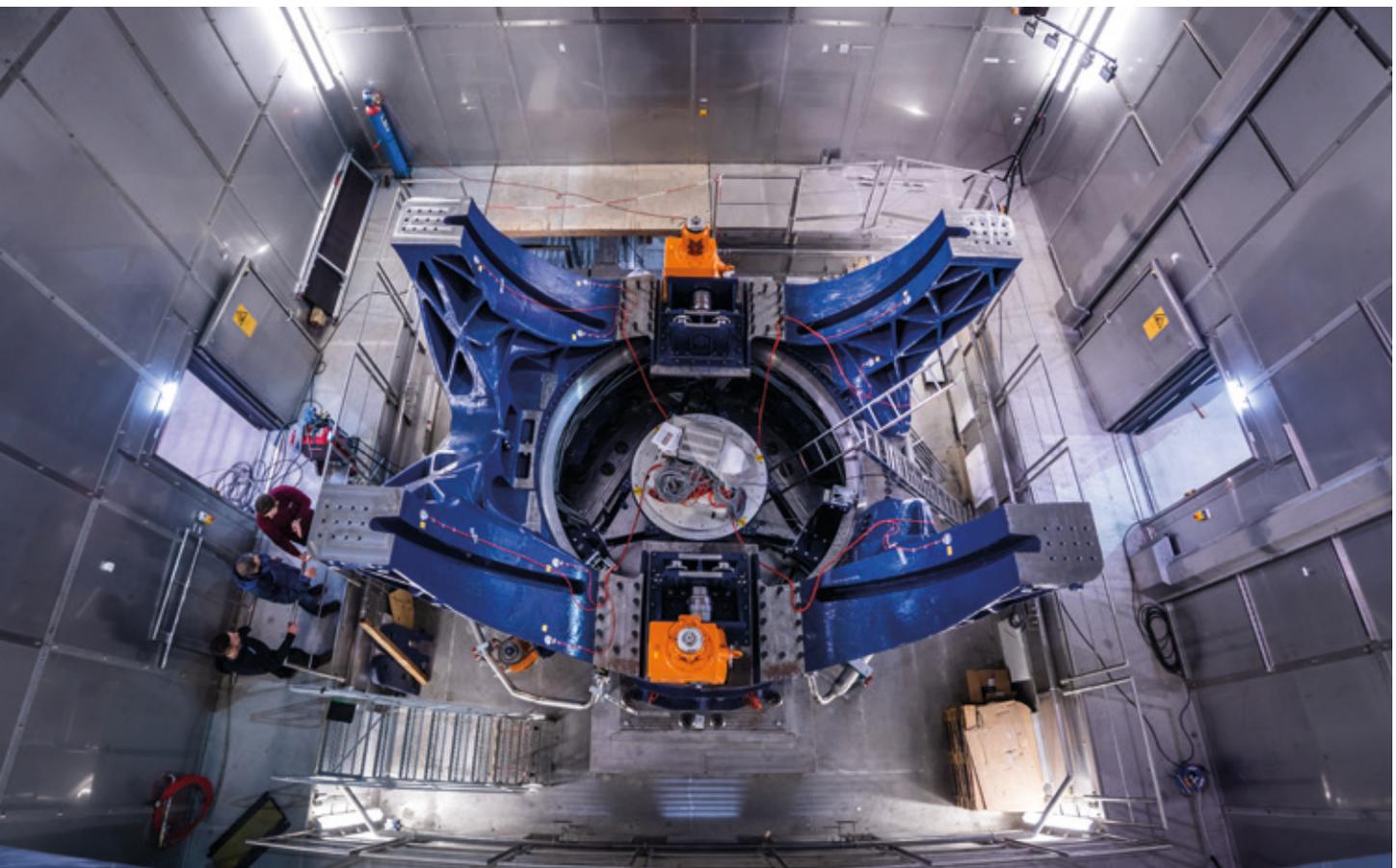
⁸ Stand 2021

Alle Projekte wurden bereits im Jahr 2021 in die Helmholtz-Roadmap der zukunftsrelevanten Infrastrukturen aufgenommen und den Zuwendungsgebern und betroffenen Interessensverbänden vorgestellt. Wir priorisieren unsere Zukunftsprojekte anhand der Relevanz für unsere Mission, der Einzigartigkeit des Vorhabens, der Wahrscheinlichkeit der Anwendbarkeit der zu erwartenden Ergebnisse sowie der externen Förderentscheidungen. Langfristig hat DALI für das gesamte Zentrum, die Region und Europa in der Grundlagenforschung im Bereich MATERIE die höchste Priorität. FlexiPlant hat für die angewandte Forschung am HZDR, in der Freiburger Wissenslandschaft sowie deutschlandweit zur Umsetzung der politischen Energie- und Klimaziele die höchste Priorität im Bereich ENERGIE.

Für die Umsetzung dieser Projekte wird ein langjähriges Commitment aller Beteiligten ebenso benötigt wie der Input vonseiten der Nutzer*innen sowie die stringente Unterstützung auf Leitungsebene und seitens der Zuwendungsgeber. Um dies im Rahmen der finanziellen und personellen Ressourcen leisten zu können, setzen wir auf eine agile Planung und eine

schrittweise Realisierung der verschiedenen Vorhaben. Hierbei profitieren wir stark von der kompetenten Begleitung durch die für Bauplanung und Realisierung zuständigen Zentralabteilungen Technischer Service und Forschungstechnik, deren Mitarbeiter*innen die Wissenschaft am Zentrum nicht nur mit der Fertigung spezialisierter Bauteile, sondern auch mit der Eigenentwicklung von Messtechnik und Steuerungen unterstützen (siehe Kapitel 7.5. Zentralabteilung Forschungstechnik und Kapitel 8. Kaufmännischer Geschäftsbereich).

Die Realisierung der Projekte neben dem Betrieb der bestehenden Anlagen wird in den kommenden Jahren großes Engagement von den HZDR-Mitarbeiter*innen erfordern und sich nur im Rahmen der verfügbaren Kapazitäten umsetzen lassen. Dabei trägt uns die Überzeugung, dass wir unseren Forscher*innen und nationalen sowie internationalen Partnern auch zukünftig einzigartige Experimente an modernsten Großgeräten ermöglichen können mit dem Ziel, die großen Herausforderungen unserer Zeit zu meistern. Im Folgenden werden unsere Zukunftsprojekte näher vorgestellt.



An der DRESHDYN-Anlage entsteht der weltweit erste, präzessionsgetriebene Dynamo, an dem die Selbsterregung eines Magnetfeldes durch eine um zwei Achsen rotierende Natrium-Strömung nachgewiesen werden soll.

Zukunft beschleunigen – DALI: Dresden Advanced Light Infrastructure

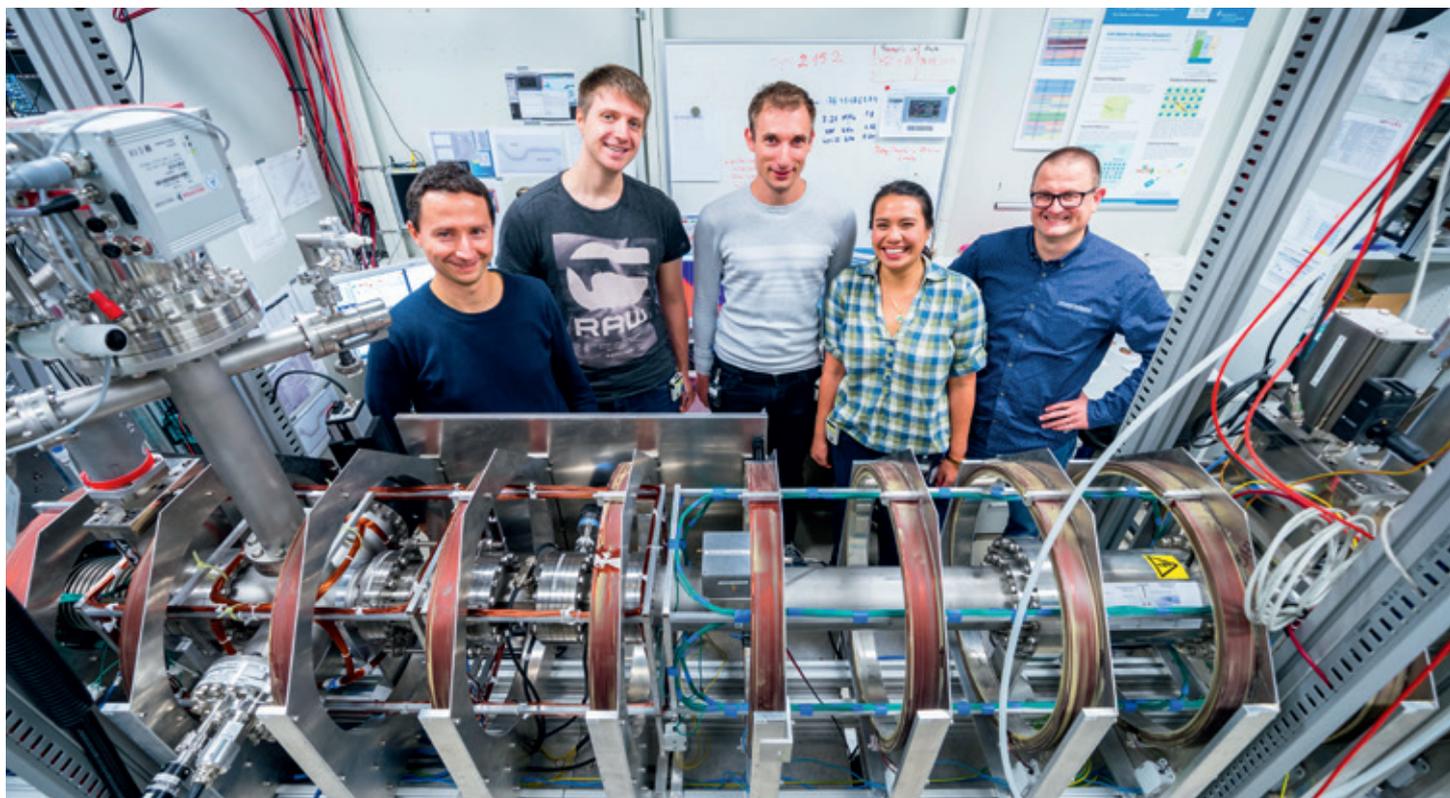


Die Forschungsinfrastruktur DALI ist als zukunftsweisende Erweiterung des ELBE-Zentrums für Hochleistungs-Strahlenquellen auf der Basis neuester Beschleunigerkonzepte geplant. Das Kernstück der neuen Anlage bilden zwei supraleitende Elektronenbeschleuniger. Die auf eine Energie von 50 bzw. von 300 Megaelektronenvolt (MeV) beschleunigten Elektronenpulse können intensive schmalbandige und breitbandige Terahertz-Strahlung sowie – unabhängig davon – Vakuum-Ultraviolett-Strahlung (VUV) erzeugen. Dieses **leistungsfähige Ensemble von intensiven sekundären Terahertz-Quellen** und einem **VUV-FEL** (Freie-Elektronen-Laser) wird das wissenschaftliche Spektrum über die Hochfeld-Terahertz-Forschung hinaus deutlich erweitern und soll sich als Anlage für die experimentelle Untersuchung kollektiver niederenergetischer Anregungen und dynamischer Prozesse mit Femtosekunden-Zeitauflösung bei extrem hohen Pulsenergien und Wiederholraten national wie international etablieren.

Ergänzt wird das Ensemble durch eine weltweit einzigartige, (möglichst) polarisierte Positronenquelle sowie durch einen Messplatz für Experimente mit ul-

traschneller Elektronenbeugung. Eine Vielzahl von auf die Quellen abgestimmten spezialisierten Nutzerlaboren schafft ein hervorragendes Forschungsumfeld für Wissenschaftler*innen aus den Materialwissenschaften, der Physik, Chemie, Biologie und Medizin sowie aus den Umweltwissenschaften. Von bahnbrechender Bedeutung sind bei DALI einerseits die **extrem hohen Feldstärken der Terahertz-Strahlung** und andererseits **die Kombination mit Vakuum-UV und ultraschnellen Elektronenstrahlen**. Damit schafft die Anlage die Voraussetzung, Antworten auf aktuelle und zukünftige wissenschaftliche und gesellschaftliche Herausforderungen, wie sie beispielsweise durch Digitalisierung und Klimawandel gegeben sind, zu liefern.

DALI ist zusammen mit PETRA IV und BESSY III Teil der gemeinsamen Helmholtz-Roadmap für die Zukunft der Photonquellen in Deutschland, in der die Zentren DESY, HZB und HZDR die essenzielle Bedeutung der Upgrade-Planung ihrer komplementären Anlagen für die Wettbewerbsfähigkeit des Forschungsstandorts Deutschland belegen. DALI wird nach der Realisierung die größte Forschungsinfrastruktur in den neuen Bundesländern außerhalb Berlins und zugleich die welt-



Die Positronenquelle pELBE am ELBE-Zentrum ermöglicht Untersuchungen industrierelevanter Materialien. An DALI soll die weltweit intensivste, gepulste Positronenquelle entstehen.

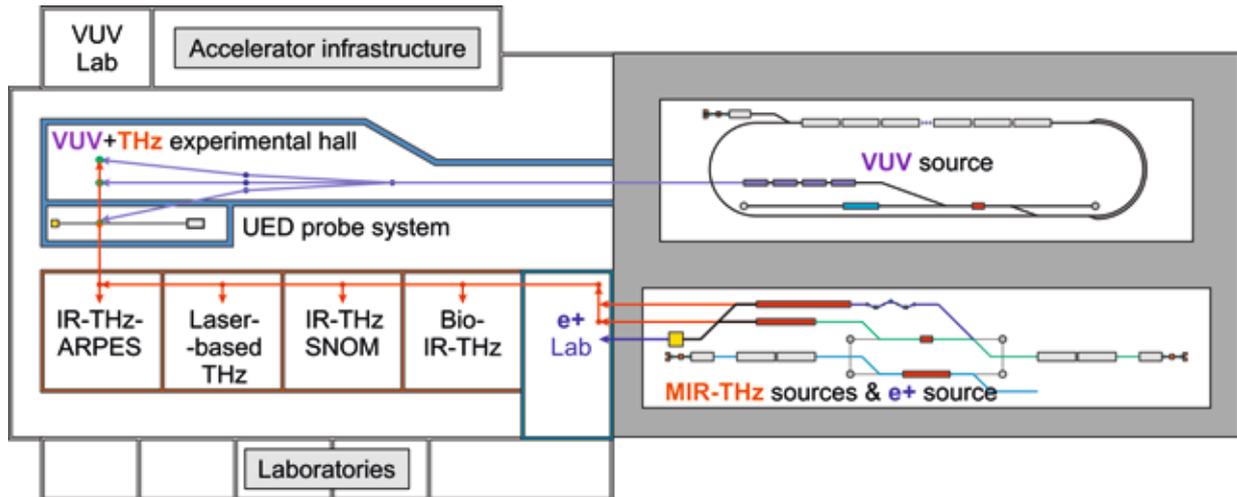


Abb. 5: Schema der geplanten DALI-Infrastruktur am HZDR

weit größte Nutzereinrichtung für Terahertz-Strahlung, die stärkste gepulste Positronenquelle sowie der stärkste VUV-Laser überhaupt sein – und somit ein regionales und nationales Leuchtturmprojekt von internationaler Anziehungskraft. Die Attraktivität des Dresdner Forschungsraums als Wissenschaftsstandort wird durch DALI eine substantielle Steigerung erfahren. DALI wird die international führende Stellung des HZDR in der Anwendung supraleitender Beschleunigertechnologien nachhaltig stärken und gleichzeitig ein Anziehungspunkt für exzellente Wissenschaftler*innen aus der ganzen Welt werden.

Aus der großen Nachfrage nach Strahlzeit an den Messplätzen für Terahertz-Strahlung im ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen erwuchs die Idee für einen Nutzerworkshop, in dem die Diskussion zukunftsweisender Science Cases und der daraus resultierenden Anforderungen an eine geeignete Strahlungsquelle die zentralen Themen waren. Auch ein Workshop zur Konzeption einer neuen VUV-Quelle stieß auf große Resonanz. DALI stellt die Antwort des HZDR auf die im Rahmen dieser Treffen skizzierten Wünsche und Anforderungen dar.

Die Umsetzung von DALI macht im Vergleich zu ELBE eine ganz neue Beschleunigerarchitektur erforderlich. Diese resultiert in höheren Intensitäten und signifikant verbesserten Strahlungsparametern:

- Frequenz 0,1 bis 30 Terahertz (Wellenlänge 10 Mikrometer bis 3 Millimeter)
- Pulsenergie 100 Mikrojoule bis 1 Millijoule (mJ)
- Repetitionsrate 100 kilohertz (kHz) bis 1 Megahertz (MHz)

Die Parameter für die Vakuum-UV wurden wie folgt festgelegt:

- Photonenergie 5 bis 25 Elektronenvolt (Wellenlänge 50 bis 250 Nanometer)
- Pulsenergie 30 μ J
- Repetitionsrate 100 kHz bis 5 MHz

Mittels der intensiven Terahertz-Strahlung von DALI lassen sich nichtlineare, kollektive Anregungen untersuchen, um **Materialien und Mechanismen für die Hochtemperatur-Supraleitung** oder die nächste, schnellere und energieeffizientere Generation der **Informationstechnologie**, einschließlich der **Quantentechnologie**, zu verstehen. Die Nutzung von Terahertz-Quellen ist zudem entscheidend für das Verständnis der Rolle von Wasser in Lebensprozessen. Die Untersuchung von Struktur und Dynamik der Hydrathülle von Biomolekülen wird durch die hohe Intensität und Wiederholrate der Terahertz-Strahlung von DALI helfen, **fundamentale Fragen zur Biochemie** zu beantworten – und das sogar in lebenden Zellen.

Darüber hinaus werden es die Terahertz-Pulse ermöglichen, **primäre Reaktionen in spannungsgesteuerten Membranproteinen und den Ionentransport durch Membranen**, also deren Schaltprozesse, studieren zu können. Experimente dieser Art, gerade in der Kombination von Feldstärke mit hoher Repetitionsrate, werden erst durch eine Anlage wie DALI möglich werden. Eine gezielte Manipulation der Hydrathülle von Pflanzenzellen durch Terahertz-Strahlung erlaubt wiederum die Untersuchung der molekularen Prozesse, die für die **Aufnahme von Radionukliden oder Schwermetallen in die Pflanzelle** und deren Transport in der Pflanze verantwortlich sind. Die hieraus gewonnenen Elementverteilungen und Prozessverständnisse haben fundamentale Bedeutung, um

das Einbringen von Radionukliden oder Schwermetallen in die Nahrungskette zu vermeiden.

Ein weiteres Einsatzfeld von Terahertz-Strahlung ist die **Untersuchung und Steuerung chemischer Reaktionen**. Ungefähr 90 Prozent aller relevanten Prozesse in der chemischen und der Energieindustrie beruhen auf heterogenen katalytischen Verfahren, die chemische Reaktionen von an der Oberfläche eines festen Substrats adsorbierten Molekülen ermöglichen. Die durch thermische Anregungen des Katalysator-substratgitters und der adsorbierten Moleküle induzierten Reaktionsvorgänge lassen sich idealerweise mit Hochfeld-Terahertz-Strahlung im Frequenzbereich um 10 Terahertz untersuchen, da diese Frequenz genau der Vibrationsfrequenz der adsorbierten Spezies entspricht. Ein weiteres Ziel besteht darin, die stark gerichtete, elektrische Feldstärke der Terahertz-Strahlung zu nutzen, um chemische Reaktionen zu steuern.

Die VUV-Anwendungen können zum Teil die Terahertz-Anwendungen ergänzen, beispielsweise durch Terahertz-VUV-Pump-Probe-Messungen bei ARPES-Untersuchungen (Angle Resolved PhotoEmission Spectroscopy) mit höchster Wiederholrate. Die eigenständigen Anwendungen der geplanten intensiven VUV-Strahlungsquelle

umfassen Themen, die für die **Chemie der Atmosphäre, Katalyse, Verbrennung und für astrophysikalische Molekülwolken** relevant sind. Diese sind derzeit aber an keinem der HZDR-Institute Teil des Forschungsportfolios. Daher ist es von hoher strategischer Priorität, für dieses Feld Partnerschaften mit anderen Forschungseinrichtungen in Deutschland – also etwa mit Instituten der Max-Planck-Gesellschaft – aufzubauen. Diese könnten die wissenschaftliche Führung in den für das HZDR zusätzlichen Forschungsfeldern übernehmen, um damit die Möglichkeiten der Forschungsinfrastruktur DALI optimal auszuschöpfen.

Und schließlich wird die Positronenquelle an DALI als weltweit intensivste, gepulste Quelle die experimentellen Möglichkeiten der bisherigen substanziell erweitern. Intensive Positronen-Strahlung erlaubt die hochempfindliche Detektion, Bestimmung und dynamische **Untersuchung von Defekten auf Nanometer-Skalen in industriell relevanten Materialien**, in denen poröse Strukturen funktionelle Relevanz haben oder zu Problemen führen können. Das Anwendungsfeld ist weit und erstreckt sich beispielsweise über Filter, Batterien oder Materialien der Mikroelektronik, wo Fehlstellen in kristallinen Festkörpern, z.B. in CMOS-Schaltkreisen, eine große Rolle spielen.



HIBEF 2.0: Kilojoule-Lasersystem für HIBEF am European XFEL

Mit dem Projekt HIBEF 2.0 soll die Helmholtz International Beamline for Extreme Fields mit einem **zentralen dritten Treiberlaser** ausgerüstet werden, der Pulsenergien für Experimente um das Zehnfache steigern soll. Kilojoule-Pulse (kJ) für die dynamische Kompression und ein hochenergetischer Petawatt-Laser sind bereits im ursprünglichen Antrag des HIBEF-Nutzerkonsortiums als zweite Implementierungsphase enthalten, die auf die erste Phase – also nach Inbetriebnahme von ReLaX- und DiPOLE-Laser – folgen soll. Entsprechend wurden ein spezielles externes Laserlabor finanziert und ein Verbindungstunnel zum Messbunker der High-Energy-Density-Anlage (HED) in der Experimentierhalle errichtet. Dieser zweistufige Ansatz stellt sicher, dass HIBEF jederzeit mit aktuellster Lasertechnologie gebaut und betrieben werden kann. Dabei entsprechen die Pulswiederholraten dem 10-Hertz-Betrieb des XFEL-Strahls und die Systeme garantieren die Zuverlässigkeit, die für den Betrieb einer Nutzeranlage unabdingbar ist.

Die projektierten Laserpulse der kJ-Klasse von HIBEF 2.0 werden in einem **Shot-on-Demand-Modus** mit

einer reduzierten Rate (Schuss-pro-Minute) zur Verfügung stehen, die an die Komplexität der Experimente angepasst ist. Die Verzehnfachung der für dynamische Kompressionsexperimente verfügbaren Energie wird **neue Perspektiven in der Hochdruck-Forschung** eröffnen, beispielsweise indem Drücke von bis zu 50 Megabar erreicht werden unter gleichzeitiger Vermeidung eines Schmelzübergangs. Dies wird es den Forscher*innen ermöglichen, Druck- und Temperaturbedingungen zu untersuchen, wie sie in den Kernen von Riesenplaneten – einschließlich des gesamten Spektrums der häufigsten bisher entdeckten Exoplaneten, also der Super-Erden und Mini-Neptune – herrschen.

Darüber hinaus sagt die Theorie für den Druckbereich über zehn Megabar voraus, dass Materialien in exotische neue Phasen übergehen, in denen Valenzelektronen lokale Eigenschaften entwickeln können oder tiefliegende Atomorbitale hybridisieren und an der chemischen Bindung teilnehmen. Dadurch könnten chemische Bindungen mit Energien im Kiloelektronenvolt-Bereich entstehen, was zu hochkomplexen Strukturen mit exotischen und technologisch interes-

santen Eigenschaften führen könnte. Ein Beispiel ist die BC8-Phase des Kohlenstoffs, deren Bildung oberhalb von 30 Megabar vorhergesagt wird und die unter normalen Bedingungen analog zu Diamant metastabil sein sollte. Allerdings soll BC8 härter und weniger spröde sein als Diamant, womit er für eine neue Klasse von „superharten“ Materialien steht.

Der Zugang zu diesem Druckbereich wird auch das Verständnis der Physik von Hypergeschwindigkeits-Einschlägen wie Meteoriten-Einschläge und protoplanetaren Kollisionen verbessern, die im frühen Sonnensystem häufig vorkamen und für die Bildung unseres Mondes verantwortlich sind. Kilojoule-Pulsenergien würden zudem die Erzeugung von Kilotesla-Magnetfeldern und die Untersuchung einer Vielzahl astrophysikalischer Plasmaprozesse ermöglichen, die beispielsweise für Akkretionsscheiben um supermassive Objekte und die Bildung magnetisierter Hochenergie-Plasmajets von Bedeutung sind. Durch den Einbau eines CPA-Frontends (Chirped Pulse Amplification) und eines Pulscompressors kann HIBEF 2.0 intensivste PW-Laserpulse mit Energien von ein-

gen 100 Joule erzeugen. Das in Zusammenarbeit mit der GSI entwickelte System wäre nicht zuletzt ein Prototyp für eine geplante zukünftige Helmholtz Beamline an FAIR. Sie erweitert den Parameterbereich der Starkfeldphysik-Forschung an HIBEF, indem sie etwa das Signal für die Doppelbrechung des quantenelektrodynamischen Vakuumzustands in starken Laserfeldern um das Zwanzigfache erhöht.

Die Realisierung von HIBEF 2.0 wird die Beteiligung mehrerer internationaler Partner erfordern; daher bildet das HZDR derzeit ein Konsortium aus Laboratorien, um die notwendigen Laserentwicklungen voranzutreiben. Die strategischen Prioritäten für die nächsten Jahre sind der Aufbau des Entwicklungsteams (dem derzeit Labore und Universitäten aus Deutschland, Frankreich und den USA angehören), die Einwerbung von EU- oder nationalen Mitteln für die Entwicklung eines kJ-Laserverstärkers mit einer ambitionierten Wiederholrate von einem Schuss pro Minute und die Planung und der Bau des externen Laserlabors, das mit dem HED-Instrument auf dem Gelände des European XFEL direkt verbunden ist.

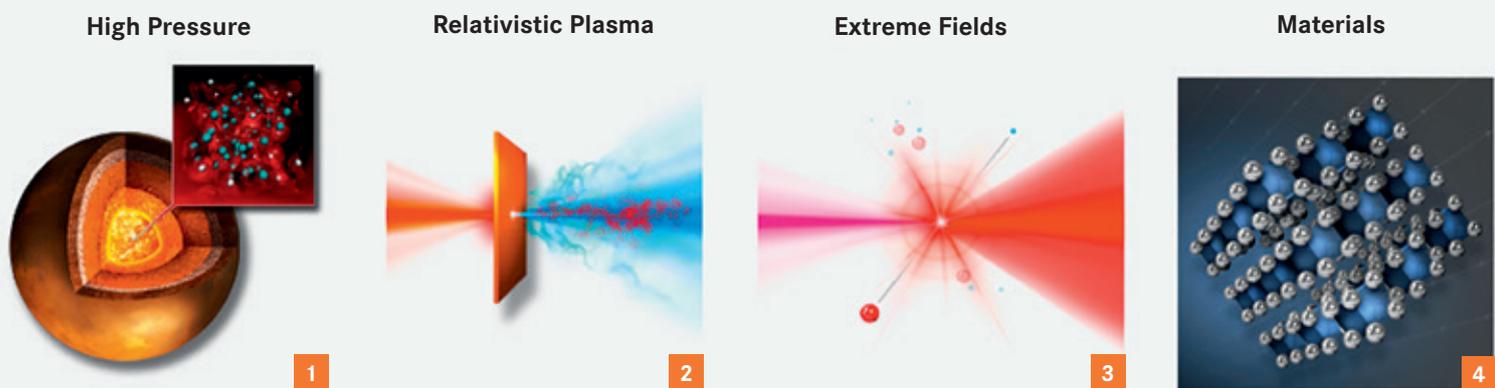


Abb. 6: Hohe Temperaturen, Drücke oder stärkste elektromagnetische Felder versetzen am High-Energy-Density-Instrument des European XFEL winzige Materialproben in extreme Zustände. So kann die Diamant-Stempelzelle von HIBEF-Mitgründer DESY einen Druck von vier Millionen bar auf eine Probe ausüben. Das HZDR und weitere Partner tragen eine Magnetstation sowie zwei Hochleistungs-Laser bei. ReLaX mit einer Leistung von 300 Terawatt ist ultrakurz und schnell getaktet. Er entzieht einer Materialprobe ihre Elektronen, sodass ein heißes Plasma entsteht, aus dem heraus sich Teilchen sehr effizient beschleunigen lassen. Dagegen erzeugt der 100-Joule-Laser DIPOLE 100X des britischen Konsortialpartners kühlere Plasmen mit immensen Drücken, die von einer Schockwelle im Material ausgelöst werden. Zeitgleich analysiert der XFEL-Röntgenstrahl die Prozesse in den Proben mit hoher zeitlicher und örtlicher Auflösung.

- 1 Warme dichte Materie: Durch den hohen Druck im Inneren von Planeten ordnen sich die Atome (blau) neu an und ein Teil der Elektronen (rot) wird frei beweglich.
- 2 Explosion: Trifft die Wucht des Laserstrahls auf eine Festkörper-Folie, beschleunigen die davonrasenden Elektronen (blau) die positiv geladenen Protonen (rot) aus der Probe.
- 3 Interaktion: Die Kombination des Hochintensitätslasers ReLaX (rot) mit dem Röntgenlaser des European XFEL (lila) ermöglicht es erstmals, die Wechselwirkung von virtuellen Teilchen im Vakuum zu beobachten.
- 4 Hohe Magnetfelder: Mit dem 60-Tesla-Magneten von HIBEF lassen sich neuartige Materialien wie etwa Hochtemperatur-Supraleiter untersuchen.

Höchstempfindliche Umweltforschung und ein Weg zur umweltfreundlichen Neutronenquelle – ACDC: ACcelerator-Driven multipurpose ion beam Complex

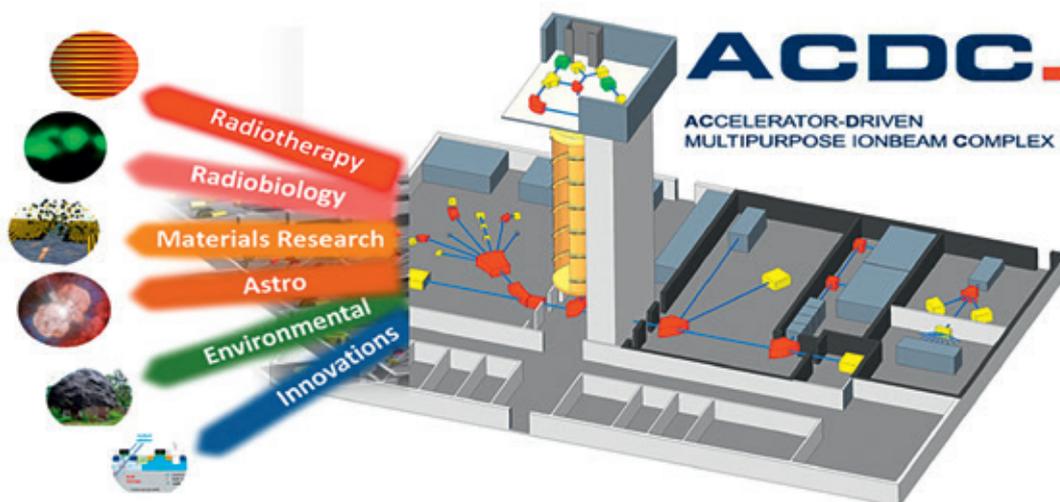


Abb. 7: Die ACDC-Anlage ist als vielseitige und flexible Anlage für neue Nutzercommunities geplant.

Mit dem Zukunftsprojekt ACDC (ACcelerator-Driven multipurpose ion beam Complex) sollen das Portfolio an wissenschaftlichen Aktivitäten am Ionenstrahlzentrum (IBC) substanziell erweitert, das Nutzerangebot entsprechend ausgebaut und somit neue Nutzercommunities erschlossen werden.

ACDC wird aus zwei komplementären Beschleunigersystemen bestehen: zum einen aus einem Tandembeschleuniger mit einer maximalen Spannung von ca. 18 MV (Millionen Volt) für **hochenergetische Ionenstrahlen** und zum anderen aus einem dedizierten Beschleuniger für **höchste Strahlströme**. Das Konzept bietet eine Flexibilität an Ionenstrahlen mit einer Strahlqualität in einem Energiebereich, welche vergleichbar in Deutschland bzw. in Europa nicht verfügbar ist. So kommt die Anlage der Nachfrage von Nutzer*innen nach höheren Ionenenergien und -strömen nach. Darüber hinaus wird damit am IBC die Beschleuniger-basierte Neutronenerzeugung weiterentwickelt, um zukünftig die Anwendung von Neutronen in der Materialforschung einem breiteren Nutzerkreis zugänglich zu machen. ACDC verfolgt somit den Weg zur **umweltfreundlichen Neutronenquelle** der Zukunft.

Ein Schwerpunkt von ACDC wird darin bestehen, eine einzigartige Hochenergie-Beschleunigermassenspektrometrie (HE-AMS) zu etablieren. Ein enormer Fortschritt in der Messeffizienz und Messempfindlichkeit – basie-

rend auf neuesten technischen Entwicklungen etwa in der Laser-Ionenwechselwirkung und Automatisierung – lässt eine völlig neue Dimension an Forschungs- und Anwendungsmöglichkeiten zu. Mit den für die HE-AMS dann verfügbaren, hohen Ionenenergien können dank neuer Nuklide erstmalig neue Anwendungsbereiche im Bereich der Umwelt- und Geoforschung erschlossen werden. Darüber hinaus werden wichtige Fragestellungen im Bereich der Astrophysik und der Auswirkung anthropogener sowie naher kosmischer Ereignisse auf die Biosphäre der Erde adressiert.

Sowohl durch den erweiterten Ionenenergiebereich als auch durch die substanziell höheren Ionenströme eröffnen sich zudem neue Möglichkeiten in der Materialforschung. Durch die höheren Ionenenergien lassen sich tiefere Materialschichten untersuchen und somit technisch relevante Materialien – z.B. für die Forschung zu Batterien und Wasserstoffspeichern in-operando – analysieren. Hohe Ionenströme sind hingegen unabhängig, um in der Ionenstrahlanalytik laterale Auflösungen im Bereich von 100 Nanometern zu erreichen. Die Neutronenerzeugung wird die Materialanalytik mit komplementären Methoden ergänzen. Der Ausbau der Beschleunigeranlagen erweitert schließlich auch das Angebot zur industriellen Nutzung, beispielsweise für die effiziente Weiterentwicklung und Herstellung von verlustarmen Hochleistungs- und Hochspannungsbau-elementen.



Protonentherapie mit Echtzeit-Anpassung: PT2030

Während einer mehrwöchigen Strahlentherapie kann sich die Bestrahlungsregion durch Schwellungen oder Tumorschrumpfungen stark verändern. Durch Atmung oder Darmbewegungen können solche Veränderungen aber auch innerhalb einer einzigen Bestrahlungssitzung vorkommen. Diese führen zu einer unerwünschten Bestrahlung des Normalgewebes mit der eigentlich für den Tumor vorgesehenen Dosis. Daher soll erstmals mithilfe einer neuen Helmholtz-Forschungsinfrastruktur eine Protonentherapie realisiert werden, mit der sich die Bestrahlung in Echtzeit an anatomische Veränderungen und Organbewegungen anpassen lässt.

Ermöglicht werden soll dies durch einen **geschlossenen, vollautomatischen, von Künstlicher Intelligenz (KI) unterstützten Rückkopplungskreis aus Bildgebung, Bestrahlungsverifikation und Adaption in Echtzeit**. Das Ziel von PT2030 ist die physikalisch und klinisch bestmögliche Strahlentherapie für den Einsatz am Patienten, die auf der Kombination der gewebeschonenden Dosisverteilung der Protonen mit den Vorzügen einer Echtzeit-Anpassungsfähigkeit der Bestrahlung beruht. Letztere existiert heute ansatzweise nur in der dosimetrisch unterlegenen Photonentherapie. Somit verspricht die neue Infrastruktur folgende Vorteile:

- der klinische Vorteil der Protonentherapie erreicht das physikalische Maximum
- das Überleben der Patient*innen wird verlängert
- Nebenwirkungen werden reduziert
- die behandelbaren Tumorregionen werden erweitert
- Patient*innen mit stark veränderlichen Tumoren könnten besser von der Protonentherapie profitieren

Zur Umsetzung ist eine weltweit einzigartige Forschung-Klinik-Hybrid-Protonenanlage geplant, an der innovative Software- und Hardware-Komponenten und deren Interaktion in enger Kooperation mit der Universitätsmedizin Dresden, der Medizintechnik-Industrie und dem CASUS erstmals integral erforscht, getestet und final für den klinischen Einsatz befähigt werden sollen. Der Forschungsfokus liegt dabei auf der Weiterentwicklung ebenso wie auf der integralen Translation von vorklinischen, prototypartigen Innovationen, Techniken und Algorithmen in die Anwendung an Patient*innen.

Hier ist anzumerken, dass die Forschung derzeit lediglich auf isolierte Entwicklungen von Komponenten im Labor fokussiert ist; deren Zusammenspiel und die automatisierte Entscheidungsfindung wird an keinem Ort integral erprobt und damit reif für die tatsächliche Anwendung gemacht. Mit der erfolgreichen Umsetzung des Translationsprojektes würde der Standort eine Führungsrolle in Bezug auf die Echtzeit-adaptive Protonentherapie übernehmen. Im Bereich der Protonentherapie-Translationsforschung könnten das HZDR und seine Partner international zu den TOP 5 aufsteigen. Für das Gesundheitssystem von Industrienationen hätte das Projekt einen doppelten Effekt: bessere Krebstherapie und langfristig niedrigere Kosten durch die Automatisierung. Dank Kooperationen mit führenden Medizintechnik-Firmen werden die Innovationen auf erprobten Wegen für die Krankenversorgung nutzbar gemacht.

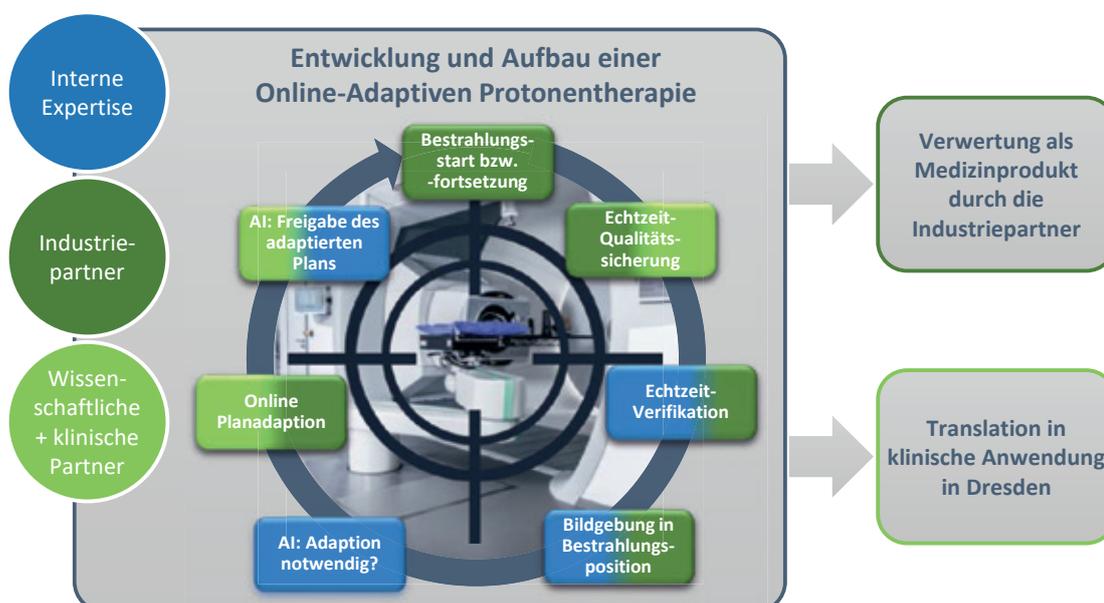


Abb. 8: Geschlossener Rückkopplungskreis in Verbindung mit einer dualen Translation in Klinik und Industrie



Sortierte Rückführung von Rohstoffen – Technikum FlexiPlant

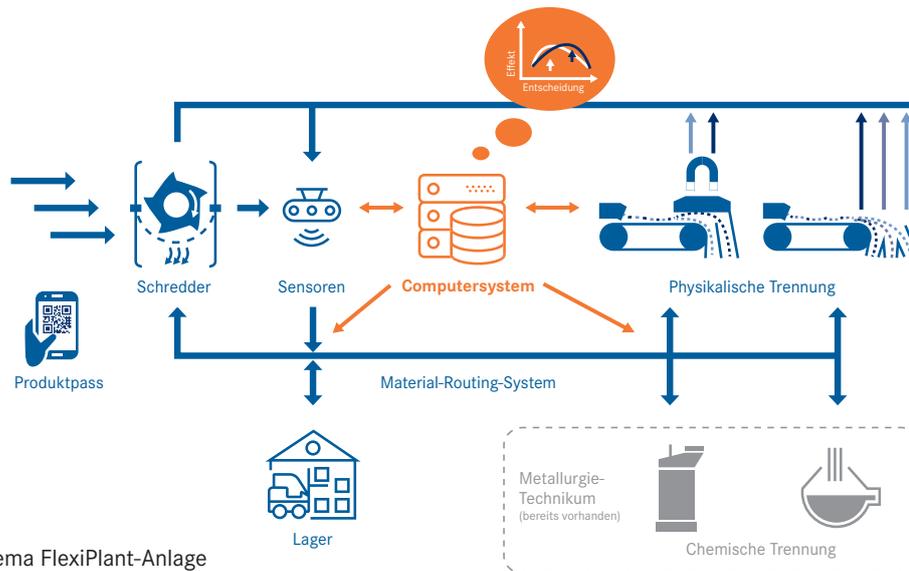


Abb. 9: Schema FlexiPlant-Anlage

Die Schließung von Stoffkreisläufen ist die entscheidende Voraussetzung für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft (Circular Economy, CE) und damit eine der wichtigsten Herausforderungen unserer Zeit. Nur so können bereits absehbare Engpässe in der Rohstoffversorgung vermieden und der technologische Wandel – man denke an Elektromobilität oder die digitale Transformation – vorangetrieben werden. Hierfür ist eine neue Generation adaptiver, flexibler und digitalisierter Aufbereitungsprozesse zu entwickeln, mittels derer es gelingt, alle enthaltenen Rohstoffe, wie z. B. die Seltenen Erden, auch aus komplexen Systemen zurückzugewinnen. Und dies energieeffizient und funktionserhaltend, also möglichst ohne Downcycling. Die zunehmende Komplexität der global erzeugten Stoffströme stellt dabei eine fundamentale Herausforderung für Ressourcentechnologie-Entwicklungen dar. Gerade im Bereich von Hightech-Produkten wie Elektrogeräten, Fahrzeugen oder Batterien finden mittlerweile fast alle Elemente des Periodensystems Anwendung.

Die geplante Forschungsinfrastruktur **FlexiPlant** wird die höchst selektive und effiziente mechanische Aufbereitung und Sortierung komplexer Rohstoffströme im Pilotmaßstab bis zum Technology Readiness Level (TRL) 6-9 erlauben.

Drei grundlegende Ziele definieren die wissenschaftliche Bedeutung für FlexiPlant:

- (1) Schließen der Stoffkreisläufe von komplexen Rohstoffen
- (2) Maximieren der Energie- und Ressourceneffizienz
- (3) digitale Transformation der Rohstoffindustrie und damit die drastische Reduktion des derzeitigen CO₂-Fußabdruckes

Um diese Ziele zu erreichen, ist ein Paradigmenwechsel in der rohstoffverarbeitenden Industrie erforderlich. Der Weg führt weg von Prozessketten, die in einem einzigen Prozess-Optimum variable Einsatzstoffe verarbeiten, hin zu flexiblen, automatisierten und digitalisierten Aufbereitungstechnologien, die sich jederzeit mit apparativen Neuentwicklungen ergänzen und verschalten lassen. **Die Kombination einer genauen Rohstoff-Charakterisierung** – hinsichtlich Form, Farbe oder physikalisch-chemischer Eigenschaften – **mit einer an den spezifischen Stoffstrom ideal angepassten Weiterverarbeitung** ermöglicht eine weitgehend vollständige Rückgewinnung der am Lebensende in den Produkten enthaltenen Rohstoffe. Besonders die Technologiemetalle sind hier von Interesse. Durch die vollautomatisierte Erfassung und (Vor-)Sortierung der Wertstoffströme in der FlexiPlant bereits vor der Weiterverarbeitung, beispielsweise im metallurgischen Technikum des HIF, sollen technologisch bedingte Verluste weitestgehend vermieden und dadurch **bis zu 90 Prozent** der bisherigen Rohstoffverluste dem Stoffkreislauf wieder zugeführt werden.

Als einzigartige 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.

Neue Wege der Wertstoffgewinnung dank intelligenter Messtechniken – CeRI²: Center for Resource Process Intensification and Interface Studies



Energieeffiziente Ressourcentechnologien als Schlüsselement der Kreislaufwirtschaft bilden ein gemeinsames großes Forschungsthema der Institute für Ressourcentechnologie und Fluidodynamik. Dabei sind die Herausforderungen bei der Weiterentwicklung von Ressourcentechnologien enorm. So werden für die Gewinnung von Wertstoffen vielfach turbulente Mehrphasen-Strömungen genutzt, die aufgrund ihres hohen Feststoff- und Gasgehalts optisch intransparent und damit einer Messung mit klassischen Techniken nicht zugänglich sind. Zentrale Prozesse in solchen Mehrphasen-Strömungen wie das Anhaften von Wertstoff-Partikeln an Blasen sind daher nach wie vor weitgehend unverstanden.

Damit das HZDR seine international anerkannte und zum Teil führende Rolle auf diesem Gebiet ausbauen kann, müssen die Forscher*innen in der Lage sein, **die für die Gewinnung von Wertstoffen relevanten Prozesse auf einer breiten Längenskala vom Nano- über den Mikro- bis in den Meterbereich** zu untersuchen. Während die Infrastruktur FlexiPlant am Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie HIF auf die integrale Wertstoff-Gewinnung aus komplexen Materialströmen ausgerichtet ist, erlaubt CeRI² die Untersuchung von Schlüsselprozessen in turbulenten Mehrphasen-Strömungen auf mikro- und mesoskopischen Längenskalen. Zugleich ist es unabdingbar, intelligente Messtechniken für diese Strömungen sowie Methoden für die Intensivierung der Wertstoff-Gewinnung unter

Einsatz externer Felder zu entwickeln. Bei der Prozessoptimierung wird zudem stark auf die Einbeziehung von Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) gesetzt.

Die Zukunftsprojekte FlexiPlant und CeRI² bedingen einander nicht, sind aber so konzipiert, dass sie sich ideal ergänzen und die Realisierung beider einen erheblichen Mehrwert für die Entwicklung adaptiver und flexibler Ressourcentechnologien ergibt. CeRI² integriert außerdem das Center of Interface Studies (CIS), um die Grenzflächen-Expertise der drei Energie-Institute am HZDR gezielt für die Probleme von Ressourcen- und Energieeffizienz nutzbar und das CIS international sichtbar zu machen.

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 Rohstoff-Region mit starken Partnern in Polen wird signifikant gestärkt, Industriekooperationen werden nachhaltig ausgebaut und erweitert. Das seit 2019 vom HZDR koordinierte EU-Projekt FineFuture zu neuen Konzepten bei der Feinpartikel-Flotation ist mit acht wissenschaftlichen und acht Industriepartnern eine starke Basis für diesen Anspruch.

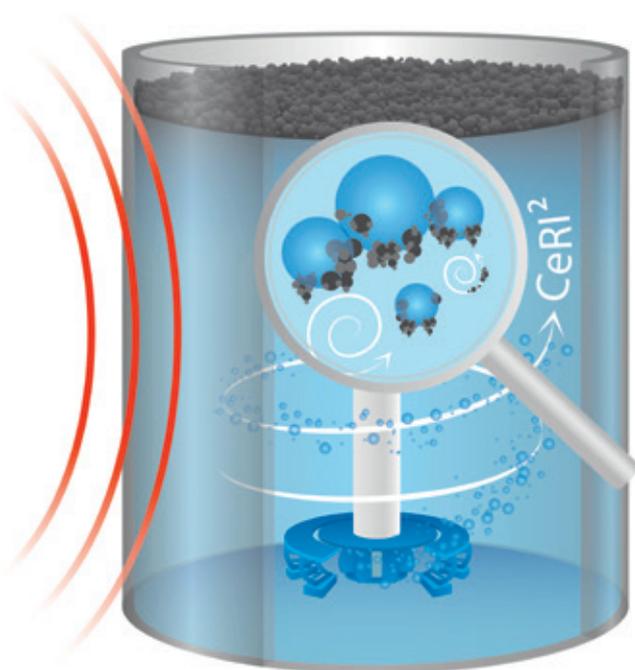


Abb. 10: Schema der CeRI²-Forschungen: Optimierung makroskopischer Industrieprozesse (z. B. Flotation) durch Verständnis und Kontrolle der Mehrphasen-Strömungen auf mikroskopischer Ebene.

Die Auswirkungen von Radionukliden auf Mensch und Umwelt im Fokus – ZRS: Zentrum für Radioökologie und Strahlenforschung



Das Zentrum für Radioökologie und Strahlenforschung (ZRS) am HZDR eröffnet mit seinem **radioaktiven Kontrollbereich mit biologischer Sicherheitsstufe** und seiner **mikrobiologisch-chemischen Ausstattung** die Möglichkeit, ein wissenschaftliches Feld von großer gesellschaftlicher Relevanz zu besetzen, welches bisher in der Helmholtz-Gemeinschaft nicht vertreten ist: die Auswirkungen von Radionukliden auf die Umwelt. Diese wurden und werden national wie international überwiegend mit statistischen Methoden untersucht. Das ZRS dagegen wird es erlauben, über naturwissenschaftliche Grundlagenforschung das Thema zu erschließen, Prozesse auf molekularer Ebene aufzuklären und damit Prognosen zu Ausbreitung und Toxikologie verlässlicher sowie Sanierungen effizienter zu gestalten. Die Aktivitäten der Forschungsbereiche MATERIE, ENERGIE und GESUNDHEIT sowie des CASUS am HZDR lassen sich dabei ideal miteinander verbinden – inklusive radioaktiver Kontrollbereiche, S1-Labore, Beschleuniger-Massenspektrometrie (AMS) und Rosendorf Beamline ROBL-II an der ESRF in Grenoble. Dies macht die enormen Vorzüge der Interdisziplinarität am Zentrum national und weltweit sichtbar.

International werden intensive Kooperationen z. B. mit dem Studienzentrum für Kernenergie SCK-CEN in Belgien und dem französischen Institut für Strahlenschutz und nukleare Sicherheit IRSN sowie in Verbänden wie der European Radioecology ALLIANCE angestrebt. Die zukunftsorientierten Arbeiten am ZRS sind



Abb. 11: Untersuchung der Wechselwirkung von Radionukliden mit biologischen Systemen auf molekularer Ebene am Beispiel von Raps.

unabhängig von der Reaktorsicherheits- oder Endlagerforschung und stellen eine Weiterentwicklung des Helmholtz-Programms NUSAFE dar. Forschung zu den Auswirkungen von ionisierender Strahlung auf Mensch und Umwelt ist absolut notwendig und passt hervorragend zur Mission der Helmholtz-Gemeinschaft und zur Vision des HZDR. Dabei können medizinische und umweltrelevante Problematiken, ausgelöst durch Unfälle wie in Fukushima oder Tschernobyl, ebenso adressiert werden wie Aspekte natürlich vorkommender, radioaktiver Materialien (NORM), z. B. im Bergbau rund um die Gewinnung von Seltenen Erden oder der Geothermie.

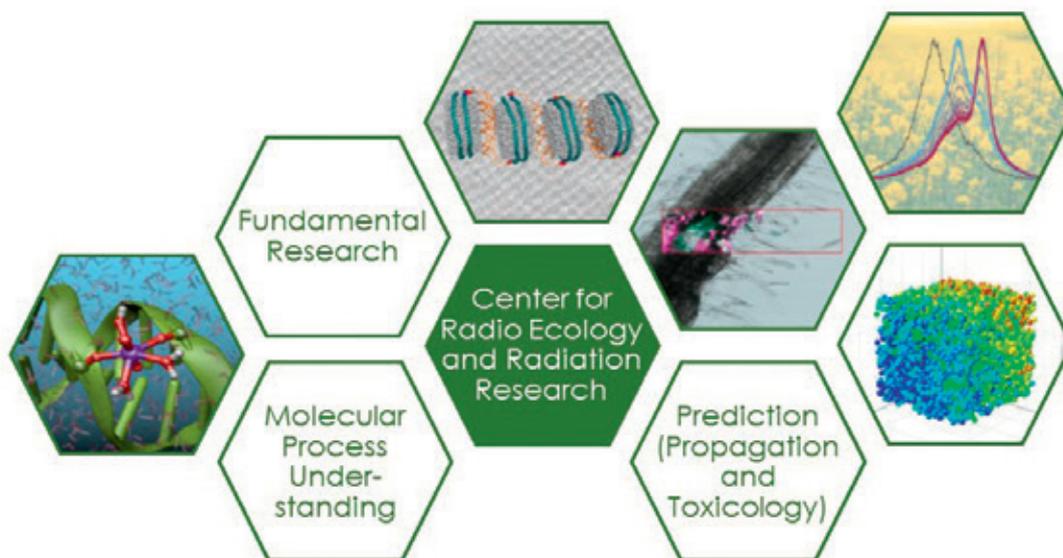


Abb. 12: Forschungsfelder des Zentrums für Radioökologie und Strahlenforschung (ZRS)

4.3. Transfer und Innovation

Selbstverständnis

Das HZDR leistet Beiträge zur Lösung großer gesellschaftlicher Herausforderungen – mit konkretem und **messbarem Nutzen und Impact**. Anspruch und Triebfeder aller Aktivitäten sind **Exzellenz** und eine internationale Spitzenposition. Dies gilt für die Forschung und den Betrieb großer Forschungsinfrastrukturen ebenso wie für den Transfer der gewonnenen Erkenntnisse in Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft. Der Wissens- und Technologietransfer (WTT) gehört demzufolge zum gesellschaftlichen **Auftrag** und zum **Satzungszweck** des HZDR. Wissens- und Technologietransfer ist essenzieller Bestandteil der HZDR-Strategieebenen (Abbildung 3 Strategiepyramide Kapitel 1.), der HZDR-Leitlinien (siehe Kapitel 2.) sowie ein dediziertes Handlungsfeld der vorliegenden Strategie. Die Transferstrategie 2025+ ist Teil der Gesamtstrategie des Zentrums.

Mit unseren Aktivitäten im Wissens- und Technologietransfer verfolgen wir die Absicht, das Leben der Men-

schen dieser und künftiger Generationen zu verbessern, sei es durch die Schaffung zukunftsfähiger Arbeitsplätze, durch geeignete Maßnahmen zur Gesundheitsförderung oder zum Erhalt der Erde als lebenswertem Planeten. Gleichzeitig sollen Menschen in die Lage versetzt werden, auf Basis wissenschaftlicher Ergebnisse bestmögliche Entscheidungen zu treffen. Als eine der größten, öffentlich geförderten Forschungseinrichtungen in den vergleichsweise wirtschafts- und strukturschwachen neuen Bundesländern kommt dem Zentrum zudem eine besondere **Verantwortung** zu, signifikante Beiträge zur Schaffung **wirtschaftlicher Wertschöpfung** – vor allem in der Region – zu leisten.

Das sehr breite **Transfer-Verständnis** der Helmholtz-Gemeinschaft unterstreicht folgende Transfer-Definition: „Wissenschaftsbasiertes Know-how kommt außerhalb der Scientific Community zur praktischen Anwendung.“ Diesen Ansatz macht sich das HZDR zu eigen.

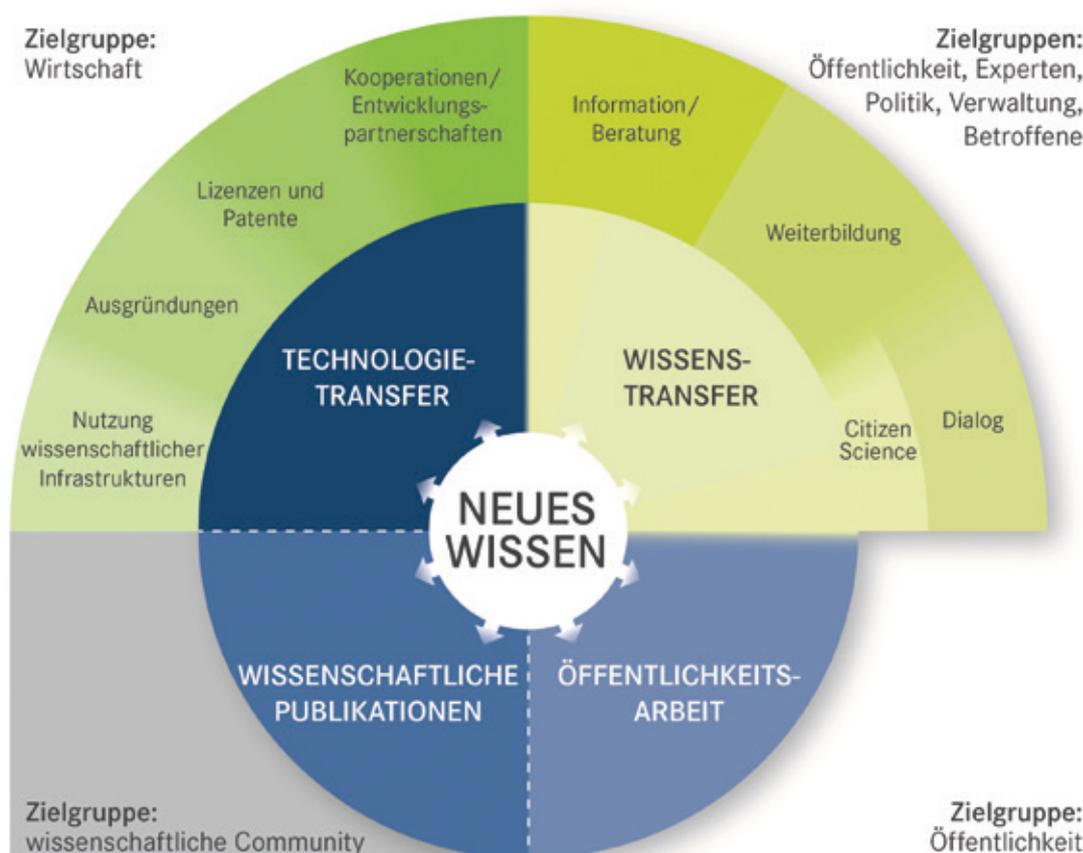
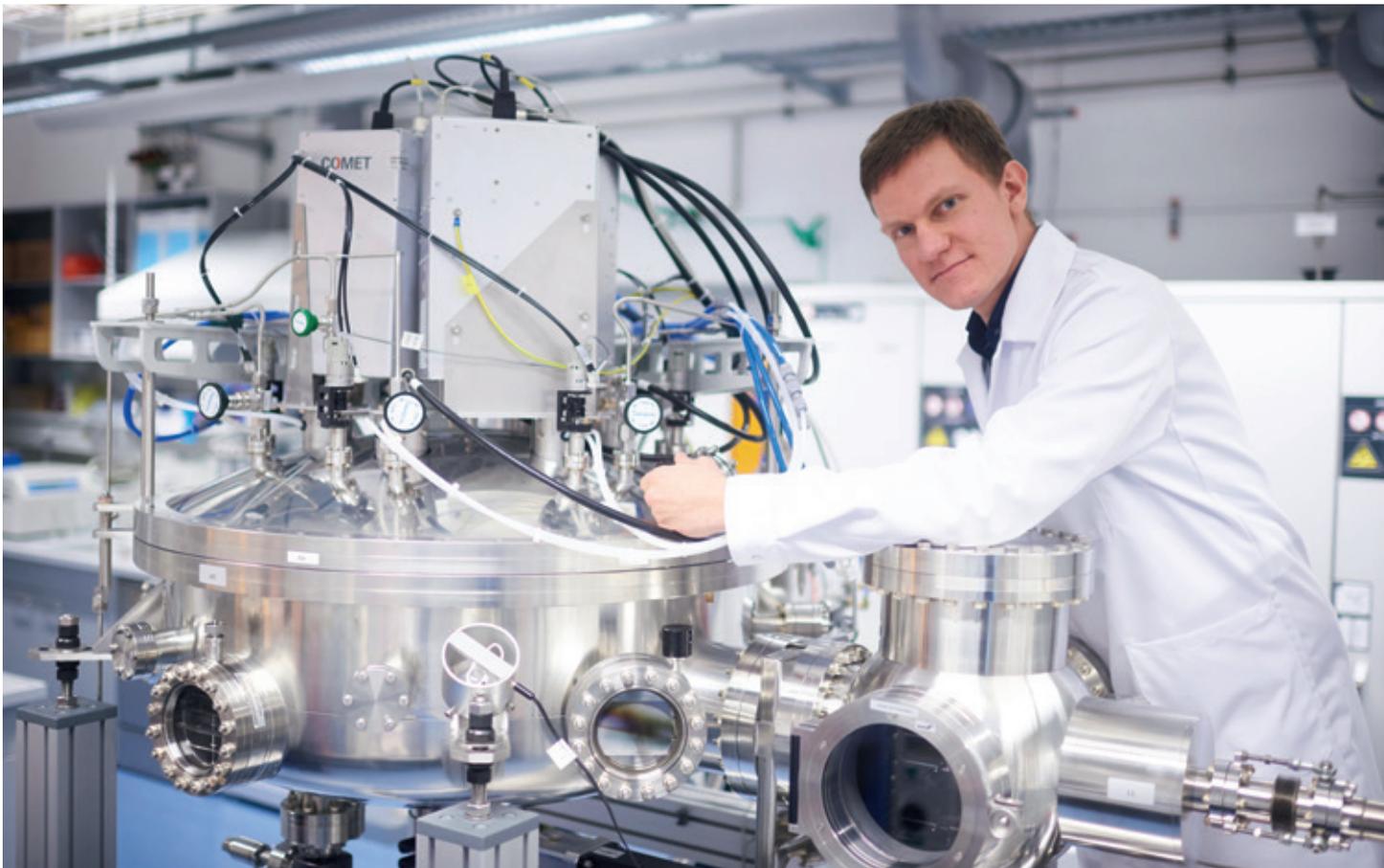


Abb. 13: Verständnis des Wissens- und Technologietransfers am HZDR (Quelle: Helmholtz-Gemeinschaft)



Die Abteilung Technologietransfer und Innovation unterstützt den Physiker Dr. Tobias Kosub bei der Gründung seiner Firma „Tensor Instruments“, die derzeit noch zur HZDR Innovation GmbH gehört.

Eine Abgrenzung der Transfer-Aktivitäten zur klassischen Presse- und Öffentlichkeitsarbeit einerseits sowie zur wissenschaftlichen Veröffentlichungspraxis andererseits nimmt die Abbildung 13 vor. Darüber hinaus ist der Transfer dadurch gekennzeichnet, dass externes Wissen in die Forschungstätigkeit einfließt. Für seinen Technologie- und Wissenstransfer nutzt das HZDR eine große Anzahl verfügbarer **Kanäle**. Hierzu zählen:

- (nicht wissenschaftliche) Publikationen
- Vorträge
- Weiterbildungen
- Politikberatung
- Informationsdienstleistungen
- Personal-Transfer
- Kooperationen
- Auftragsforschung
- Lizenzvergaben

- Ausgründungen
- Serviceleistungen und Produktherstellung
- Open-Science-Ansätze

Bei einem **Transfer in die Wirtschaft** achtet das HZDR auf eine angemessene finanzielle Partizipation. Um die Erfolge des Technologietransfers zu messen, kommen Verwertungserlöse aus Lizenzen und Beteiligungen sowie Wirtschaftserträge als transparente Indikatoren zum Ansatz.

Der **Wissenstransfer am HZDR spricht alle Gruppen der Gesellschaft an**: Vertreter*innen aus Politik, Verwaltung, Zivilgesellschaft, Bildung und Medien. Er setzt auf direkten **Austausch, Dialog und Partnerschaft**, um **Bedarfe** zu erkennen und optimal zu bedienen.

Status quo

Transfer-Kennzahlen und -Beispiele

Sowohl die Unterstützung als auch der Output des Wissens- und Technologietransfers erhielten mit dem 2011 erfolgten Eintritt des HZDR in die Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) einen maßgeblichen Schub (Tabelle 1). Auf Basis einer im selben Jahr verabschiedeten Technologietransfer-Strategie ließen sich definierte Maßnahmen in der Folge umsetzen – eine positive Entwicklung, die bis heute anhält. Im Jahr 2015 überarbeitet,

wurde die Transferstrategie 2018 um ein Konzept zum Wissenstransfer ergänzt. Der hier vorliegende Text entwickelt einerseits die bestehenden Strategie-Ansätze weiter und führt zugleich die bislang getrennten Bereiche des Wissens- und Technologietransfers zusammen. Er bildet zugleich den Ausgangspunkt der vom Vorstand 2020 angestoßenen Transfer-Offensive.

Entwicklung Transfer-Kennzahlen⁹ am HZDR

	Rückblick (2009)	Status quo (2019)	Vergleich (Kennzahl Status quo/1.000 Mitarbeiter*innen) ¹⁰	Ziele (2025)
Einnahmen aus der Wirtschaft aus F&E-Aufträgen, Dienstleistungen und Nutzungsentgelten für Geräte	1,6 Mio. €	2,6 Mio. € (+ 4 Mio. € HZDR Innovation)	HZDR: 4,3 Mio. € HGF: 3,6 Mio. €	3,8 Mio. € (+8 Mio. € HZDR Innovation)
Patentportfolio (Anzahl Patente)	247	306	HZDR: 0,2 HGF: 0,3	
Anteil lizensierter Patente am Patentportfolio	7 %	46 %	k. A.	50 %
Neue Lizenzverträge (Durchschnitt p. a.)	2,1 (2004-2010)	6,9 (2011-2019)	HZDR: 5,8 HGF: 3,5	10 (2021-25)
Erträge aus Lizenz- und Optionsverträgen sowie IP-Verkäufen	10 T€	296 T€	HZDR: 250 T€ HGF: 309 T€	450 T€
Anz. bestehender Kooperationsverträge mit d. Wirtschaft/davon strateg. Partnerschaften	103/1	160/3	k. A.	6 strateg. Partnersch.
Anzahl Ausgründungen (Durchschnitt p. a.)	0,3 (2001-2010)	0,8 (2011-2020)	HZDR: 0,7 HGF: 0,4	1,2 (2021-25)
Innovation Labs	1	3	HZDR: 2,5 HGF: 0,3	4
Budgeteinsatz für Transfer-Unterstützung ¹¹ aus Haushaltsmitteln und Overhead/Drittmitteln	130/170 T€ (0,2 % Haushaltsbudget)	560/780 T€ (0,45 % Haushaltsbudget)	k. A.	1,0 % des Haushaltsbudgets (ab 2023) ¹²

Tabelle 1

⁹ Set an klassischen Transfer-Kennzahlen, wie sie aktuell Bestandteil von PAKT- und Zentrumsfortschritts-Berichten gegenüber den Zuwendungsgebern sind; Kennzahlen für den Wissenstransfer sind (noch) nicht definiert und daher nicht verfügbar.

¹⁰ Quelle: Pakt-Monitoring-Bericht 2020 und Angaben HGF

¹¹ umfasst Ausgaben für Patente, Innovationsfonds, Personal-, Sach-, Reise- und Fremdleistungen der Transfer-Unterstützung

¹² zzgl. Finanzierung aus Drittmitteln

Strategische Partnerschaften mit Unternehmen bilden einen weiteren wichtigen Baustein des Technologietransfers. Langjährige Zusammenarbeit in Forschung und Transfer – vertraglich vereinbart und mit laufenden gemeinsamen Aktivitäten unterlegt, wobei beide Seiten signifikante finanzielle und personelle Mittel für die Erreichung der gemeinsamen Ziele bereitstellen – sind Kennzeichen dieser Kooperationen. Sie umfassen im Regelfall auch die Lizenzierung von Technologien sowie den Personalaustausch. Aktuell zu nennen sind etwa die ROTOP Pharmaka GmbH, IBA SA und Air Liquide SA. Vor Ort besteht eine strategische Partnerschaft mit dem Universitätsklinikum Carl Gustav Carus sowie der TU Dresden mit dem Ziel, die Translation der medizinischen Forschung am HZDR voranzubringen.

Das HZDR betreibt aktiven **Wissenstransfer**. Nennenswerte Beispiele sind das Schülerlabor DeltaX mit seinen jährlichen Fortbildungsprogrammen für Lehrer*innen oder Vorträge sowie Führungen im Rahmen der Dresdner Seniorenakademie. HZDR-Vertre-

ter*innen bieten Strahlenschutzkurse an, stellen die thermodynamische Referenz-Datenbank THEREDA, aber auch öffentlich zugängliche Software-Repositoryen für wissenschaftliche Open-Source-Anwendungen zur Verfügung. Nicht zuletzt wirken sie in gut einem Dutzend hochrangiger Gremien mit und erbringen Beratungsleistungen für Politik und Verwaltung¹³.

Als Beispiel für eine gelungene Wissenstransfer-Veranstaltung kann das Europäische Forum für Wissenschaft, Forschung und Innovation in Dresden im Jahr 2019 gelten.

Transfer-Unterstützung

Auf Grundlage seiner strategischen Ausrichtung konnte das Zentrum wichtige Erfolge bei der Unterstützung des Technologietransfers verbuchen. So gelang es im Zeitraum 2011 bis 2020, eine Reihe von transferrelevanten Instrumenten sukzessive zu etablieren (Tabelle 2). Die Finanzierung erfolgte überwiegend aus Drittmittelprojekten oder Gemeinkostenanteilen eingeworbener Förder- oder Industriemittel.

Transfer-Unterstützung am HZDR nach Innovationsphasen

		HZDR			HZDR INNOVATION			Ausgründung und Industriepartner		
TLR		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Innovationsphase	Angewandte Grundlagenforschung	Transferprojekte zur Entwicklung von Demonstratoren und Prototypen			Fertigentwicklung erster marktreifer Produkte/ Dienstleistungen; Kleinserienproduktion/ Dienstleistungen			Großserienproduktion und Marktdurchdringung		
Transferunterstützung	WTT-Kultur & -Anreize WTT-Qualifizierung IP-Management Screening Transferideen Innovationswettbewerb	Ko-Finanzierung aus HZDR-Innovationsfonds und Helmholtz Innovation Labs Helmholtz Enterprise Validierung Marktbedarf und Suche nach Partnern Auftragsforschung & F&E-Verbundprojekte mit Wirtschaft			Marketing und Vertrieb Erprobung am Markt Zertifizierungen Infrastrukturvermarktung Unterstützung von Ausgründungen Suche nach Lizenzpartnern			Post-Licensing-Management Beteiligungsmanagement Reporting und PR		

Tabelle 2

¹³ unter anderem Mitgliedschaften in der Entsorgungs- und Strahlenschutzkommission, in den Kompetenzverbänden Strahlungsforschung und Kerntechnik, in der deutschen Akademie der Technikwissenschaften ACATECH sowie im Wissenschaftsrat

Wichtige Instrumente bei der Umsetzung der Transferstrategie des HZDR

HZDR-Stabsabteilungen Technologietransfer und Innovation/Kommunikation und Medien	HZDR-Innovationsfonds/HZDR-Innovationswettbewerb/HZDR-Innovationspreis
<p>Die Stabsabteilung Technologietransfer und Innovation wurde 2011 gegründet. Mit ihren zehn Mitarbeiter*innen (6,8 VZÄ) nimmt sie zum Stand 2020 in drei Rollen als (1) interner/externer Dienstleister, (2) Treiber/Gestalter und (3) Durchsetzer von Regeln (z. B. Patentrecht, Beihilferecht, Compliance etc.) die nachfolgend genannten Aufgaben wahr:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ IP-Management ■ Innovationsmanagement (durch dezentrale industrieerfahrene Innovationsmanager) ■ Technologiemarketing, Transfer-Veranstaltungen (Verwertung, Sensibilisierung, Qualifizierung) und Betreuung Alumni-Netzwerk des HZDR ■ Transfer-Projektcontrolling ■ Strategie, Koordinierung, Berichtswesen <p>Wesentliche transferbezogene Unterstützungsaktivitäten sind zudem in den Abteilungen Finanzen und Vorstandsbüro (Verträge) angesiedelt. Des Weiteren arbeitet das HZDR eng mit externen Transfer-Unterstützern zusammen, hierunter den Gründungsinitiativen Dresden exists, SAXEED (Freiberg) und Verwertungsdienstleistern wie ASCENION. Die Verantwortung für den Wissenstransfer an Zielgruppen außerhalb der Wirtschaft liegt seit 2018 bei der Abteilung Kommunikation und Medien. Zudem sind Wissenstransfer-Ansprechpartner*innen in den Instituten und Zentralabteilungen benannt.</p>	<p>Der seit 2016 existierende HZDR-Innovationsfonds dient vorrangig zur (Ko-)Finanzierung von Innovationsprojekten (Budget: 400 T€ p. a.). Im Zeitraum 2016 bis 2019 wurden in Summe 33 Vorhaben aus dem Innovationsfonds unterstützt, die zusammen mit der Ko-Finanzierung aus anderen Programmen ein Volumen von 15,3 Mio. € ausmachten.</p> <p>Das HZDR führt seit 2017 jährlich einen HZDR-Innovationswettbewerb durch mit dem Ziel, die Innovationspipeline beständig gefüllt zu halten und gleichzeitig eine Sensibilisierung und Qualifizierung der Wissenschaftler*innen für Transfer-Aspekte zu erreichen.</p> <p>Das HZDR vergibt jährlich einen Technologie- und Innovationspreis für Mitarbeiter*innen, die nennenswerte Transfer-Erfolge erzielt haben.</p>
HZDR Innovation GmbH (HZDRI)	Helmholtz Innovation Labs
<p>Die Transfer-Tochter des HZDR wurde 2011 mit dem Ziel gegründet, den Technologietransfer des HZDR zu unterstützen. Die HZDRI hat folgende Aufgaben:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Realisierung von Produktions- und Service-Aufträgen aus der Industrie unter Inanspruchnahme von Know-how und Infrastruktur insb. des HZDR (v. a. Ionenstrahlzentrum als LK-II-Gerät) 2. eigenständige Entwicklungs-, Fertigungs- und Vertriebsleistungen zur Überführung von Forschungsergebnissen des HZDR in den Markt (Demonstratoren und Kleinserien) 3. Inkubation und Beteiligungsmanagement von HZDR-Ausgründungen 4. allgemeine Transfer-Unterstützung für HZDR (u. a. Patentbe- und -verwertung) 5. im Ausnahmefall: Abwicklung von F&E-Aufträgen (sofern diese nicht über das HZDR abgewickelt werden können) 	<p>Das HZDR hat 2019 drei Fördervorhaben zum Aufbau von Helmholtz Innovation Labs (HIL) eingeworben.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">     </div> <p>Kernziel der HIL ist es, ihre jeweils spezifischen Technologien anwendungsnah weiterzuentwickeln und durch Serviceangebote, Produktentwicklungen, Auftragsforschung und Ausgründungen den Transfer in die Wirtschaft voranzutreiben. Die HILs agieren damit als kleine „Fraunhofer-Einheiten“ innerhalb von Helmholtz. Sie sollen sich nach einer geförderten Startphase von fünf Jahren nachfolgend selbst finanzieren. Die in den HIL tätigen Business-Development-Manager*innen und PR-Verantwortlichen sind den betreffenden wissenschaftlichen Instituten unterstellt.</p>

Tabelle 3

Als Ergebnis von drei in den zurückliegenden Jahren durchgeführten Evaluierungen des HZDR-Technologietransfers¹⁴, einer breiten quantitativen und qualitativen Befragung von Mitarbeiter*innen des HZDR im

Jahr 2019 sowie Feststellungen der TASK-Force Technologietransfer 2020 ist nachfolgende Stärken-Schwächen-Übersicht zum Status Quo des Transfer-Geschehens entstanden (siehe Tabelle 4).

SWOT-Profil für den aktuellen Status des Wissens- und Technologietransfers am HZDR

Stärken
+ nennenswerte Transfer-Erfolge/positive Entwicklung seit 2009
+ sehr stark auch industriell mitgenutzte Großgeräte ¹⁴ mit signifikanten Wirtschaftseinnahmen: Ionenstrahlzentrum/Zyklotron am Zentrum für Radiopharmazeutische Krebsforschung/TOPFLOW
+ professionelle Transfer-Unterstützung
+ etablierte Transfer-Tochter HZDR Innovation GmbH (von SMWK und HGF als Best Practice benannt)
Schwächen
– schwache Transfer-Kultur in der Wissenschaft und geringe WTT- Anreize und -Würdigung
– geringe Qualifizierung für Transfer-Aufgaben und Vorbereitung auf Nach-Doktorand*innen-Zeit
– wenig verfügbare Zeitkontingente (sonstige Belastung der Leistungsträger)
– Engpass bei Dauer und Lösungsorientierung in der Vertragsbearbeitung
– Finanzierungsengpässe bei Transfer-Unterstützung (HZDR-Innovationsfonds finanziell für Folgejahre nahezu ausgeschöpft; Finanzierung von Kernaufgaben v. a. durch Drittmittel)
– Räumliche Engpässe bei Drittmittelvorhaben, Kooperationsaktivitäten und Ausgründungen
– unzureichende Kommunikation aller beteiligten Akteure über Transfer-Erfolge nach innen und außen
– geringe Marktnähe der Forschungsergebnisse und fehlende Fertigungsentwicklungs-Kompetenz/-Kapazität
– HZDR auch in seinen Kernforschungsthemen zu selten von einschlägigen Unternehmen als prioritärer Must-Have-Forschungspartner angesehen

Tabelle 4

Trotz aller Erfolge und positiver Entwicklungen in der Vergangenheit verfügt das HZDR demnach noch über erhebliche **Potenziale**, seinen Transfer in Wirtschaft und Gesellschaft signifikant zu verbessern. Hieraus leiten sich maßgebliche **Chancen** ab:

- aktive und offensive Begegnung der Erwartungshaltung vonseiten der Politik und Zuwendungsgeber; Sicherstellung erfolgreicher zukünftiger Evaluationen des Zentrums

- Ausbau des nationalen und internationalen Renommées
- Ausbau eines regionalen Innovations-Ökosystems
- Steigerung des Erfolgs bei Drittmittelinwerbung

¹⁴ Bzgl. der Leistungsklasse (LK) II bildet formal nur das Ionenstrahlzentrum des HZDR ein Großgerät, die Wertgrenzen des Zyklotron und TOPFLOW liegen unter den formellen LK-II-Grenzen.

Transfer-Ziele

In seiner Transfer-Offensive mit dem Zeithorizont 2025+ setzt sich das HZDR das übergeordnete Ziel, seine Erfolge im Bereich des Wissens- und Technologietransfers weiter zu steigern und gleichzeitig deren Sichtbarkeit auszubauen.

Die Helmholtz-Gemeinschaft hat im Rahmen ihrer PAKT-Selbstverpflichtung die Stärkung der Transfer-Kultur an den Zentren beziehungsweise die Entwicklung eines „Transfer Welcome Mindset“ als Ziel definiert. Dazu kommt die Steigerung der Transfer-Qualifikation der Mitarbeiter*innen und der Ausbau der Transfer-Unterstützung. Diese wichtigen Ziele macht sich auch das HZDR zu eigen. Um die Zielerreichung messen zu können, werden wir spätestens 2025 eine entsprechende Befragung im Zuge einer Evaluierung unserer Transfer-Aktivitäten mit dem Vergleichszeitraum 2020 bis 2025 durchführen.

Das HZDR verfolgt bis 2025 folgende qualitative, übergeordnete **Strategieziele**:

1. Verbesserung Transfer-Kultur und -Anreize
2. Steigerung Qualifizierungsniveau bezüglich Transfer

3. Verbesserung Transfer-Unterstützung (inkl. Administration und Vertragsbearbeitung)
4. Festigung Rolle der HZDR Innovation GmbH als Transfer-Organisation mit Best-Practice-Charakter in der HGF
5. nennenswerter Ausbau Wissenstransfer-Aktivitäten und -Erfolge
6. Steigerung Wahrnehmung des HZDR-Transfers im Zentrum selbst sowie im Außenraum
7. Steigerung von mit Kennzahlen messbarem Technologietransfer-Output

Für den Zeitraum bis 2025 definiert das HZDR entsprechend der einschlägigen Indikatoren des PAKT- sowie des Zentrumsfortschritts-Berichtes quantitative messbare Ziele für seinen Technologietransfer. So strebt es bei den einschlägigen **Transfer-Kennzahlen jeweils eine 50- oder höherprozentige Steigerung** an (siehe Tabelle 1). Zudem gilt es, bis 2025 jährlich mindestens ein nennenswertes Transfer-Beispiel auf Toplevel zu generieren und im Zuge der jährlichen PAKT-Abfrage zu berichten.

Maßnahmen zur Erreichung der Transfer-Ziele

Erfolge im Wissens- und Technologietransfer setzen bestehende wissenschaftliche Exzellenz und eine große Sichtbarkeit der einzelnen Wissenschaftler*innen und der Forschungsthemen voraus. Insofern kommt der HZDR-Forschungsstrategie mit ihren Zielen und Maßnahmen eine besondere Bedeutung auch für die Erreichung der Transfer-Ziele zu. Ausgehend vom SWOT-Profil (siehe Tabelle 4) und im Zuge der Fortschreibung der Strategie liegt der Fokus auf der Verbesserung von Transfer-Kultur und Transfer-Anreizen. Die beschriebenen institutsübergreifenden Maßnahmen sollen sich positiv auf die Verwertungserfolge sämtlicher wissenschaftlichen Programme auswirken.

Um seine Transfer-Ziele zu erreichen, führt das HZDR spezifische Maßnahmen in den folgenden Schwerpunkten durch. Die detaillierte Beschreibung der einzelnen Maßnahmen – mit Benennung von Zeitpunkten für die Umsetzung, Verantwortlichkeiten und erforderlichem Ressourceneinsatz – sind in einer separaten Umsetzungsplanung aufgeführt. Die nachfolgende Untersetzung der Maßnahmenbündel benennt lediglich wenige Beispiele zur Illustration.

Maßnahmen-Schwerpunkte am HZDR (bis 2025)

- Maßnahmenbündel zur **Verbesserung von Transfer-Kultur und Transfer-Anreizen**
 - (1) Einführung von WTT-Indikatoren als Teil von individuellen Zielvereinbarungen und Bewertungskriterien bei Rekrutierung und Karriereentwicklung (Transfer gleichrangig zu Publikationen)
 - (2) Anpassung von Mittelverteil-Mechanismen zur Belohnung von Transfer
- Maßnahmenbündel zur **Steigerung des Qualifizierungsniveaus bzgl. Transfer**
 - (1) durch quantitativen und qualitativen Ausbau der Transfer-Sensibilisierung und Weiterbildung mit Fokus auf „Entrepreneurship Education“ und Karrierewege außerhalb der Wissenschaft
 - (2) Ausweitung der Einbindung externer Expertise in Transfer-Vorhaben, z. B. Ausbau der Alumni- und Experten-Netzwerke sowie Zugang zu Wirtschaftsstudent*innen



Der erste Platz des alle zwei Jahre vergebenen Sächsischen Transferpreises ging 2021 an Prof. (em.) Jörg Steinbach vom HZDR für seine modellhafte Transferleistung im Projekt „GMP-Herstellung für Iod-123 markierte Radiopharmaka zur Diagnostik von Parkinson“.

- Maßnahmenbündel zur **Verbesserung der Transfer-Unterstützung** am HZDR
 - (1) Bereitstellung ausreichender finanzieller Ressourcen für Transfer-Aktivitäten („1%-Ziel“) einschließlich der Ausweitung des HZDR-Innovationsfonds (ab 2021: 500 T€ p. a.)
 - (2) Schaffung erweiterter räumlicher Möglichkeiten für Joint Labs mit der Wirtschaft und für Ausgründungen durch Aufbau eines „HZDR-StartUpVillage“ am Standort Dresden und von Inkubator-Räumen in Freiberg
- Maßnahmenbündel für einen **verstärkten Wissenstransfer**
 - (1) Integration von WT-Vorhaben in Innovationswettbewerb, Innovationspreis und Innovationsfonds
 - (2) Vervollständigung und Präzisierung bestehender Übersichten zu WT-Aktivitäten am HZDR einschließlich Mitgliedschaften in Beratungsgremien: Zuordnung von Wissenschaftler*innen, Zielgruppen, gesellschaftlichen Entscheidungsträger*innen
- Maßnahmenbündel für eine **Festigung der Rolle der HZDR Innovation GmbH** als Best-Practice-Transfer-Organisation in der Helmholtz-Gemeinschaft
 - (1) Ausbau der Kompetenzen und Kapazitäten bei der Markteinführung und dem Vertrieb innovativer Produkte und Services
 - (2) Ausbau des finanziellen Engagements als Frühphasen-Investor bei Ausgründungen
- Maßnahmenbündel zur **Verbesserung der Sichtbarkeit der Transfer-Erfolge**
 - (1) Etablierung einer dauerhaften Transfer-Ausstellung im Hörsaal-Foyer des HZDR
 - (2) Abstimmung eines transferbezogenen PR-Plans einschließlich Ausweitung der Social-Media-Nutzung

4.4. Vernetzung und Kooperation

Lösungen für die globalen Herausforderungen, vor denen unsere Gesellschaft heute steht, erfordern strategische Kooperationen mit herausragenden Partnern aus Forschung und Industrie. Deshalb engagiert sich das HZDR in einer großen Zahl von Verbänden, wobei einerseits besonders enge Kollaborationen mit den Zentren innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft und andererseits mit den Hochschulen vor Ort in Dresden und Sachsen bestehen.

Sind Kooperationen erfolgreich, so erzeugen sie einen enormen Mehrwert an Fachwissen und senken durch die gemeinsame Nutzung von Ressourcen Kosten beziehungsweise steigern Effizienz und Effektivität für alle Beteiligten. Gerade hier zeigen die Großgeräte des HZDR ihre Stärken, denn sie ermöglichen unseren Wissenschaftler*innen ebenso wie den Nutzer*innen aus der ganzen Welt Forschung auf internationalem

Spitzenniveau. Nicht zuletzt steigert ein weltweites Netzwerk mit etablierten Partnern die Attraktivität des HZDR als Arbeitgeber.

Die folgenden Vernetzungsebenen sind für das HZDR zur Erfüllung der in unserer Mission definierten Ziele von Bedeutung:

- intern
- regional und national
- Europa
- global

Erwähnt sei an dieser Stelle die Sonderrolle, welche gemäß unserer Mission die Zusammenarbeit mit industriellen Anwender*innen beim Erreichen unserer Transferziele einnimmt (siehe Kapitel 4.3. Transfer und Innovation).

Interne Vernetzung

Als multiprogrammatisches Zentrum profitieren wir von einem intensiven interdisziplinären Austausch innerhalb des HZDR (siehe Kapitel 2. mit Leitlinie 02: Interdisziplinarität). Um dies zu belegen, müssen wir durch die multiprogrammatische Ausrichtung einen Mehrwert schaffen. Dies können wir nur über eine intensive Zusammenarbeit zwischen den Instituten des Zentrums erreichen. Über den Austausch von Methoden, die gemeinsame Nutzung von Geräten und forschungsbereichs- wie standortübergreifende Arbeit in Projektteams fördern wir Synergien und steigern unser Innovationspotenzial. Dies erreichen wir beispielsweise über die Gründung **interner Forschungsplattformen** – wie dem Center for Interface Studies (CIS) – oder über die aktive Beteiligung an entsprechenden Projektinitiativen der Helmholtz-Gemeinschaft. Abbildung 14 gibt anhand der Darstellung gemeinsamer Publikationen einen Überblick über die institutsübergreifenden Projekte. Die Abbildung verdeutlicht sowohl die Vielzahl der bestehenden Verknüpfungspunkte als auch das vorhandene Potenzial zur Verstärkung der Vernetzung gemäß unserem Anspruch an ein multiprogrammatisches Zentrum.

Wegbereiter-Projekte fördern strategische Zukunftsfelder über Disziplin- und Forschungsbereichsgrenzen hinweg. Solche Forschungscluster unterscheiden sich von klassischen Projektverbänden dahingehend, dass sie neben dem übergeordneten Forschungsthema auch die Aspekte Transfer und Nachwuchs fördern. Als Bei-

spiel aus dem Jahr 2021 sei die Pilot-Kampagne „Die Corona-Pandemie: Erkenntnis, Bewältigung, Prävention“ zu nennen. Konkret beteiligen wir uns hier an dem erfolgreich begutachteten Projekt „Airborne Transmission of SARS Coronavirus – From Fundamental Science to Efficient Air Cleaning Systems“ (CORAERO) unter Koordination des Helmholtz Zentrums München, das bis 2025 mit rund sechs Millionen Euro gefördert wird. Ziel ist die Entwicklung von Technologien entlang der Infektionskette – von der Aerosolentstehung bis zur effektiven Zerstörung der Viren durch Luftbehandlung in öffentlichen Räumen. Auch bei weiteren, thematisch passfähigen Ausschreibungen wird sich das HZDR beteiligen, da diese Projekte sowohl mit einer hohen Sichtbarkeit einhergehen als auch zum Ausbau unserer internen und externen Netzwerke beitragen.

Als Beispiel für eine erfolgreiche institutsübergreifende Zusammenarbeit sollen die gemeinsamen Experimente der Institute für Strahlenphysik und Radioonkologie – OncoRay zur laserbeschleunigten Partikeltherapie für die Behandlung von Krebserkrankungen dienen. Auf die Intensivierung der internen Vernetzung wird jeweils in den Strategietexten zu den Instituten und Forschungsabteilungen detailliert eingegangen (siehe Kapitel 7. Strategien der Institute und Zentralabteilungen).

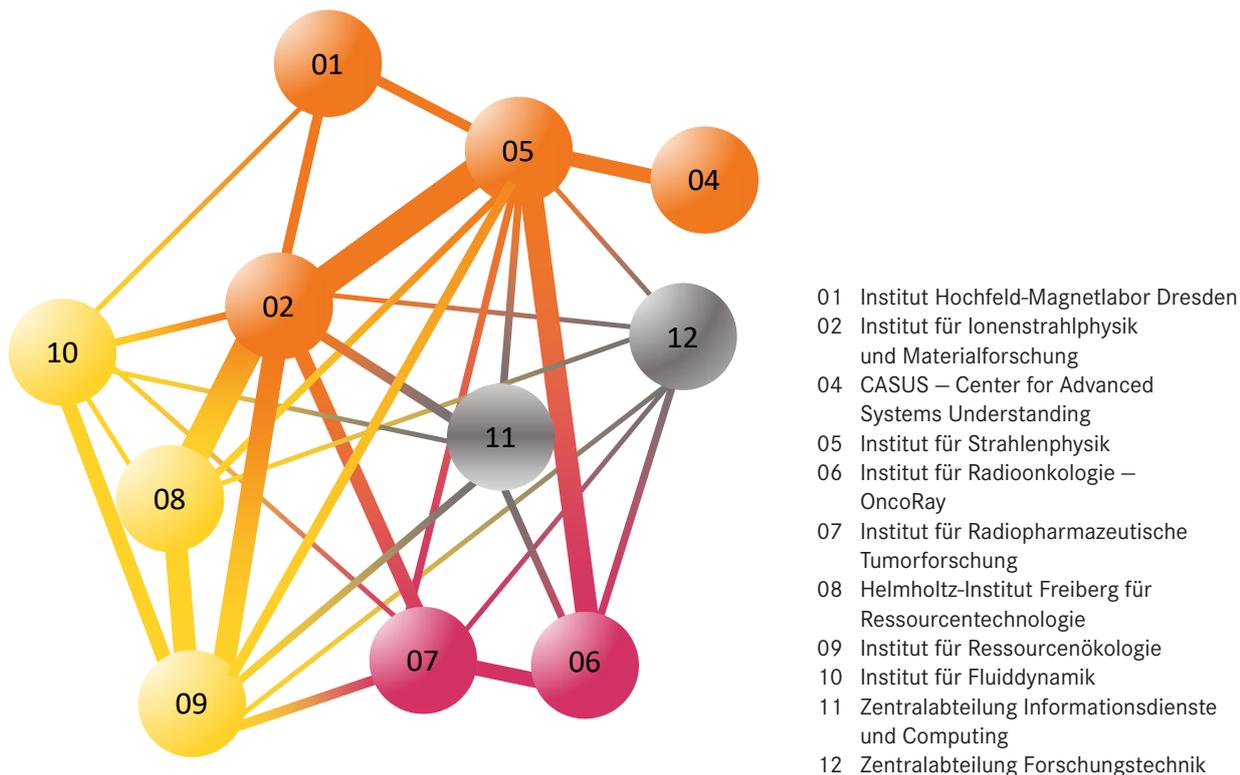


Abb. 14: Darstellung der Vernetzung der HZDR-Institute: Die Stärke der Quervernetzungen ist proportional zur Anzahl gemeinsamer Publikationen im Zeitraum 2016 bis 2020.

Auch der Nachwuchs am HZDR soll bestmöglich von unserer Multidisziplinarität profitieren. Um unseren Doktorand*innen einen besseren Einblick in die am Zentrum bearbeitete Themenvielfalt zu gewähren und sie optimal für eine Forschung an den Schnittstellen zwischen den Fachdisziplinen zu befähigen, werden wir ein **Vernetzungsprogramm für Doktorand*innen** etablieren. Die Teilnehmer*innen werden ihre Disser-

tation gemeinsam mit Betreuer*innen aus zwei verschiedenen Instituten anfertigen und so eine breitere Methodenvielfalt kennenlernen. Für Postdocs, für die das Postdoc Center ein breites Angebot an Vernetzungsoptionen bereitstellt, wollen wir die Möglichkeit von betriebsinternen Kurzpraktika schaffen, um es sowohl den Instituten als auch den Verwaltungsabteilungen zu ermöglichen, ihre Arbeitsfelder vorstellen zu können.

Regionale und nationale Kooperationen

Ein intensiver regionaler Austausch an allen Forschungsstandorten des HZDR bringt klare Standortvorteile mit sich. Durch die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit und die unikalenen Infrastrukturen des HZDR wird die Anziehungskraft von Dresden, Freiberg, Görlitz, Leipzig und Schenefeld bzw. Hamburg als innovative Wissenschaftsstandorte erhöht. Im Gegenzug profitiert das Zentrum von den Erfahrungen und dem Ansehen der Kollaborationspartner in Forschung und Industrie.

Im Raum Dresden eröffnet **DRESDEN-concept**, eine weltweit einzigartige Allianz von Partnern aus Wissenschaft und Kunst, zahlreiche Möglichkeiten der Zusammenarbeit. Zu DRESDEN-concept gehören neben der Exzellenzuniversität TU Dresden, die im Mittelpunkt

der Allianz steht, Vertreter der Dresdner Max-Planck-, Helmholtz-, Fraunhofer- und Leibniz-Institute sowie der forschenden Museen. Alle Partner eint das Ziel, die internationale Wettbewerbsfähigkeit und Strahlkraft des exzellenten Forschungsstandorts Dresden zu erhöhen. Deshalb arbeiten sie gemeinsam daran, Synergien in den Bereichen Forschung, Ausbildung, Infrastruktur und Verwaltung zu erzielen. Prof. Sebastian M. Schmidt ist als Wissenschaftlicher Direktor des HZDR seit 2021 Mitglied des Vorstands und wird in dieser Position das Netzwerk weiter festigen und wichtige Akzente für dessen Zukunftsfähigkeit setzen. Aber auch das HZDR als Ganzes bringt sich in die Zusammenarbeit ein, beispielsweise indem Infrastrukturen und ausgewählte Förderinstrumente für alle Partnereinrichtungen zugänglich gemacht werden. Das Zentrum profitiert in

vielfältiger Weise von DRESDEN-concept, etwa durch eine verbesserte regionale Sichtbarkeit oder durch optimierte Prozesse auf verschiedenen Ebenen. Der*die Rektor*in der TU Dresden ist zudem ständiger Gast im HZDR-Kuratorium.

Um ein weiteres erfolgreiches Beispiel für Dresden anzuführen: Das **Helmholtz-Kolleg NanoNet** (International Helmholtz Research School for Nanoelectronic Networks) fördert unter Koordination des HZDR gemeinsam mit der TU Dresden, dem Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden, dem Fraunhofer-Institut für zerstörungsfreie Prüfverfahren und der NaMLab gGmbH die interdisziplinäre Ausbildung von wissenschaftlichem Nachwuchs für den Mikroelektronikstandort Dresden. Alle drei Jahre werden hier bis zu 25 internationale Doktorand*innen ausgebildet, die zuvor ein hartes Auswahlverfahren durchlaufen müssen.

Die **Universitäten und Fachhochschulen** zählen naturgemäß zu den wichtigsten Partnern vor Ort, wobei das HZDR mit der TU Dresden, der TU Bergakademie Freiberg, der TU Chemnitz und der Universität Leipzig eine besonders enge Zusammenarbeit verbindet. Durch die Einbindung der Institutsdirektor*innen, teils auch der Senior Scientists und Nachwuchsgrup-

penleiter*innen, in die Lehre ergibt sich die Möglichkeit, die Forschungsschwerpunkte des HZDR zu kommunizieren und den akademischen Wettbewerb zu befördern. Zugleich wird der Zugang zu wissenschaftlichem Nachwuchs gesichert – und hier insbesondere zu exzellenten Doktorand*innen. Die universitären Partner erhalten ihrerseits Zugang zu den einzigartigen Forschungsanlagen des HZDR und leisten einen wichtigen Beitrag, den hohen Standard für die komplexen Großgeräte zu sichern. Ein bedeutsames Rekrutierungsinstrument ist mit gemeinsamen Berufungen gegeben, weshalb ihre Forcierung Teil der Rekrutierungsstrategie ist (siehe Kapitel 3.5. Handlungsfeld: Exzellente Rekrutierungen).

Ein Beispiel für die enge wissenschaftliche Verzahnung mit der **Technischen Universität Dresden** und weiteren Einrichtungen innerhalb von DRESDEN-concept ist die Beteiligung des HZDR an den im Herbst 2018 bestätigten **Exzellenzclustern** Physics of Life (POL) sowie Komplexität und Topologie in Quantenmaterialien (ct.qmat). Die Institute wirken zudem aktiv mit am Center for Advancing Electronics Dresden (cfaed) und an der Internationalen Graduiertenschule für Biomedizin und Bioengineering Dresden (DIGS-BB).



Gleich zwei Doktoranden des HZDR-Instituts für Fluidodynamik erhielten 2018 Doktorandenpreise der TU Dresden: Über den Boysen-Preis mit 5.000 Euro Preisgeld freute sich Dr. Hans-Ulrich Härting (links). Dr. Johannes Zalucky wurde der Linde-Award verliehen.

Mit dem Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden als leistungsstarkem **Translationspartner im Bereich Krebsforschung** ist das HZDR als gemeinsame Trägerinstitution von OncoRay und dem Nationalen Centrum für Tumorerkrankungen (NCT) Dresden engstens vernetzt. Beispielsweise bündeln Universitätsmedizin und HZDR ihre Aktivitäten rund um die Protonentherapie in der Universitäts Protonen Therapie Dresden (UPTD). Die räumliche Nähe der verschiedenen wissenschaftlichen und medizinischen Partneereinrichtungen ermöglicht eine direkte Translation der Forschungsergebnisse (from Bench to Bedside). Auch zukünftig setzt das Zentrum auf eine erfolgreiche Vernetzung mit bestehenden und neuen Partnerinstitutionen, weshalb wir uns auch an der Planung neuer NCT-Standorte in Deutschland beteiligen.

In Dresden verbindet das HZDR nicht zuletzt mit der HTW Dresden eine langjährige und fruchtbare Zusammenarbeit. Eine mögliche Kooperation mit der Brandenburgisch Technischen Universität Cottbus-Senftenberg soll evaluiert werden. Was **Sachsen** anbelangt, so sind die TU Bergakademie Freiberg in Bezug auf die Ressourcentechnologie, die TU Chemnitz

Europäische Zusammenarbeit

Wir begreifen unser heutiges Europa als eine unschätzbare Errungenschaft und sind dem europäischen Gedanken in vollem Umfang verpflichtet. In der Zusammenarbeit mit Partnern aus ganz Europa bündeln wir komplementäre Expertisen und profitieren von der Vielfalt an Ideen, die sich dem breiten Portfolio an Bildungs- und Wissenschaftssystemen, Kulturen und Traditionen verdanken. Gegenseitige Achtung und Wertschätzung, verbunden mit Neugierde, nicht allein auf wissenschaftlicher, sondern ebenso auf kultureller und gesellschaftspolitischer Ebene, sind für uns selbstverständlich und erachten wir als Garant für nachhaltigen Frieden und die vollständige Realisierung des europäischen Forschungs- und Wirtschaftsraums. Das HZDR betrachtet daher die Federführung und Teilnahme in europäischen Verbänden als wichtiges Strategieelement.

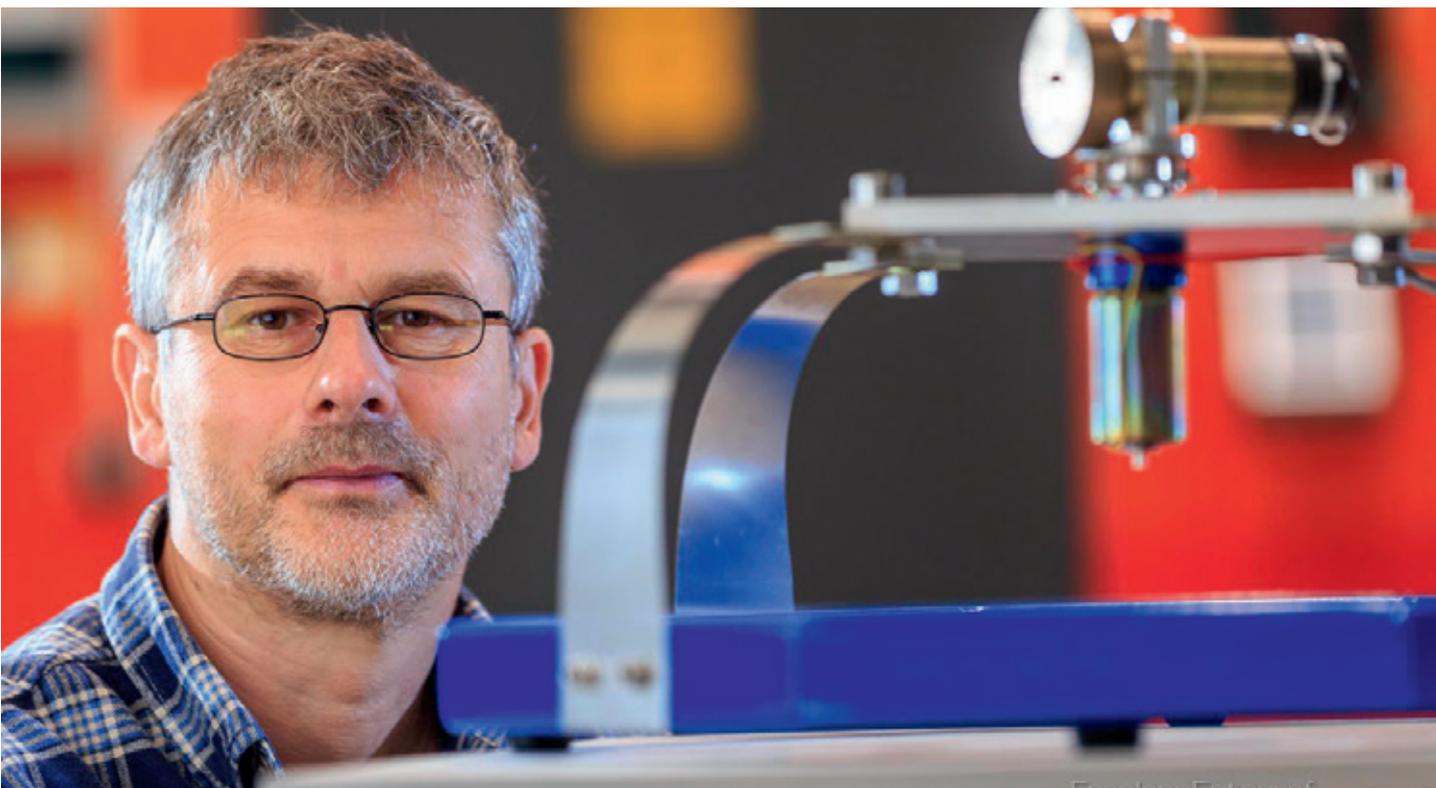
In Anbetracht der geographischen Lage des HZDR im **Dreiländereck** Polen – Sachsen – Tschechien liegen Kooperationen mit Universitäten und Forschungseinrichtungen im grenznahen Bereich auf der Hand. Mit CASUS in Görlitz bietet sich dem HZDR eine hervorragende Ausgangslage für die Vernetzung von interdisziplinärer Systemforschung in dieser Region. Die in diesem Zusammenhang mit der Universität Wrocław

mit ihrer hervorragenden Materialforschung und die Universität Leipzig für die Gebiete Radiochemie, -pharmazie und Medizin zu nennen. Hier sind gemeinsame Berufungen vorhanden beziehungsweise werden angestrebt. Mit der Hochschule Zittau/Görlitz, mit der ein Rahmenvertrag existiert, wird das HZDR auch zukünftig in der Energie- und Strahlentechnik kooperieren. Gemeinsam mit der Hochschule Zittau/Görlitz, der TU Dresden und dem VKTA – Strahlenschutz, Analytik & Entsorgung Rossendorf e.V. ist das HZDR Mitglied im Kompetenzverbund Kerntechnik Ost, dessen Ziel es ist, die kern- und strahlentechnische sowie die radiochemische Aus- und Fortbildung zu erhalten und auszubauen.

Für gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsprojekte mit regionalen, nationalen und internationalen Partnern kommen vor allem nationale oder europäische Programme infrage. Eine wachsende Bedeutung nimmt die Drittmittelförderung durch die **Helmholtz-Gemeinschaft** ein. So ermöglicht der Impuls- und Vernetzungsfonds, kurzfristige, strategisch bedeutsame Themen aufzugreifen und diese in nationalen oder internationalen Teams partnerschaftlich zu bearbeiten.

bestehende Zusammenarbeit wurde 2021 in einer gemeinsamen Erklärung (MoU) definiert und soll künftig über den Themenbereich von CASUS hinaus ausgedehnt werden. Dies wird in gemeinsamen Programmen für Doktorand*innen, in Seminaren und Workshops, mittelfristig aber auch in Form gemeinsamer Berufungen realisiert werden. Weiterhin soll die Zusammenarbeit mit der Adam-Mickiewicz-Universität Posen und der Karls-Universität in Prag ausgebaut werden. Dazu wurden 2021 mit beiden Partnern intensive Diskussionen über ein jeweiliges Memorandum of Understanding initiiert, in Erweiterung zu den bestehenden gemeinsamen Projekten. Auch hier sind neben wissenschaftlichen Kooperationen gemeinsame Programme für Doktorand*innen und perspektivisch gemeinsame Berufungen geplant.

Weitere wichtige Kooperationspartner im Raum Prag sind das Heyrovský-Institut, mit dem wir unter anderem im Zusammenhang mit unseren Zukunftsprojekt DALI kooperieren (siehe Kapitel 4.2. Hochmoderne Infrastruktur – Unsere Zukunftsprojekte), und die ELI Beamlines in Dolní Brežany, einer der Standorte der **Extreme Light Infrastructure (ELI)**. ELI ist die weltgrößte und modernste Hochleistungslaseranlage und versteht sich als globaler Vorreiter für Hochleistungs-



Dr. Frank Stefani vom Institut für Fluidodynamik wurde 2018 mit einem ERC Advanced Grant ausgezeichnet.

Hochintensitäts- und Kurzpuls-Lasersysteme. ELI wird als europäische Einrichtung gemeinsam von Tschechien, Ungarn, Italien und Litauen betrieben, Bulgarien und Deutschland nehmen einen Beobachterstatus ein. Dabei wird Deutschland durch das BMBF als Regierungsvertreter und das HZDR als Vertreter aus der Wissenschaft repräsentiert. Dies ist mit der Berufung des*r Wissenschaftlichen Direktors*in als Mitglied der General Assembly und eines*r weiteren Stabsmitarbeiters*in in den Verwaltungs- und Finanzausschuss verbunden. Das HZDR erhält auf diese Weise die einmalige Möglichkeit, die Entwicklung von ELI – angefangen von Forschungsschwerpunkten über Weiterentwicklungen, Zugangsmanagement und Industriekooperationen – mitzusteuern und mitzugestalten. Generell übernimmt das HZDR in großen europäischen Projekten häufig die **Koordinator-Rolle** und gestaltet aktiv die strategische Ausrichtung mit.

Auch im Rahmen der europäischen Zusammenarbeit beteiligt sich das HZDR naturgemäß aktiv an den Förderprogrammen der Helmholtz-Gemeinschaft. Mit dem Programm **Helmholtz European Partnering** unterstützt die Gemeinschaft Partnerschaften mit Institutionen in ausgewählten europäischen Ländern in Ost-, Mittel- und Südeuropa. Das HZDR hat hier erfolgreich Mittel für das Förderprojekt **Crossing Borders and Scales – an Interdisciplinary Approach (CROSSING)**

eingeworben. In dem Projekt, über das wir eine langfristige strategische Partnerschaft mit dem Jožef Stefan Institut (JSI) in Slowenien aufbauen wollen, sollen skalenübergreifende Prozesse auf interdisziplinären Feldern untersucht werden, z.B. bei der Einbindung von Ionentechniken in der korrelativen analytischen Mikroskopie. Neben der konkreten Forschungszusammenarbeit steht das jeweilige Helmholtz-Zentrum der Partnerinstitution bei der Entwicklung von strategisch wichtigen Vorhaben, Managementstrukturen und Infrastrukturen unterstützend zur Seite.

Kollaborative Forschungsprojekte, gefördert aus den **europäischen Rahmenprogrammen**, haben ebenfalls eine hohe strategische Bedeutung für das HZDR, sind doch die vorhandenen Kompetenzen in Verbundprojekten äußerst gefragt. Die führende Rolle in **Resourcentechnologie und Kreislaufwirtschaft** bringt das HZDR beispielsweise in zahlreiche Projekte aus dem Umweltbereich ein. Die Nähe der entsprechenden Forschungsaktivitäten zur Anwendung in der Wirtschaft setzt einen weiteren Schwerpunkt der EU-Aktivitäten in Forschungsprojekten mit hohem Technology Readiness Level (TRL). Sehr erfolgreich werden dabei Projekte im Rahmen der weltweit größten Innovationscommunity im Rohstoffsektor eingeworben, dessen Aufbau das HZDR als Koordinator leitete: Knowledge and Innovation Community (KIC) EIT Raw Materials.

Unsere Expertise im Bereich der Lanthaniden- und Actinidenchemie qualifiziert uns als regelmäßigen Partner in Projekten, die aus dem EURATOM-Programm gefördert werden. Um uns auch auf dem Gebiet der Endlagerforschung längerfristig auf europäischer Ebene zu positionieren, engagiert sich das HZDR in dem European Joint Programme EURAD, dessen Mission in der Ausarbeitung und Umsetzung einer Europäischen Roadmap – verbunden mit einer strategischen Forschungsagenda für die Endlagerforschung in Europa – besteht. Darüber hinaus sind wir in diversen weiteren Förderlinien des großen Portfolios der europäischen Rahmenprogramme vertreten.

Im Zusammenhang mit der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses setzen wir ebenfalls in besonderem Maße auf europäische Programme. Herausragende Bedeutung kommt dabei dem European Research Council (ERC) zu, der als höchste europäische Auszeichnung nicht nur den erfolgreichen Antragsteller ehrt, sondern auch auf das Zentrum als Ganzes ausstrahlt. Um vielversprechende Kandidat*innen zur Antragstellung zu motivieren, optimal zu unterstützen und zu begleiten, hat das HZDR 2021 ein eigenes **ERC-Förderprogramm** aufgesetzt.

In Übereinstimmung mit der Mission der Helmholtz-Gemeinschaft, große Forschungsinfrastrukturen zu betreiben und externen Wissenschaftler*innen zur Verfügung zu stellen, ist der transnationale, kostenfreie Zugang zu unseren und anderen Großgeräten ein wichtiger Strategieaspekt (siehe auch Kapitel 3.2. Handlungsfeld Hochmoderne Infrastruktur). So hat das HZDR seit dem 5. Forschungsrahmenprogramm der EU wiederholt im Rahmen sogenannter **Transnational-Access-Projekte** Zugang zum Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD), zu FELBE und TELBE am Zentrum für Hochleistungs-Strah-

lenquellen ELBE, zu den Hochintensitätslasern DRACO und PENELOPE, der Neutronen-Beamline, dem Ionenstrahlzentrum (IBC) und neuerdings auch dem Felsenkeller angeboten.

Wir beteiligen uns zudem an europäischen Netzwerken führender Forschungsinfrastrukturen. Ein erfolgreiches Beispiel ist der Zusammenschluss des Hochfeld-Magnetlabors mit den Magnetfeld-Laboren in Nijmegen, Grenoble und Toulouse zum **European Magnetic Field Laboratory (EMFL)**. Die langjährige Zusammenarbeit gipfelte in der Aufnahme in die ESFRI Roadmap und stellt heute eine ESFRI Landmark dar.

Besondere Sichtbarkeit erlangte auch die **LEAPS Initiative** (League of European Accelerator-based Photon Sources), die die führenden Synchrotronanlagen und Freie-Elektronen-Laser in Europa verbindet und seitens der europäischen Kommission als erster Ansprechpartner für beschleunigerbasierte Lichtquellen wahrgenommen wird. Aus LEAPS entwickelte sich **ARIE** (Analytical Research Infrastructures of Europe), das noch übergreifender Forschungsinfrastruktur-Netzwerke zusammenbringt und in das das HZDR neben FELBE und TELBE auch das IBC, HLD und DRACO im Rahmen der entsprechenden Communities einbringt. Wir setzen gezielt auf diese Netzwerke, um die europäische Forschungspolitik und Förderlandschaft in für uns optimalem Sinne mitzugestalten, unsere Sichtbarkeit nachhaltig zu erhalten sowie weiter zu stärken und das Potenzial, das aus der Zusammenarbeit mit konkurrierenden Anlagen erwächst, voll auszuschöpfen. Denn komplementäre Expertise und Vermeidung von Doppelarbeit beschleunigen die Weiterentwicklung und legen die Basis für die Aufrechterhaltung der weltweiten Konkurrenzfähigkeit unserer Forschungsinfrastrukturen.

Internationale Kooperationen

Die großen Herausforderungen, denen sich das HZDR gemäß seiner Mission stellt, sind globale Herausforderungen. Lösungsansätze müssen demzufolge auch globaler Natur sein, um Wirkung zu entfalten. Die Erfahrung lehrt uns, dass dies letztendlich am effizientesten erreicht werden kann, wenn auch die Forschungsteams global zusammenarbeiten. Daher gehen internationale Kooperationen für uns über Europa hinaus. Zudem sind sie von entscheidender Bedeutung, um die in unserer Mission formulierten Ziele zu erreichen.

Das HZDR agiert in einem globalen Partnerschaftsnetzwerk: Im Rahmen des Global High Magnetic Field Forum kooperieren wir mit Hochfeld-Magnetlaboren in den USA, China und Japan. Eine enge Zusammenarbeit, formalisiert durch ein MoU, besteht mit dem Kansai Photon Science Institute in Japan auf den Gebieten der Hochleistungslaser-Technologie und der Laser-Plasma-Physik und deren Anwendungen. Kooperationspartner des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie sind in Südafrika angesiedelt und das Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung unterhält im Umfeld der Beschleuniger-Massenspek-

trometrie (AMS) eine langjährige Zusammenarbeit mit der University of Canberra in Australien. Dieses Netzwerk soll gezielt gestärkt und ausgewählte Kooperationen intensiviert werden.

Zur Förderung der Vernetzung mit internationalen Partnern hat die Helmholtz-Gemeinschaft ein vielfältiges Instrumentenportfolio entwickelt, von dem wir als Zentrum enorm profitieren und das wir aktiv nutzen. Ein wichtiges strategisches Instrument sind die **Helmholtz International Labs**. Mit diesen werden bestehende oder neue Kooperationen mit renommierten Partnern im Ausland über bis zu fünf Jahre gefördert und gemeinsam an einem ausländischen Standort aufgebaut. Das HZDR war mit der Einwerbung von bisher zwei solcher Labore äußerst erfolgreich: Das Helmholtz International Lab **WHELMI** (Weizmann-Helmholtz Lab for Laser Matter Interaction) wurde 2017 gegründet und schlägt eine Brücke zwischen der Expertise des Weizmann Institute of Science (Rehovot, Israel) auf dem Gebiet der Elektronen-Beschleunigung und der Kompetenz des HZDR bei der Protonen- und Ionen-Beschleunigung.

Mit **MHELTERA** (Monash-Helmholtz Laboratory for Radio-Immuno-Theranostics) wurde 2020 ein weiteres International Lab eingeworben. Gemeinsames Ziel von HZDR und Monash-University (Melbourne, Australien) ist, die Behandlung von Patient*innen mit Krebs sowie Herz- und Infektionskrankheiten durch die Entwicklung der nächsten Generation von Radioimmuno-Theranostika zu verbessern. Dabei wird die Monash University ihr ausgezeichnetes Fachwissen bei der Entwicklung multimodaler Bildgebungstechniken für die Behandlung von Herzkrankheiten einbringen, während sich die HZDR-Forscher*innen auf den Einsatz molekularer Bildgebungstechniken für die Behandlung von Krebs konzentrieren. Der Austausch von Wissenschaftler*innen innerhalb von Mobilitätsprogrammen sowie die Nachwuchsförderung sind wichtige Eckpfeiler der Kooperationen. Der enge wissenschaftliche Austausch und der Betrieb eines gemeinsamen Labors fördern die langfristige Vernetzung und Zusammenarbeit zwischen den jeweiligen Ländern. Das HZDR ist bestrebt, weitere International Labs mit strategischen Partnern – insbesondere im Bereich ENERGIE – zu gründen und so die Zusammenarbeit mit exzellenten Forschungseinrichtungen weltweit auszubauen.

Mit dem deutsch-russischen Förderprogramm **Helmholtz-RSF Joint Research Groups** unterstützen die Helmholtz-Gemeinschaft und die Russian Science Foundation (RSF) gemeinsame Forschungsinteressen zwischen den Helmholtz-Zentren und den zen-

tralen wissenschaftlichen Institutionen Russlands. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses in beiden Ländern. Das HZDR ist mit Forschungsprojekten am Institut für Fluidodynamik und am Hochfeld-Magnetlabor Dresden beteiligt – die russischen Partner kommen aus Perm und Moskau sowie Chelyabinsk.

Die Helmholtz-SESAME Beamline in the Soft X-ray Regime (HESEB) ist ein gemeinsames Projekt der Helmholtz-Zentren DESY (Koordinator), FZJ, HZB, KIT sowie dem HZDR zum Aufbau einer Beamline für weiche Röntgenstrahlung am SESAME-Synchrotron in Jordanien. Das Projekt hat eine Dauer von vier Jahren und startete im Frühsommer 2019. Das HZDR ist verantwortlich für den Aufbau einer künftigen, starken und qualifizierten User Community, um die internationale wissenschaftliche Attraktivität und Qualität der Beamline zu garantieren und ihre langfristige wissenschaftliche Nutzung und Exzellenz durch eine dauerhafte Zusammenarbeit innerhalb der SESAME-Mitglieder – Zypern, Ägypten, Iran, Israel, Jordanien, Pakistan, Palästina und Türkei – zu sichern.

Zu den vom HZDR organisierten Maßnahmen gehören Workshops, Online-Vorlesungen, ein Twinning-Programm und die Organisation von Forschungsaufenthalten. Durch das Engagement für das Weiterbildungsprogramm für Nutzer*innen aus den SESAME-Mitgliedsländern leistet das HZDR einen wertvollen Beitrag zur **Science Diplomacy** und zur Verbesserung der Stabilität in dieser Region.

Wir sind der Auffassung, dass dieses Projekt einen vergleichbaren Einfluss ausüben kann wie die Zusammenarbeit russischer, amerikanischer und europäischer Wissenschaftler*innen am CERN während der Zeit des Kalten Krieges. Diese war ein herausragendes Beispiel dafür, wie Wissenschaft politische, ideologische und kulturelle Grenzen überwinden kann. Die Teilhabe an unserem Know-how und Wissen mit dem Ziel, einen Kullinationspunkt für dauerhaften Frieden zu schaffen, zu einer nachhaltigen und stabilen Wirtschaft beizutragen, dem großen Problem des Brain Drain entgegenzuwirken und Wissenschaftler*innen die Möglichkeit zu geben, sich vor Ort zu entfalten und letztlich zu neuen Kooperationspartnern für Spitzenforschung zu werden, ist für das HZDR eine Selbstverständlichkeit.

In diesem Sinne sind wir bestrebt, in **afrikanischen Schwellen- und Entwicklungsländern** neue Kooperationspartner zu identifizieren und dort einen vergleichbaren lokalen Science Hub zu etablieren. Zudem wird sich das HZDR an der nächsten Phase der **Georgian Ger-**

man Science Bridge beteiligen, einer Initiative des Forschungszentrums Jülich und der Tbilisi State University, an der bereits verschiedene deutsche und georgische Institutionen beteiligt sind und die auf der Zusammenarbeit bei der Ausbildung von Doktorand*innen basiert.

Das klare Bekenntnis des HZDR zu umfassendem Engagement auf europäischer und globaler Ebene wird durch eine Stabsabteilung abgebildet, in der breite Expertise in europäischer und internationaler Forschungsförderung und -politik, in der Koordination der Programmorientierten Förderung am HZDR sowie der internationalen Kooperationen vorhanden ist. Das

zentrale User Office für die Nutzergeräte des HZDR gehört ebenfalls zu ihrem Aufgabenbereich. Das breite Portfolio an häufig ineinandergreifenden Themen ist Grundlage dafür, strategisch aktiv zu werden, um die Rahmenbedingungen mitzugestalten, welche die Realisierung unserer Vision in Bezug auf internationale Kooperationen ermöglichen. Gleichzeitig versetzt es die Abteilung in die Lage, die Wissenschaftler*innen optimal bei der Initiierung, Einwerbung von Finanzierung und Umsetzung von Kooperationen zu beraten, zu unterstützen und zu begleiten (siehe auch Kapitel 9. Stabsabteilungen).

Kooperationen mit der Wirtschaft

Als ein Großforschungszentrum mit dem Forschungsfokus auf anwendungsorientierter Grundlagenforschung ist naturgemäß eine relativ große Lücke bis zur industriellen Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse zu schließen. Dies ist nur mit einer durchdachten Transferstrategie erreichbar (siehe Kapitel 4.3. Transfer und Innovation). Ein Schlüsselement ist hier die Kooperation mit der Wirtschaft. Dabei sind gemeinsame Drittmittelanträge sowie direkte Auftragsforschung durch die Industrie wesentliche Optionen, auf die wir auch künftig zurückgreifen werden.

Mit dem Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) existiert eine enge Verzahnung mit der ausgewiesenen Kompetenz der TU Bergakademie Freiberg in den Montanwissenschaften. Die Partner initiierten gemeinsam das **Bündnis recomine** unter Koordination des HZDR. Dieses arbeitet an der Schnittstelle von Umwelttechnologie, Ressourcentechnologie und Digitalisierung am Thema Bergbau-Altlasten. Es entwickelt eine innovative Technologieplattform, die es sich zum Ziel setzt, die Beseitigung von Umweltbelastungen mit der Erschließung fein verteilter Rohstoffquellen zu kombinieren. Die Umsetzung wird durch ein breites Bündnis aus Forschung, Industrie, Gewerbe und Gesellschaft in der Region Erzgebirge erfolgen und ist ein prominentes Beispiel für die übergreifende Zusammenarbeit von Forschung und Industrie. Das HZDR ist außerdem Teil des **European Institute of Innovation and Technology (EIT) RawMaterials**, welches das weltweit größte und bedeutendste Konsortium im Bereich Rohstoffe darstellt.

Von besonderer strategischer Bedeutung sind nachhaltige Allianzen mit großen oder mittelgroßen Unternehmen aus dem In- und Ausland. Solche strategischen Partnerschaften erfordern einen gut definierten, gemeinsamen Science Case, Wissenschaftler*innen auf beiden Seiten, die durch diese Kooperation langfristig einen Mehrwert erzielen – im Sinne von Arbeitsteilung, Ideenaustausch und Kompetenzerweiterung – und ein langfristiges Commitment auf Leitungsebene. Das Zentrum strebt gemeinsame Aktivitäten und **strategische Partnerschaften mit globalen Playern** wie Infineon, Globalfoundries oder Bosch im Bereich Future IT an, aber auch den Ausbau von **Partnerschaften mit kleineren KMUs**. Eine besondere Rolle nimmt dabei die ROTOP Pharmaka GmbH ein: Produktions- und Bürogebäude auf dem Campus des HZDR bieten hervorragende Bedingungen für eine enge Verzahnung in der radiopharmazeutischen Forschung. 2020 konnte mit der Vermarktung von (Iod-123) Ioflupan ein Transfererfolg gefeiert werden. Die fruchtbare Zusammenarbeit soll auch zukünftig intensiv fortgesetzt werden. Vergleichbare Partnerschaften werden in den Bereichen ENERGIE und MATERIE angestrebt. Erste Anbahnungsgespräche für neue strategische Partnerschaften wurden 2021 initiiert und von den industriellen Partnern mit Interesse aufgenommen.

4.5. Exzellente Rekrutierungen

Für exzellente Forschungsleistungen bedarf es sowohl herausragender Wissenschaftler*innen als auch ausgewiesener Expert*innen in den unterstützenden Bereichen wie beispielsweise in der Administration oder den Infrastruktur- und Stabsabteilungen. Die Zukunftsfähigkeit des HZDR hängt in großem Maße davon ab, dass es gelingt, vielversprechende Talente zu gewinnen. Die strategischen Überlegungen und Maßnahmen zum Handlungsfeld Exzellente Rekrutierungen begreifen wir als Teil unserer Talentmanagement-Strategie (siehe Kapitel 4.6.). Um einen wesentlichen Aspekt vorweg zu nennen: Vor allem im wissenschaftlichen Bereich sollen die Rekrutierungsanstrengungen gebündelt und stärker zielgerichtete Maßnahmen ergriffen werden.

Zu diesem Zweck wurde 2021 eine **Rekrutierungsinitiative** gestartet. Diese konzentriert sich vorrangig auf herausragende Wissenschaftler*innen, die nach dem Abschluss ihrer Promotion bereits über erste Führungserfahrungen verfügen. Diesen **Rising Stars** kann das HZDR attraktive Bedingungen bieten, etwa durch die Nutzung seiner einzigartigen Forschungsinfrastrukturen oder durch gemeinsame Berufungen insbesondere mit Partneruniversitäten in Sachsen und im Dreiländereck Deutschland – Polen – Tschechien. Solche Berufungen stärken bestehende Partnerschaften oder initiieren neue und fördern so insgesamt die Vernetzung mit den besonders wichtigen, universitären Partnern (siehe Kapitel 4.4. Vernetzung und Kooperation). Seit der Einrichtung einer **Stabsstelle für Berufungen** werden die Prozesse bei gemeinsamen Berufungen professionalisiert. Damit will sich das Zentrum nach außen als verlässlicher Partner für Hochschulen profilieren. Selbstverständlich sind zudem eine optimale Begleitung der internationalen Top-Kandidat*innen während und nach dem Rekrutierungsprozess sowie die notwendige Sprachkompetenz der in die Abläufe eingebundenen Mitarbeiter*innen am Zentrum. Folgende Berufungen sind in den kommenden Jahren geplant:

TU Dresden:

- Computational Systems Science – CASUS Direktor*in
- Nachfolge ausscheidender Institutsleiter in den nächsten Jahren
- High-Field Terahertz Science/Hochfeld-THz-Physik
- Berufung im Bereich Datenanalyse
- Akademische Anbindung Felsenkeller
- Ggf. Berufung im Bereich der Radioökologie

Universität Leipzig:

- Experimentelle Onkologische Radiopharmazie an der HZDR-Forschungsstelle Leipzig
- Berufung im Bereich Radiochemie und Radioökologie an der HZDR-Forschungsstelle Leipzig

TU Bergakademie Freiberg:

- Prozessmetallurgie

Weitere Universitäten:

- Universität Wrocław, z. B. im Zusammenhang mit CASUS
- ggf. BTU Cottbus-Senftenberg, z. B. im Bereich Koordinationschemie mit Schwerpunkt Radionuklide
- ggf. Universitäten in Brno und Prag
- ggf. Universität Rostock, z. B. Abteilungsleitung Strahlungsquelle ELBE

Über diese Berufungen hinaus will das HZDR weitere Kooperationen anbahnen. Erste erfolgreiche Schritte dahingehend sind bereits erfolgt: Auf Basis der im Jahr 2021 avisierten Absichtserklärungen (MoU) mit der Karlsuniversität Prag und den beiden Universitäten in Wrocław (Breslau) soll geeigneten Wissenschaftler*innen in ihren frühen Karrierephasen eine Berufung an unseren Partneruniversitäten im Dreiländereck in Aussicht gestellt werden.

Die Rekrutierung und Förderung von Talenten ist eine Aufgabe, an der am HZDR unterschiedliche Organisationseinheiten beteiligt sind. Da es für die erfolgreiche Rekrutierung der besten Köpfe faire, transparente und effiziente Verfahren braucht, unterstützt und berät die Personalabteilung – in enger Abstimmung mit der Stabsstelle für Berufungen – die beteiligten Abteilungen am HZDR (siehe Kapitel 8. Kaufmännischer Geschäftsbereich). Darüber hinaus erfahren Wissenschaftler*innen im Haus durch die Stabsstelle Programmplanung und Internationale Projekte aktive Unterstützung bei der Teilnahme an Exzellenz-Programmen der Helmholtz-Gemeinschaft, der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der Humboldt-Stiftung und der EU. Hervorzuheben ist das 2021 installierte, interne ERC Support Program, mit dem die Erfolge bei der Einwerbung der für das Zentrum strategisch bedeutsamen ERC Grants erhöht und die Anziehungskraft für erstklassige Nachwuchswissenschaftler*innen aus dem In- und Ausland gesteigert werden sollen.

4.6. Talentmanagement

Um wissenschaftlich zu den besten Einrichtungen weltweit zu gehören und um einzigartige Großforschungsanlagen zu konzipieren, weiterzuentwickeln und zu betreiben, ist das HZDR auf exzellente Wissenschaftler*innen und hochqualifizierte Beschäftigte in allen Bereichen angewiesen. Deshalb fordern und fördern wir alle Mitarbeiter*innen über den gesamten Beschäftigungszyklus. Diese vollumfängliche Betreuung wird als Talentmanagement bezeichnet, das am HZDR die folgenden Aufgabenbereiche umfasst:

- Rekrutierung und On-Boarding, also „An-Bord-Nehmen“ neuer Mitarbeiter*innen
- Personalentwicklung, Qualifikations- und Kompetenzmanagement
- Laufbahn- und Nachfolgeplanung sowie Talent Relationship Management

Das Talent Relationship Management (oder auch Beziehungsmanagement) trägt dazu bei, Beziehungen zu Mitarbeiter*innen und vielversprechenden Kandidat*innen zu entwickeln, aufrechtzuerhalten und zu pflegen. Im Kapitel 6. HZDR – A Place to Be sind zahlreiche Maßnahmen zur Etablierung eines Arbeitsumfeldes beschrieben, in dem sich jede*r Mitarbeiter*in wohlfühlen kann.

Für die (Weiter-)Entwicklung, Umsetzung und Evaluation von Maßnahmen des Talentmanagements ist die Personalabteilung zuständig. Unterstützung erfährt sie durch die von ihr geleitete Task-Force Talentmanagement. Um die Bedarfe aller Mitarbeiter*innengruppen zu berücksichtigen, setzen sich die Mitglieder der Task-Force aus allen Forschungsbereichen und nahezu allen Berufsgruppen am HZDR zusammen.

Rekrutierung und On-Boarding

Eines unserer Ziele ist es, qualifizierten Kandidat*innen eine berufliche Heimat zu bieten. Dabei stehen wir als Arbeitgeber in Konkurrenz zu vielen exzellenten Forschungseinrichtungen weltweit. Daher sind erhebliche Anstrengungen notwendig, um auch in Zukunft die besten Köpfe gewinnen und am HZDR halten zu können. Alleinstellungsmerkmale, die uns von der Konkurrenz abheben, müssen genauestens identifiziert und transparent kommuniziert werden. So soll eine zu entwickelnde **Arbeitgeber-Markenstrategie** – Employer Branding – Auskunft darüber geben, für welche Werte wir stehen. Einfließen müssen hier die Anforderungen aller Mitarbeiter*innengruppen ebenso wie die Ansprüche, die sich aus den unterschiedlichen Lebenszyklen der Beschäftigten ergeben. Die Formulierung und Kommunikation einer Arbeitgeber-Markenstrategie soll in enger Zusammenarbeit mit der Kommunikationsabteilung des HZDR erfolgen.



Nachwuchstalente bei der Karriereplanung zu beraten, ist Teil des Talentmanagements.
 Dr. Franziska Lederer, Leiterin der
 Nachwuchsgruppe „BioKollekt“.
 Seite 75: Doktoranden an der TOPFLOW-Anlage.

Die Arbeitgebermarke HZDR steht für wesentliche Aspekte, die uns in der Schaffung **attraktiver Arbeitsbedingungen** erfolgreich machen. Beispielfhaft zu nennen sind:

- sehr gute Mitarbeiterförderung
- beispielhaftes Vorgesetztenverhalten
- umfangreiche Maßnahmen zur Vereinbarkeit von Beruf und Familie

Bausteine der Arbeitgebermarke HZDR sind:

- Exzellenz: hohe wissenschaftliche Exzellenz und Vernetzung als Grundvoraussetzung
- Diversität: Internationalität und Vielfalt als Teil des Selbstverständnisses des HZDR und aller Mitarbeiter*innen
- Attraktivität: Schaffung attraktiver Arbeits- und Forschungsbedingungen in allen Bereichen
- Engagement: Besonderes Augenmerk auf Personalentwicklung, Nachwuchsförderung und Weiterbildungsmöglichkeiten

- Familienfreundlichkeit: Chancengleichheit und Familienfreundlichkeit als fester Bestandteil der Personalpolitik
- Ausgezeichnete Ausbildung: Das HZDR erbringt seit mehr als 20 Jahren herausragende Leistungen in der beruflichen Erstausbildung; diesen Stand gilt es zu halten

Das HZDR wird eine fachlich kompetente und innovative **Einheit zur Rekrutierung und Gewinnung** von geeigneten Fach- und Führungskräften aus dem In- und Ausland implementieren. Die Institute und Organisationseinheiten verfügen jeweils über eigene Wissenschaftsnetzwerke und sollen gezielter bei ihren Rekrutierungsstrategien unterstützt werden. Die zielgruppengerechte Ansprache potenzieller Kandidat*innen in sozialen Netzwerken – etwa über sogenannte Message-Boards oder passende Social-Media-Kanäle – erfolgt zukünftig mithilfe des Teams Rekrutierung aus der Abteilung Personal gemeinsam



mit Vertreter*innen aus dem Stab und der einstellenden Organisationseinheit.

Das Ausschreibungsverfahren enthält die notwendigen Elemente für ein rechtssicheres Einstellungsverfahren. Hierbei werden Wert auf schlanke und digitale Prozesse gelegt, um den Gewinnungsprozess zu beschleunigen und somit einen wertschätzenden Umgang mit unseren Bewerber*innen zu gewährleisten.

Der Prozess der Mitarbeitergewinnung wird als strukturiertes **On-Boarding-Verfahren** aufgesetzt. Neben der Einführung von Willkommenstagen sowie Buddy- und Mentoring-Programmen werden auch digitale Lösungen implementiert, um beispielsweise wichtige administrative Prozesse kennenzulernen. Zu diesem Zweck kommen ein Online-Portal oder ein Chatroom für neue Mitarbeiter*innen, ein Online-Leitfaden durch die Verwaltungsprozesse am HZDR oder eine Kennenlerntour auf dem Campus infrage (siehe Kapitel 6. HZDR – A Place to Be). Durch Einarbeitungs- und Feedbackgespräche wird die dauerhafte Bindung der Beschäftigten an das HZDR im Sinne des Talent Relationship Managements gefördert. Neue Beschäftigte fühlen sich willkommen und erhalten alle notwendigen Informationen aus erster Hand. Ein maßgeblicher Aspekt ist hierbei die **Unternehmenskultur** am Zentrum, die vor allem durch ein starkes Wir-Gefühl geprägt sein wird.

Austretende Beschäftigte sowie abgelehnte oder vom Einstellungsprozess zurückgetretene Bewerber*innen werden im Rahmen von Befragungen strukturiert und gezielt zu ihren Beweggründen oder Erfahrungen mit Kolleg*innen und Führungskräften des HZDR befragt. Die so gewonnenen Erkenntnisse fließen in den On-Boarding-Prozess und die **Führungskräfteentwicklung** ein. Sie tragen im Rahmen einer konstruktiven Feedbackkultur zur Verbesserung aller Prozesse in der Personalarbeit bei. Insbesondere mit ehemali-

gen Mitarbeiter*innen, den ALUMNI, wird durch diese Maßnahmen eine dauerhafte Beziehung aufgebaut, sodass sie als Multiplikatoren langfristig für das HZDR wirksam werden.

Maßnahmen:

- **Rekrutierung:** Erarbeitung von Segmentierungsstrategien zur Gewinnung hochqualifizierter internationaler Talente. Beispiele für die zielgruppengerechte Ansprache:
 - strategische Partnerschaften mit Bildungseinrichtungen, beginnend in den Kindergärten und Schulen: z. B. Haus der kleinen Forscher, HZDR-Programm Kids mit Grips
 - erweitertes Konzept für Schülerpraktika in Zusammenarbeit mit dem HZDR-Schülerlabor DeltaX
 - verstärkte Zusammenarbeit mit Hochschulen und Universitäten
 - Summer Schools für ausländische Student*innen
- **On-Boarding:** Etablierung einer Willkommenskultur durch einen strukturierten Prozess und Entwicklung von Mentoring-Programmen für Fach- und Führungskräfte
- **Arbeitgebermarke:** Entwicklung einer Arbeitgebermarkenstrategie (Employer Branding)
- **Messen:** Erarbeitung eines Messekonzepts im Zusammenhang mit abgestimmten Segmentierungsstrategien im In- und Ausland
- **Mitarbeiter*innen als Multiplikatoren/Botschafter:** Beschäftigte können in selbstgesteuerten wissenschaftlichen bzw. fachlichen Netzwerken das HZDR und seine Forschungsfelder repräsentieren. Sie erhalten Unterstützung bei der Nutzung von Social-Media-Plattformen
- **Bewerbererlebnis (Candidate Experience):** Ausbau der Befragungen von abgelehnten Kandidat*innen und ausgetretenen Beschäftigten zur Nutzung der Erkenntnisse für die Weiterentwicklung der eigenen Prozesse und Maßnahmen

Personalentwicklung, Qualifikations- und Kompetenzmanagement

Die **Personalentwicklung** verfolgt das Ziel, alle Mitarbeiter*innen entlang ihres Beschäftigtenzyklus bestmöglich weiterzuqualifizieren. Deshalb sollen die Jahresgespräche mit den Mitarbeiter*innen in Zukunft verstärkt dazu genutzt werden, die Anforderungen des HZDR einerseits und die Karriere- und Weiterentwicklungswünsche der Beschäftigten andererseits zu identifizieren, abzugleichen und einen konkreten Qualifizierungsbedarf abzuleiten. Alle Beschäftigten am Zentrum haben Zugang zu persönli-

chen und fachlichen Qualifizierungsmöglichkeiten sowie zu umfangreichen Angeboten für die individuelle Karriereplanung mit Schwerpunkt auf der fachlichen Weiterentwicklung von fachspezifischen und fachübergreifenden Kompetenzen.

Hierbei wird die Personalentwicklung ideale Rahmenbedingungen für alle Beschäftigten schaffen und eine umfangreiche Palette für die **Nachwuchsförderung** anbieten. Diese wird sich von der Ausbildung



Vertreter des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie präsentieren ihre Forschungsprojekte und -ergebnisse häufig auf unterschiedlichsten Veranstaltungen und Messen, u. a. um „Rising Stars“ für ihr Forschungsgebiet zu gewinnen.

von Schüler*innen, der beruflichen Erstausbildung, dem Angebot von Praktika für Schüler*innen und Student*innen bis hin zur Qualifizierung von Promovierenden, der Förderung von Postdoktorand*innen und der Aus- und Weiterbildung von Führungskräften erstrecken. Das HZDR unterstützt Nachwuchswissenschaftler*innen in den verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung zielgerichtet und unter Wahrung der Chancengleichheit. Wir identifizieren junge Talente und fördern diese individuell, um ihnen eine frühe wissenschaftliche Selbstständigkeit zu ermöglichen. Die Personalentwicklung trägt mit allen Maßnahmen zur wissenschaftlichen Profilierung des Zentrums bei und unterstützt die Sichtbarkeit der in der Wissenschaft tätigen Mitarbeiter*innen. Hierbei können die Entwicklung einzelner Personen, Teams sowie Organisationseinheiten im Vordergrund stehen.

Die **Doktorand*innen** am HZDR werden in enger Zusammenarbeit vorrangig mit der TU Dresden im Rahmen von DRESDEN-concept sowie mit weiteren Universitäten ausgebildet. Wir stärken – neben der fachlichen Qualifikation – deren Management-Kompetenz und Persönlichkeitsentwicklung, um sie optimal auf eine wissenschaftliche Karriere vorzubereiten. Hierbei handelt das HZDR gemäß den Promotionsleitlinien der Helmholtz-Gemeinschaft und entwickelt in

Zusammenarbeit mit den Doctoral Representatives angepasste und auf das Zentrum zugeschnittene Leitlinien. Zudem soll der Nachwuchs bestmöglich von unserer Multidisziplinarität profitieren. Deshalb wollen wir ein **Vernetzungsprogramm für Doktorand*innen** etablieren, wobei die Teilnehmer*innen ihre Dissertation gemeinsam mit Betreuer*innen aus zwei verschiedenen Instituten anfertigen und so eine breitere Methodenvielfalt kennenlernen sollen.

Das Postdoc Center ist die zentrale Anlaufstelle für unsere **Postdoktorand*innen**. Es bietet maßgeschneiderte Unterstützung bei der individuellen Karriereplanung innerhalb und außerhalb der Wissenschaft, indem es bei der Entscheidungsfindung sowie der nachfolgenden Planung und Durchführung weiterer Schritte behilflich ist. Dazu werden spezifisch für die verschiedenen Phasen der Postdoc-Zeit konzipierte Programme aufgebaut, die entlang der unterschiedlichen Karrierepfade – Academia, Business und Science Management – passgenau auf die Zielgruppe abgestimmt sind. Die Unterstützung erfolgt stets unter Rücksichtnahme auf die eigenen Wünsche der Postdocs.

Durch unsere **ALUMNI-Strategie** stellen wir sicher, dass ehemalige Beschäftigte, die durch ihren weiteren beruflichen Werdegang über ein zum HZDR komple-

mentäres Technologie-, Branchen- und Marktwissen sowie ein Netzwerk von einschlägigen Kontakten in der Wirtschaft verfügen, diese dem Zentrum zur Verfügung stellen und so allen Mitarbeiter*innen nutzen. ALUMNI dienen als Multiplikatoren in Wirtschaft und Wissenschaft und helfen als vertrauenswürdige Moderatoren, Innovationspartnerschaften mit Unternehmen und Hochschulen zu initiieren. Das Ziel dabei ist es, Forschungsergebnisse beschleunigt zum Nutzen der Gesellschaft in die praktische Umsetzung zu transferieren.

Für **Absolvent*innen und Student*innen** besteht im Rahmen von Qualifizierungsarbeiten frühzeitig die Chance, sich mit dem HZDR vertraut zu machen. Damit werden sie zu einer wichtigen Säule unserer Nachwuchssicherung und können sich bei fachlicher und persönlicher Eignung weiter entlang der akademischen Laufbahn innerhalb des Zentrums qualifizieren.

Die **berufliche Erstausbildung** basiert auf einem stringenten Auswahlprozess und verfolgt das Ziel, diejenigen, die ihre Ausbildung mit Auszeichnung abschließen, langfristig an das Zentrum zu binden. So können wir den zukünftigen Fachkräftebedarf sichern und damit die Wissenschaft durch eine bedarfsorientierte Entwicklung eigener exzellenter Fachkräfte optimal unterstützen. Die Berufsausbildung selbst wird durch passende Kooperationspartner gestärkt, Weiterbildungsangebote und eine engmaschige Betreuung sind zusätzliche Erfolgsfaktoren und unterstreichen den Anspruch, einer der besten Ausbildungsbetriebe in der Region und darüber hinaus zu sein.

Zur Etablierung einer wertschätzenden Führungskultur erarbeiten wir ein neues **Führungsleitbild**, das unsere Führungskräfte in ihrer täglichen Arbeit ebenso unterstützen wird wie ein dafür benötigtes, passgenaues Maßnahmenpaket. Auch hier wird auf zielgruppenspezifische Maßnahmen und Angebote – etwa im Sinne einer Toolbox für die Nachwuchs- und Führungskräfteentwicklung – geachtet. Nachwuchsführungskräfte sollen z.B. im Rahmen eines Mentoring-Programms an ihre Aufgaben herangeführt werden und erhalten eine maßgeschneiderte Einarbeitung. Die Entwicklung von Führungsinstrumenten und regelmäßige Schulungen runden das Angebot ab.

Mitarbeiter*innen am Ende ihres Berufslebens verfügen über ganz besondere Kenntnisse und Fähigkeiten, die sie an jüngere Kolleg*innen weitergeben können

– etwa im Rahmen von **Senior-Professuren**, in der Rolle als Mentor*innen und Fachberater*innen oder allgemein im Rahmen von Weiterbeschäftigungsmodellen über das Renteneintrittsalter hinaus. Dadurch bleibt uns Know-how erhalten und wir etablieren zudem einen wertschätzenden Umgang mit Erfahrungsträger*innen.

Maßnahmen:

■ **Nachwuchsförderung:**

- Weiterführung und Optimierung des High-Potential-Programms
- außerfachliche Qualifikation und Beratung des wissenschaftlichen Nachwuchses zur Orientierung und Bildung von Kompetenzen auch außerhalb der Wissenschaft
- Förderung der Vernetzung innerhalb und außerhalb des HZDR
- Vernetzung der Zielgruppe mit potenziellen Kooperationspartnern und Arbeitgebern aus der Region
- Ausbau der Angebote für Schüler*innen und Student*innen

■ **Mentoring-Programme:** Einführung eines (Fach-) Mentorings mit dem Ziel, Nachwuchswissenschaftler*innen bei der Suche nach Mentor*innen auf fachlicher Ebene – lokal, regional, national oder international – zu unterstützen. Ziel: Profilierung der eigenen Karriere und Schaffung einer engen Kooperation bzw. Vernetzung für das HZDR bzw. die TU Dresden

■ **Führung:**

- Etablierung einer offenen und konstruktiven Führungskultur
- Schaffung eines Führungsleitbilds
- Ausbau der Führungsinstrumente am Zentrum: Coachings, Kaffeerunde für Führungskräfte etc.

■ **Berufliche Erstausbildung:** Austauschprogramme und Soft-Skill-Trainings für Auszubildende

■ **Karrierewege:** Entwicklung von Karriereplänen sowohl für wissenschaftliche wie nicht-wissenschaftliche Berufsgruppen

■ **ALUMNI:** frühzeitige Einbindung der Beschäftigten in die HZDR-Community, Festlegung strategischer Regionen und gezielte Zusammenarbeit mit ALUMNI in diesen Regionen

Talent Relationship Management – Beziehungsmanagement

Das **Talent Relationship Management** verfolgt das Ziel, mit allen Mitarbeiter*innen eine gute und konstruktive Beziehung – auch über das Ende des Beschäftigungsverhältnisses hinaus – zu etablieren. Das tägliche Miteinander ist von gegenseitigem Respekt und Kommunikation auf Augenhöhe geprägt. Konstruktive Kritikfähigkeit und eine positive Fehler- und Feedbackkultur gehören ganz selbstverständlich zur täglichen Zusammenarbeit. Die **Unternehmenskultur** sichert ein offenes, unterstützendes und wertschätzendes Arbeitsklima und gibt die Leitlinien zur Arbeitsgestaltung und -organisation vor. Dazu gehört, dass das HZDR an allen seinen Standorten zu einem Place to Be wird (siehe Kapitel 6. HZDR – A Place to Be).

Neben den Kolleg*innen und Führungskräften im eigenen Arbeitsbereich stellen die Mitarbeiter*innen der Abteilung Personal erste und dauerhafte Ansprechpartner*innen für potenzielle, aktuelle und ehemalige Beschäftigte aus dem In- und Ausland dar. Der Bereich **Personalbetreuung und -beratung** ver-

steht sich hierbei als serviceorientierter Partner und beteiligt sich an allen personalrelevanten Prozessen der Beschäftigten. Dies wird durch eine enge Zusammenarbeit mit den jeweiligen Organisationseinheiten sichergestellt. Beschäftigte in schwierigen Situationen werden durch die am Zentrum etablierten Sozialpartner – dazu gehören Betriebsräte, Schwerbehindertenvertretung, Gleichstellungsbeauftragte – und in enger Zusammenarbeit mit der Abteilung Personal strukturiert unterstützt und begleitet.

Das gegenseitige Verständnis und der fachliche Austausch wird zukünftig z.B. über **Seitenwechselprogramme** sichergestellt. Hierbei werden Beschäftigte aus den verschiedenen Berufsgruppen zu Hospitationen in andere Bereiche des Wissenschaftsbetriebes delegiert. Diese Art des Austauschs kann sowohl intern als auch nach extern in andere Forschungseinrichtungen erfolgen und dient der fachlichen und persönlichen Weiterentwicklung der Beschäftigten. So wollen wir beispielsweise Postdocs betriebsinterne



Das HZDR legt großen Wert auf die Vereinbarkeit von Beruf und Familie.

Kurzpraktika ermöglichen, in denen die Institute, Zentral- oder Verwaltungsabteilungen ihre Arbeitsfelder vorstellen können.

Chancengleichheit und Geschlechtergerechtigkeit sind zentrale Anliegen des HZDR. Wir streben eine Steigerung des Frauenanteils in sämtlichen wissenschaftlichen Positionen gemäß den Helmholtz-Richtlinien an. Neben der Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben engagieren wir uns in der Qualifizierung, Rekrutierung, Bindung und Familienfreundlichkeit insbesondere für die Zielgruppe der Wissenschaftlerinnen.

Diversität und Inklusion prägen das tägliche Miteinander einer Forschungseinrichtung. Hierbei sind die Integration aller Beschäftigten und der vorurteilsfreie Umgang selbstverständlich. Hier orientieren wir uns ebenfalls an den Leitlinien der Helmholtz-Gemeinschaft. Diversität und Inklusion sind Bestandteile unserer Unternehmenskultur. Beschäftigte aus dem Ausland erhalten über das **International Office** einen umfangreichen und individuellen Incoming-Service. Bereits vor dem ersten Arbeitstag wird der Kontakt mit dem*r Kandidaten*in gesucht und Unterstützung angeboten. Das International Office fördert darüber hinaus das Miteinander und trägt zum interkulturellen Austausch und gegenseitigen Verständnis unter den Beschäftigten bei.

Die Förderung gesundheitsfördernder Organisationsstrukturen erfolgt über das **betriebliche Gesundheitsmanagement**. Hierzu gehört neben der Stärkung der individuellen Verantwortung durch Präventionsangebote auch die Eingliederung langfristig erkrankter

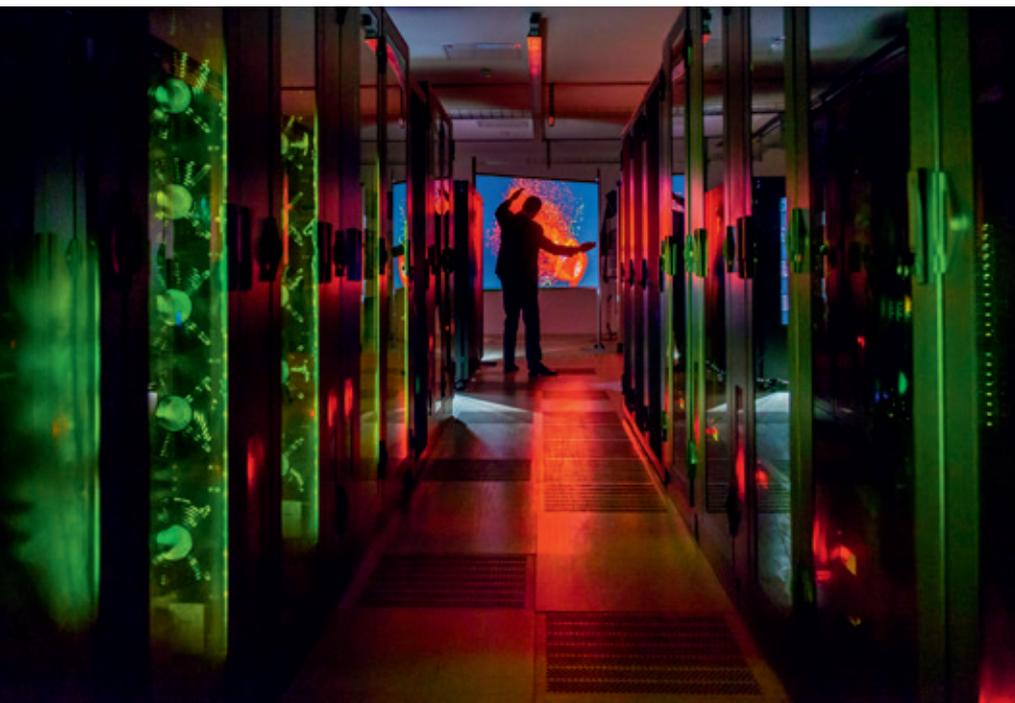
Beschäftigter. Die Möglichkeit der **Work-Life-Balance** ist am HZDR eine grundsätzliche Haltung und trägt maßgeblich zur guten Vereinbarkeit der individuell unterschiedlichen Lebens- und Berufsphasen entlang des Beschäftigtenzyklus bei. Indem wir geeignete Rahmenbedingungen für die Vereinbarkeit von Beruf und Familie setzen, sichern wir zugleich den langfristigen Erfolg unserer Mitarbeiter*innen.

Maßnahmen

- Schaffung einer Unternehmenskultur, eines gemeinsamen Unternehmensleitbildes
- Schaffung einer konstruktiven Feedback- und Fehlerkultur
- Initiierung von Seitenwechselprogrammen und Hospitationen
- Sicherstellung der Mehrsprachigkeit/Zweisprachigkeit relevanter Prozesse
- Durchführung von interkulturellen Trainings, Sprachtrainings, Förderung der sprachlichen Kompetenz
- Schaffung eines umfassenden On-Boarding-Prozesses für alle Beschäftigten aller Standorte
- Schaffung eines Place to Be, attraktive Forschungs- und Arbeitsbedingungen für Beschäftigte im In- und Ausland, Benennung eines*r Diversitätsbeauftragte*n
- Förderverein zur Interessensvertretung und Anbindung ehemaliger Beschäftigter (ALUMNI)
- Weiterführung des betrieblichen Gesundheitsmanagements
- weiterer Ausbau der Vereinbarkeit von Beruf und Familie, Zertifizierung durch die berufundfamilie GmbH

Zusammenfassung

- Wir richten das Talentmanagement entlang des gesamten Berufslebens aus.
- Talentmanagement am HZDR umfasst Rekrutierung und On-Boarding, Personalentwicklung sowie Qualifikations- und Kompetenzmanagement, Laufbahn- und Nachfolgeplanung und das Talent Relationship Management.
- Wir entwickeln die Arbeitgebermarke HZDR.
- Wir setzen Talent Relationship Management als personalpolitische Maßnahme ein, um vielversprechende Kandidat*innen und talentierte Mitarbeiter*innen an das HZDR zu binden.
- Talentmanagement am HZDR zielt auf Qualifizierung, die sich nach Talent und Bedarf ausrichtet – und das ein Arbeitsleben lang.



Moderne Wissenschaft ist ohne die Analyse großer Datenmengen nicht mehr denkbar. Sowohl die Simulation physikalischer Prozesse wie auch die Übertragung und Speicherung extrem großer Datenmengen kann häufig nur noch mit speziellen Methoden und Lösungen realisiert werden. Die Zentralabteilung Informationsdienste und Computing richtet sich immer stärker an den wissenschaftlichen Bedürfnissen des HZDR aus. Rechts: Dr. Guido Juckeland, Leiter Computational Science (links), und Dr. Uwe Konrad, Leiter der Zentralabteilung.

4.7. Digitalisierung

Digitalisierung begleitet uns als zukunftsorientiertes Thema in allen Bereichen unseres Forschungszentrums. Um diesen hohen Stellenwert zu unterstreichen, ist das Thema als strategischer Schwerpunkt in den **Teilstrategien aller wissenschaftlichen und administrativen Bereiche des HZDR** separat ausgeführt und hervorgehoben (siehe Kapitel 7. ff.). Hinzu kommt, dass das CASUS die HZDR-Institute verbindet, indem es gemeinsam mit ihnen Lösungen für die datenintensive Systemforschung erarbeitet – deshalb kommt ihm hier eine zentrale Bedeutung zu.

Die Helmholtz-Gemeinschaft hat für die Sicherung der Zukunftsfähigkeit der Zentren in diesem Bereich eine Gesamtstrategie erarbeitet, die sich inzwischen in der Operationalisierung befindet. Eine besondere Rolle spielt dabei der **Helmholtz-Inkubator** „Information & Data Science“, in dessen Rahmen folgende Plattformen aufgebaut wurden:

- Helmholtz Information & Data Science Academy
- Helmholtz Artificial Intelligence
- Helmholtz Federated IT Services
- Helmholtz Metadata Collaboration
- Helmholtz Imaging

An diesen Aktivitäten ist das HZDR sehr aktiv beteiligt. Weiterhin wurde auch für die Forschungsbereiche der Gemeinschaft die Notwendigkeit eigener spezifischer Digitalisierungsstrategien geprüft, die aktuell erarbeitet werden. Für uns als multiprogrammatisches Zentrum, das in den drei Bereichen MATERIE, GESUNDHEIT und ENERGIE forscht, haben somit die Gesamtstrategie der Gemeinschaft und die Strategien zu den drei Forschungsbereichen gleichermaßen Relevanz.

Die HZDR-Arbeitsgruppe Digitalisierung, die aus Vertreter*innen aller Institute und Zentralabteilungen besteht, hat dabei die Aufgabe, im gesetzten Rahmen die Teilstrategien zu einer gemeinsamen Strategie des HZDR zusammenzuführen und auf dieser Basis einen schlüssigen Maßnahmenkatalog zu erarbeiten, der in den kommenden Jahren am Zentrum umgesetzt werden soll. Auf die für uns besonders wichtigen Schwerpunkte gehen wir in dieser Strategiebroschüre im Kapitel 3.7. Handlungsfeld Digitalisierung zusammenfassend ein.

UNTERNEHMENS- KULTUR



„Culture eats strategy for breakfast.“ Peter Drucker

Ein ganzheitliches Forschungsmanagement erfordert einerseits die umfassende Planung der strategischen Ausrichtung der Einrichtung und hat sowohl die vorhandene Struktur als auch die gelebte Unternehmenskultur miteinzubeziehen. Andererseits gilt es, in einer stetigen Anstrengung notwendige Anpassungen vorzunehmen und die richtigen Weichen für die Weiterentwicklung des Zentrums zu stellen. Wie Abbildung 15 veranschaulicht, überlappen sich die drei Bereiche Strategie, Struktur und Unternehmenskultur, wobei der Kommunikation eine zentrale Rolle zukommt.

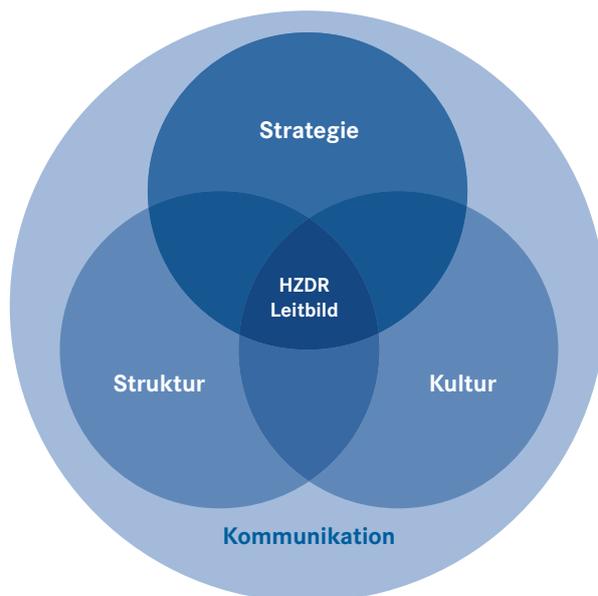


Abb. 15: Für ein erfolgreiches Forschungsmanagement sind strategische, strukturelle und kulturelle Aspekte gleichermaßen zu berücksichtigen. Alle Prozesse müssen in geeigneter Weise kommuniziert werden.

Nur wenn auch für die Unternehmenskultur moderne Ansätze mit der gleichen Aufmerksamkeit verfolgt werden, wie dies für wissenschaftsstrategische oder strukturelle Fragestellungen der Fall ist, und wenn sie zugleich in den Leitlinien des Forschungszentrums einen festen Platz einnimmt, werden wir auf Dauer die Erwartungen der Mitarbeiter*innen, der Helmholtz-Gemeinschaft und der Gesellschaft an das HZDR erfüllen können (siehe Kapitel 2. Leitlinien Diversität, Chancengleichheit und Unternehmenskultur).

Wir begreifen **Unternehmenskultur** als das am Zentrum gelebte, gemeinschaftliche Miteinander auf Grundlage der damit verbundenen Werte und Richtlinien. Dabei kommt es auf jede*n einzelne*n Mitarbeiter*in an jedem der HZDR-Standorte an. Gleichzeitig gilt es, mit der HZDR-Strategie 2030+ den Rahmen aufzuzeigen, damit sich ein optimales Arbeitsklima am Zentrum ausbilden kann. Folgenden Aspekten schreiben wir hierbei eine strategische Bedeutung zu:

Die **Führungskultur** – also der vereinbarte Umgang miteinander, auch und gerade im Fehler- und Konflikt-Fall – muss gemeinsam erarbeitet und von allen gelebt werden. Diesen wichtigen Punkt werden wir in unserem Leitbildprozess betonen, indem wir dort ein entsprechendes Führungsleitbild definieren.

Eine Unternehmenskultur, mit der sich alle Mitarbeiter*innen identifizieren können und an der sie aktiv mitwirken wollen, ist auf eine gezielte, verständliche und verlässliche **Kommunikation** nach innen und außen angewiesen. Daher erhält das Thema Kommunikation ein eigenes Kapitel in diesem Strategiepapier. In der Kommunikationsstrategie für das HZDR sehen wir eine Förderung der aktiven Partizipation aller Mitarbeiter*innen vor. Sie sollen an den Erfolgen und Errungenschaften des HZDR teilnehmen können. Gelungene Kommunikation beugt zudem Missverständnissen vor, vermeidet Mehrarbeit und fördert das Gemeinschaftsgefühl über alle unsere Forschungsstandorte hinweg.

Alle Mitarbeiter*innen des HZDR verbringen einen Großteil ihrer Lebenszeit in dem Umfeld HZDR-Campus. Daher ist es nicht nur unser Wunsch, sondern auch unsere Pflicht, diesen Raum an allen unseren Forschungsstandorten zu einem wirklichen **Place to Be** zu entwickeln. In dem entsprechenden Abschnitt verpflichten wir uns zu ersten Ideen. Die Realisierung der verschiedenen Maßnahmen kann und soll jedoch nur unter Mitwirkung aller Beschäftigten erfolgen.

5. Leitbild

Das HZDR betreibt international anerkannte, anwendungsorientierte Grundlagenforschung, um Antworten auf die großen Herausforderungen unserer Zeit zu finden. Unsere Forschungsarbeiten sollen wesentliche Beiträge zur Sicherung eines angemessenen Lebensstandards für diese und zukünftige Generationen leisten – in einer gesunden, grünen, aufgeklärten und freien Gesellschaft (siehe Kapitel 2. Mission und Leitlinien). Während die in unserer Mission definierten Ziele die Grundlage für alle strategischen Entscheidungen hinsichtlich unserer Forschungsaktivitäten bilden, betonen die ebenfalls in Kapitel 2. aufgelisteten, zwölf strategischen Leitlinien die Werte, zu denen wir uns verpflichten. Für die Erarbeitung unseres neuen Leitbildes sind insbesondere die drei Leitlinien Diversität, Chancen-

gleichheit und Unternehmenskultur von Bedeutung, enthalten sie doch bereits alle wesentlichen Punkte für ein respektvolles Miteinander.

Das bisherige Leitbild des HZDR spiegelt bereits einige wichtige Grundsätze wider. Um jedoch den Anspruch HZDR – A Place to Be zu erfüllen, muss das neue Leitbild beispielsweise auch unsere gemeinsamen Werte für eine moderne Kommunikations- und Führungskultur enthalten. Die Förderung eines einzigartigen Teamgeistes und des Respektes vor den Leistungen anderer soll letztendlich zu einem starken Wir-Gefühl bei allen Mitarbeiter*innen des HZDR führen – unabhängig davon, an welchem Standort sie arbeiten, woher sie stammen oder auf welcher Karrierestufe sie stehen.

Das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) forscht auf den Gebieten Energie, Gesundheit und Materie. In unserer täglichen Arbeit und dem Umgang miteinander orientieren wir uns an den HZDR-Leitlinien.

Allgemeine Leitlinien

Wir vereinbaren Familie und Beruf und gewähren Chancengleichheit.

Wir schaffen ein offenes sowie vertrauens- und respektvolles Betriebsklima.

Unser Handeln baut auf Wertschätzung, Respekt, Fairness, Toleranz, Teamgeist, Ehrlichkeit, Transparenz und Akzeptanz auf.

Spezifische Leitlinien

Wir sichern eine gute wissenschaftliche Praxis.

Wir leisten exzellente Arbeit in Wissenschaft und Administration.

Wir gewährleisten Motivation durch Freiraum.

Wir fördern Leistung durch Begeisterung.

Wir beachten Verantwortung und Präzision, Zuverlässigkeit in Inhalt, Zeit und Budget.

Wir gewährleisten nachhaltig die Balance von Technik, Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft.

Selbstverständnis

Unser ganzer Respekt gilt der Würde und der Einhaltung der Persönlichkeitsrechte aller Mitarbeiter und Geschäftspartner. Der verantwortliche Umgang mit der Umwelt gehört zu unserem Selbstverständnis ebenso wie die Einhaltung von gesetzlichen Bestimmungen und die Korruptionsbekämpfung.

Unser neues Leitbild soll – ebenso wie die HZDR-Strategie 2030+ – alle Struktureinheiten betreffen. Daher soll auch das bisher separat stehende Leitbild des Kaufmännisch-Technischen Geschäftsbereiches in das Leitbild des gesamten Zentrums einfließen.

nisch-Technischen Geschäftsbereiches in das Leitbild des gesamten Zentrums einfließen.

Leitbild des Kaufmännisch-Technischen Geschäftsbereiches im HZDR

Wir sind flexible, dynamische und selbstbewusste Dienstleister der Wissenschaft des HZDR. Unser Potenzial an Sachkompetenz, Effizienz und Effektivität setzen wir für einen zuverlässigen und leistungsfähigen administrativen und technischen Service ein. Wir organisieren uns in klaren Strukturen mit präzisen Zielvorgaben. Durch die abteilungsübergreifende Kombination unseres Fachwissens bieten wir Komplettlösungen für den Forschungsstandort. Unser Ziel ist die Garantie eines hohen Serviceniveaus unter Beachtung von Wirtschaftlichkeit, Sparsamkeit und Zweckmäßigkeit. Dabei arbeiten wir mit dem wissenschaftlichen Bereich Hand in Hand und vermitteln zwischen internen Anforderungen und externen Rahmenbedingungen. Wir bearbeiten Aufgaben und Projekte engagiert und nach abgestimmten Terminvorgaben; Priorität hat die sichere Funktion der Infrastruktur. Unsere Herangehensweise ist innovativ und offen für Vorschläge und Anregungen. Wir sind ein zuverlässiger Partner für unsere Kolleg*innen am Standort. Wir kommunizieren offen, fair und respektvoll.

Um die Umsetzung des neuen Gesamtleitbildes in der täglichen Arbeit zu gewährleisten, ist eine hohe Akzeptanz der Mitarbeiter*innen notwendig. Daher soll die Entwicklung in einem partizipativen Prozess unter

Einbindung aller Beschäftigten stattfinden. Eine im Jahr 2020 eingesetzte Task-Force übernimmt unter Leitung der Personalabteilung die Koordination des Prozesses, der 2023 abgeschlossen sein soll.

6. HZDR – A Place to Be

Die Unternehmenskultur wird zum einen durch die Interaktionen der Beschäftigten untereinander und zum anderen durch die am Arbeitsplatz herrschenden Bedingungen geprägt. Wir begreifen es als unsere Pflicht, für unsere Mitarbeiter*innen an allen Standorten ein förderndes Umfeld zu schaffen. Eine Arbeitsumgebung, in der sich unsere Mitarbeiter*innen wohlfühlen und ihre Potenziale optimal entfalten können, verstehen wir als **A Place to Be**.

Über die Mitgliedschaft in der Helmholtz-Gemeinschaft sind viele Rahmenbedingungen bereits definiert. Diese wollen wir jedoch um Maßnahmen ergänzen, die auf die Besonderheiten unseres Zentrums angepasst sind. So soll zum einen die Verteilung unserer Mitarbeiter*innen auf die sieben Forschungsstandorte berücksichtigt werden. Zum anderen streben wir an, mit einem modernen Forschungsumfeld eine Vorbildrolle einzunehmen. Die partizipative Entwicklung unserer strategischen Linien soll dabei genauso wie die gemeinsame Weiterentwicklung unseres Leitbildes ein **starkes Wir-Gefühl** bei allen Mitarbeiter*innen fördern – unabhängig davon, welche Aufgaben sie erfüllen, wo ihre Wurzeln sind und auf welcher Karrierestufe sie sich befinden.

Die Wahrnehmung des Arbeitsumfeldes wird bereits mit dem allerersten Eindruck geprägt. Wir setzen uns

daher aktiv für eine **aufgeschlossene und freundliche Willkommenskultur** ein – vom ersten Kontakt über den Bewerbungs- und Einstellungsprozess bis über die gesamte Zeit am Zentrum. Um die ersten Tage für neue Mitarbeiter*innen bestmöglich zu gestalten, soll ein strukturierter und umfassender On-Boarding-Prozess entwickelt werden. Unser International Office wird in alle entsprechenden Vorgänge einbezogen und kann so auf die Bedürfnisse unserer internationalen Kolleg*innen angemessen eingehen. Zudem verfolgen wir das Ziel, die englischsprachigen Angebote der Serviceabteilungen kontinuierlich zu erhöhen und die sprachliche wie interkulturelle Kompetenz aller Mitarbeiter*innen zu stärken (siehe Kapitel 8. Kaufmännischer Geschäftsbereich).

Das HZDR ist ein internationales Forschungszentrum mit Mitarbeiter*innen aus einer Vielzahl verschiedener Nationen. Wir sind der Überzeugung, dass **kulturelle und gedankliche Vielfalt** den Fortschritt der Wissenschaft unterstützt und unsere Forschung voranbringt. Dabei ist ein offenes und respektvolles Miteinander Voraussetzung für eine erfolgreiche Zusammenarbeit. Der persönliche Hintergrund darf weder Grundlage für eine diskriminierende Behandlung noch Kriterium für die Beurteilung der beruflichen Leistungen sein. In diesem Zusammenhang hat sich der Vorstand klar positioniert

und im Sommer 2020 auf der HZDR-Internetseite folgendes Statement veröffentlicht:

„Das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) verurteilt jede Form von Diskriminierung und Rassismus. In keinem Bereich unserer Gesellschaft dürfen wir Ausgrenzung aufgrund ethnischer Herkunft, Hautfarbe, Staatsangehörigkeit, Religion, Kultur, Alter, Behinderung, sexueller Identität, Geschlecht oder Schwangerschaft tolerieren oder einfach tatenlos hinnehmen. Das HZDR steht für **Diversität**, denn Diversität bedeutet Reichtum. Unsere wissenschaftliche Exzellenz hängt davon ab, ob wir uns offen und aufgeschlossen gegenüber dem Neuen und vermeintlich Fremden zeigen. Ein Klima der Aus- und Abgrenzung ist schädlich für die wissenschaftliche Erkenntnis. Unser Zentrum und alle anderen Forschungseinrichtungen in Sachsen und Deutschland benötigen das Wissen, die Fähigkeiten und die Talente von begabten Menschen – egal woher sie stammen. Nur so können wir die drängenden Fragen und Herausforderungen unserer Zeit lösen. Für Menschen, die diese Werte nicht unterstützen wollen, gibt es bei uns keinen Platz.“ Diese Positionierung ist auch in unseren Leitlinien enthalten (siehe Kapitel 2. Mission und Leitlinien des HZDR: 09 Leitlinie Diversität).

Diversität bedeutet Reichtum und wir sind davon überzeugt, dass die Lösung globaler Probleme, für die es eine zukunftsorientierte Forschung auf gesellschaftlich relevanten Gebieten braucht, auf längere Sicht nur durch die Einbeziehung verschiedenster Blickwinkel gelingen kann. Wir sehen in der Diversität einen erheblichen strategischen Vorteil, der nach unserem Verständnis die Zukunftsfähigkeit unseres Zentrums sichert. Deshalb unterstützen wir eine vielseitige Zusammensetzung der bei uns tätigen Teams im Forschungsbereich, aber auch in den Serviceabteilungen, indem wir inter-

national rekrutieren, ein attraktives Umfeld bieten und einen respektvollen Umgang als Grundanforderung an alle Mitarbeiter*innen definieren. Von einem*r Diversitätsmanager*in – diese Stelle soll neu geschaffen werden – versprechen wir uns wesentliche Impulse, die den hohen Stellenwert der Diversität für das gesamte Zentrum deutlich machen.

Um die Bindung an das Zentrum zu erhöhen, aber auch, um exzellente Mitarbeiter*innen zu gewinnen, möchten wir individuelle Entwicklungsmöglichkeiten und eine **passgenaue Karriereplanung** anbieten. Hier greifen Maßnahmen aus dem Talent Relationship Management, die wir gezielt nutzen, evaluieren und kontinuierlich ausbauen. Speziell für Nachwuchswissenschaftler*innen entwickelt unser Postdoc Center – neben zahlreichen weiteren Angeboten und Aktivitäten – zielgerichtete Maßnahmen, um sie frühzeitig auf Karrierewege innerhalb und außerhalb der Wissenschaft vorzubereiten und alle dafür notwendigen Kompetenzen zu erarbeiten. Eine besondere Rolle kommt zudem unseren Führungskräften zu. Wir streben eine **moderne und wertschätzende Führungskultur** an, die sich durch offene und transparente Entscheidungen auszeichnet. Deshalb schulen wir unsere Führungskräfte und nutzen dafür geeignete Förderinstrumente (siehe 3.6. Handlungsfeld Talentmanagement).

Die **Gleichstellung aller Geschlechter** ist ein zentrales Anliegen des HZDR. In leitenden Positionen, besonders in der Wissenschaft, sind Frauen noch immer unterrepräsentiert. Deshalb wollen wir unter anderem den Frauenanteil an Führungspositionen erhöhen. Vor diesem Hintergrund wurde 2021 das Lucy-Mensing-Programm eingeführt. Der Name des Programms ehrt mit Lucy Mensing (*1901 - †1995) eine hervorragende Physikerin, die ihre Karriere aufgrund der gesellschaft-



lichen Ordnung ihrer Zeit zugunsten ihrer Familie aufgab. Das Lucy-Mensing-Programm fasst die zahlreichen Maßnahmen des Gleichstellungsplanes am Zentrum zusammen. Dazu gehört u. a. der Lucy-Mensing-Fonds zur Unterstützung von familienbedingten Auszeiten.

Unsere Gleichstellungsbeauftragte prüft die Wahrung der Interessen von Frauen im Berufsleben. Zu diesem Zweck bietet sie Veranstaltungen und Weiterbildungen an, ist regelmäßig in Rekrutierungsprozesse eingebunden und steht bei Konflikten, die die Gleichstellung der Geschlechter betreffen, als Ansprechpartnerin zur Verfügung. Des Weiteren fokussiert sie sich auf die Förderung der Vereinbarkeit von Beruf und Familie.

Für viele Mitarbeiter*innen ist genau diese Vereinbarkeit eine wichtige Grundvoraussetzung für die Zufriedenheit mit ihrer Arbeitssituation. Das HZDR verfügt auf diesem Gebiet über gute Voraussetzungen. Bereits seit 2008 haben wir mehrfach durch die berufundfamilie GmbH die Bestätigung erhalten, dass wir eine **familienbewusste Personalpolitik** betreiben. Unser zentrales Familienbüro, das International Office sowie das Gästehaus sind hier ebenso zu nennen wie unser Betreuungsprogramm für Kinder der Mitarbeiter*innen während der Sommerferien und das strukturierte betriebliche Gesundheitsmanagement. Es ist unser erklärtes Ziel, auch in den kommenden Jahren alle notwendigen Voraussetzungen, die mit der Re-Zertifizierung durch die berufundfamilie GmbH verbunden sind, zum Vorteil aller Mitarbeiter*innen zu schaffen.

Wir setzen uns für ein offenes und faires Miteinander sowie für eine konstruktive Konflikt- und Fehlerkultur ein. Konkurrenz kann in unserer hoch kompetitiven Forschungswelt sehr förderlich sein, doch kosten **Konflikte am Arbeitsplatz** Kraft und Motivation und ver-

schlechtern letztlich das Arbeitsergebnis. Um potenziell destruktiven Konfliktsituationen frühzeitig zu begegnen, stehen den Mitarbeiter*innen in wissenschaftsbezogenen Konfliktfällen zwei Ombudspersonen zur Seite. Zudem bilden wir engagierte Mitarbeiter*innen zu Konfliktmanager*innen aus; sie bieten allparteiliche, vertrauliche und ergebnisoffene Beratung sowie Hilfe und Unterstützung in Konfliktsituationen im Arbeitsumfeld.

Ein offener und aktiver Austausch kann durch die Schaffung eines geeigneten räumlichen Umfeldes gefördert werden. Durch die Bereitstellung passender Seminar- und ansprechender Begegnungsräume möchten wir unsere Mitarbeiter*innen stärker als bisher zu gemeinsamen Diskussionen einladen – für einen belebten Campus. Das HZDR sieht sich in diesem Zusammenhang auch dem **Konzept der Nachhaltigkeit** verpflichtet und trägt damit zu einer gesellschaftlichen Entwicklung bei, die auf ökologische Verträglichkeit, soziale Gerechtigkeit und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit abzielt. Dazu gehört die Forschung zur ergiebigeren Nutzung von Materialien und Energie sowie die Stärkung der Kreislaufwirtschaft. Darüber hinaus ist uns die nachhaltige Bewirtschaftung der Standorte selbst wichtig. Hierfür haben wir bereits vor Jahren eine Masterplanung ins Leben gerufen (siehe Kapitel 8. Kaufmännischer Geschäftsbereich). Um die Bedürfnisse und Wünsche der Mitarbeiter*innen in die Planung einbeziehen zu können, soll eine Arbeitsgruppe zur Campuserweiterung gegründet werden. Diese wird, in enger Zusammenarbeit mit den Betriebsräten, Ansprechpartner für die Mitarbeiter*innen sein und den Vorstand zu dem Themenfeld beraten.

Die zur Gestaltung eines offenen, respektvollen und fördernden Arbeitsumfeldes ergriffenen Maßnahmen sollen an all unseren Standorten gleichermaßen umgesetzt



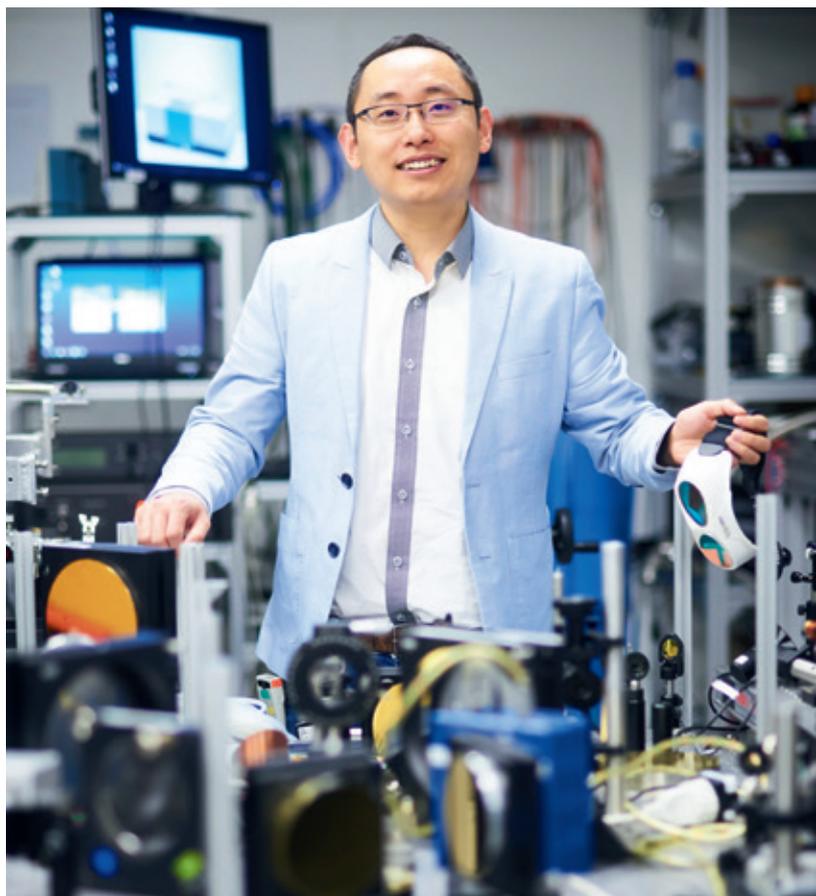
Eindrücke vom Sommerfest für HZDR-Mitarbeiter*innen und deren Angehörige. Ein großes Highlight ist das Human-Soccer-Turnier mit Verleihung des Wanderpokals an die Gewinner-Mannschaft.

werden. Wir wollen hierzu die Erfahrungen an den insgesamt sieben Forschungsstandorten berücksichtigen und diese gewinnbringend für alle Mitarbeiter*innen in die weiteren Maßnahmen integrieren. Dabei stärkt eine stetig wachsende Zahl interdisziplinärer Forschungsprojekte bereits heute die instituts- und standortübergreifende Zusammenarbeit. Um den Mitarbeiter*innen an den unterschiedlichen Standorten den Austausch mit den Kolleg*innen und den ungehinderten Zugang zu Informationen zu gewähren, sollen in geeigneten Fällen zusätzlich zu Präsenzveranstaltungen auch vermehrt digitale Formate angeboten werden. Für eine intensive Vernetzung innerhalb des HZDR sind der weitere Ausbau der internen Kommunikation (siehe Kapitel Kommunikation) und die Förderung des Zugehörigkeitsgefühls der Mitarbeiter*innen an allen Standorten notwendig. Begleitend zum physischen HZDR – A Place to Be sollen zunehmend auch digitale Plattformen für vielfältige Informations- und Begegnungsmöglichkeiten eingerichtet werden.

Um auch weiterhin Spitzenergebnisse in der Forschung zu erzielen und unsere Leistungsfähigkeit zu sichern, sind wir zudem auf die Gewinnung exzellenter neuer Mitarbeiter*innen angewiesen. Ein weiteres wichtiges Ziel ist daher die Etablierung der Marke des HZDR als attraktiver Arbeitgeber auf nationaler und internationaler Ebene, um so eine stärkere Bindung und Identifikation aller Mitarbeiter*innen mit dem Zentrum zu erreichen und um unsere Attraktivität im Rekrutierungsprozess zu erhöhen (siehe Kapitel 3.5. Handlungsfeld Rekrutierungen).

Im Folgenden werden einige Maßnahmen vorgestellt, die sich bereits in der Entwicklungs- bzw. Umsetzungsphase befinden. Ziel all dieser Maßnahmen ist, dass jede*r Mitarbeiter*in mit viel Freude seiner/ihrer Tätigkeit nachgehen kann, einen Arbeitsplatz vorfindet, der dem Anspruch HZDR – A Place to Be gerecht wird und die Arbeit in Einklang mit seinem/ihrer persönlichen Umfeld bringen kann. Von der damit verbundenen, stärkeren Bindung an das Zentrum versprechen wir uns eine klare Identifikation mit unserer Mission, den Leitlinien und Zielen.

- Bildung einer **Arbeitsgruppe Campuserwicklung**, der Mitarbeiter*innen unterschiedlicher Altersgruppen, Karrierestufen und Nationalitäten angehören: Um den innovativen Charakter zu unterstreichen und die Bindung an das HZDR zu erhöhen, sollen insbesondere Vertreter*innen der Doktorand*innen und das Postdoc Center einbezogen werden.
- Berufung eines*r **Diversitätsmanagers*in**, um das Ziel einer gleichen Wertschätzung und Förderung



Das HZDR will sich national wie international als attraktiver Arbeitgeber positionieren.

aller Mitarbeiter*innen zu erreichen: Ein Schwerpunkt hierbei sollte – in enger Zusammenarbeit mit dem International Office – die kontinuierliche Qualifizierung aller Mitarbeiter*innen hinsichtlich ihrer interkulturellen Kompetenzen sein.

- Weiterer Ausbau des **Ombudssystems** am HZDR als Garant für gute wissenschaftliche Praxis: Damit stärken wir die Akzeptanz der Leistungen anderer und geben den Mitarbeiter*innen Sicherheit in ihrem Anspruch an hochqualitative und professionelle Arbeit.
- Deutlich sichtbarere, berufliche **Entwicklungsmöglichkeiten** durch vielfältige Weiterbildungsprogramme, individuelle Personalentwicklungspläne und Verbesserung der Rahmenbedingungen: Hierzu zählen zum Beispiel zeitgemäße orts- und zeitflexiblere Arbeitsmodelle und der Ausbau bzw. die Entwicklung neuer Konzepte für die Kinderbetreuung (sofern zuwendungsrechtlich möglich).
- Konsequente Umsetzung des **Nachhaltigkeitsprinzips** bei kontinuierlicher Weiterentwicklung des Green Campus: z.B. Verlängerung des öffentlichen Radweges bis zum Rossendorfer Campus, Einführung eines Job-Tickets für den ÖPNV, Bereitstellung von Fahrrädern oder E-Rollern auf dem Gelände



Offen und einladend: Vielfältige Maßnahmen sind nötig, aber auch alle Mitarbeiter*innen sind gefragt, wenn es darum geht, die Standorte des HZDR als „Places to Be“ weiterzuentwickeln.

- mit entsprechenden Ladestationen (sofern zuwendungsrechtlich möglich) und Stärkung kollegialer Fahrgemeinschaften durch den Aufbau eines Shuttle-Systems mit Anmeldeportal.
- Schaffung neuer zentraler **Veranstaltungsformate** sowohl mit wissenschaftlich-technischer als auch mit sozialer Ausrichtung in instituts- und standortübergreifenden Formaten: z.B. Ausbau der Reihe „Research Talks“, gegenseitige Institutsbesuche oder Etablierung von After-Work-Meetings für den formlosen Austausch.
- Aufgrund der geografischen Lage und der Änderung in der Altersstruktur in den letzten Jahren soll es vermehrt sportliche Angebote an den Standorten unter Einbindung der Sportvereins Rossendorf e.V. und des betrieblichen Gesundheitsmanagements geben: z.B. Volleyballplätze, Tischtennisplatten oder Slacklines, aber auch der Ausbau von Kreativzonen zu musikalischen Treffpunkten o. ä. wird angestrebt.
- Schaffung von mehreren kleinteiligen, einfach zugänglichen **Begegnungsstätten** mit hoher Aufenthaltsqualität: z.B. Nutzung und attraktivere Gestaltung der Außenanlagen (u. a. durch Schaffung von überdachten Treffpunkten), Bibliothek als Ort für

Begegnung und Austausch, Etablierung einer mobilen Espresso-Bar, Online-Portal bzw. Chatroom für neue Mitarbeiter*innen, Online-Leitfaden als Anleitung für die Verwaltungsprozesse am HZDR oder Willkommenstag bzw. Kennenlerntour über den Campus.

- Flankierende Maßnahmen für einen **A Place to Be in der digitalen Welt**: komfortable mobile Arbeitsmöglichkeiten, flächendeckendes, schnelles WLAN, interessante und lebendige Informations- und Begegnungsmöglichkeiten in virtuellen Räumen sowie auf offenen Kommunikationsplattformen.

Die geplanten Maßnahmen können nur im Rahmen der zuwendungsrechtlichen Voraussetzungen umgesetzt werden. Das HZDR wird sich daher in den Gremien der Helmholtz-Gemeinschaft und im direkten Austausch mit den Zuwendungsgebern dafür einsetzen, notwendige Änderungen und Anpassungen auf der Ebene des Zuwendungsrechts zu erreichen.

UMSETZUNG DER ZENTRUMSSTRATEGIE



7. Strategien der Institute und Zentralabteilungen

7.1. MATERIE

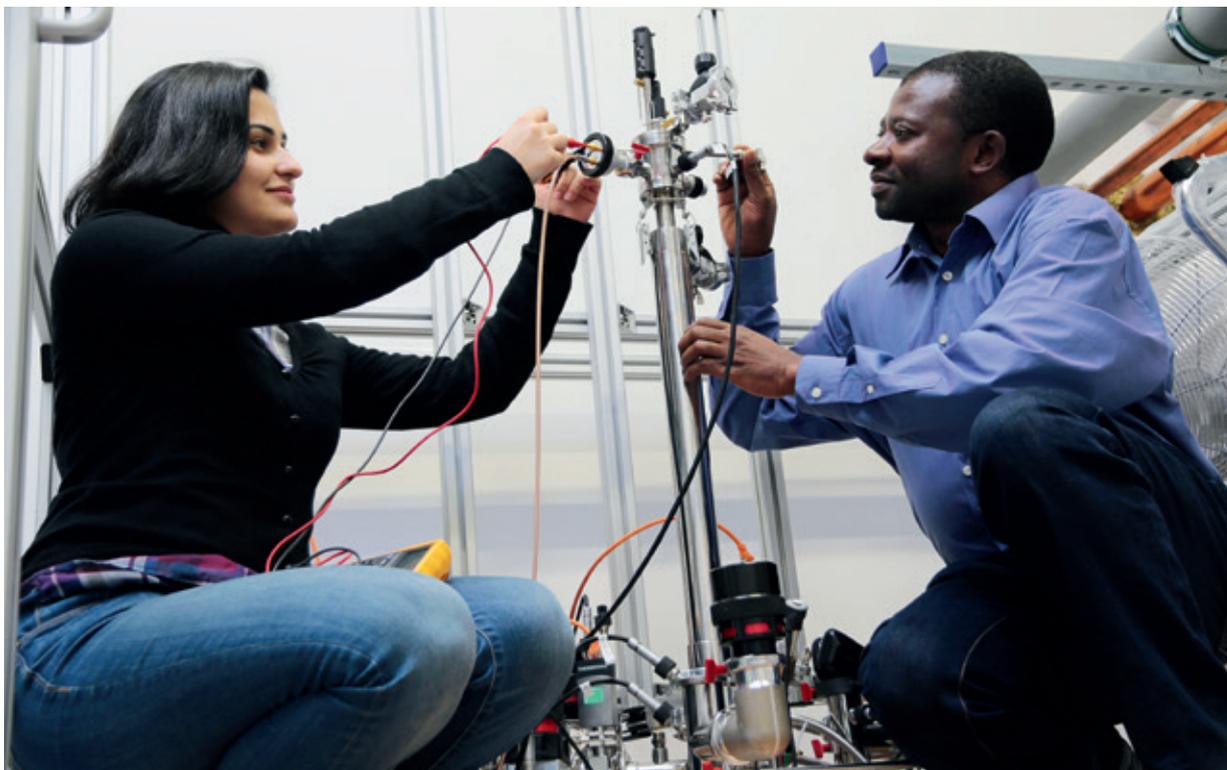
Institut Hochfeld-
Magnetlabor Dresden



Mission

Ziel unseres Instituts ist es, **zukunftsweisende Spitzenforschung zu Quantenmaterialien und modernen festkörperphysikalischen Fragestellungen von gesellschaftlicher Relevanz** durchzuführen. Besonders Wert legen wir auf Experimente unter extremen Probenbedingungen wie z. B. hohe Magnetfelder, niedrige Temperaturen, hohe Drücke und maßgeschneiderte Probenabmessungen bis in den Submikrometer-Bereich. An unserer Großanlage, dem Hochfeld-Magnetfeldlabor Dresden (HLD), stellen wir der Gemeinschaft wissen-

schaftlicher und industrieller Nutzer*innen einzigartige experimentelle Möglichkeiten zur Verfügung. Unser hochqualifiziertes, internationales Forschungsteam nutzt eine breite Palette innovativer thermodynamischer und spektroskopischer Messtechniken, deren Spezifikationen bis an die Grenzen der technischen Machbarkeit reichen. Als Anlaufstelle für Forscher*innen aus aller Welt fördern wir aktiv den wissenschaftlichen Nachwuchs und rekrutieren exzellente Wissenschaftler*innen. Unsere Forschung legt die Grundlagen



Das Hochfeld-Magnetlabor Dresden ist einzigartig in Deutschland. Eigene Wissenschaftler*innen ebenso wie Nutzer*innen aus aller Welt können hier Experimente in höchsten Magnetfeldern durchführen, um unbekannte Materialeigenschaften zu erforschen.

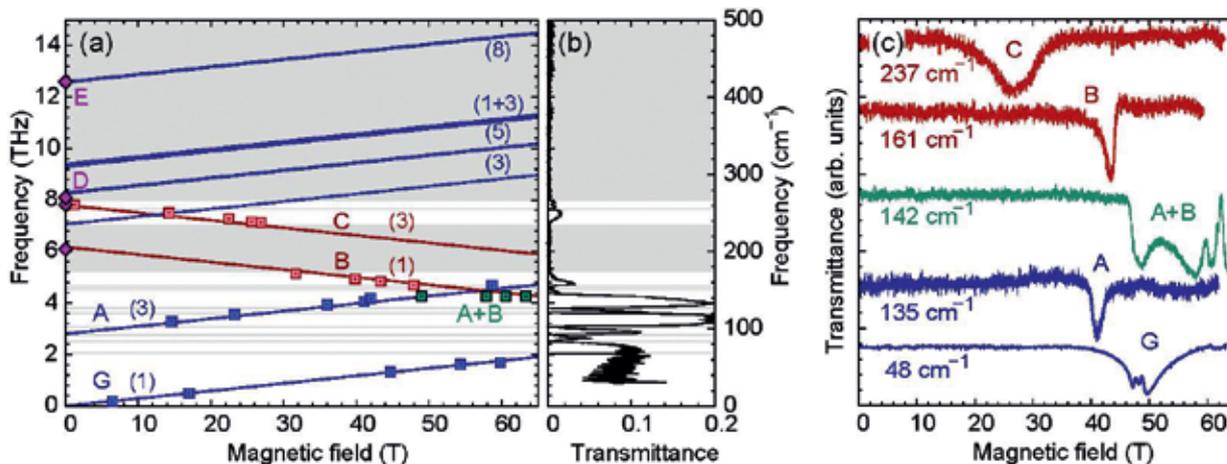


Abb. 16: Elektronenspinresonanz am Beispiel des topologischen Skymionen-Isolators Cu_2OSeO_3 ; Messungen, die durch die Kombination der ELBE-Strahlung im Terahertz-Bereich mit gepulsten Magnetfeldern möglich waren.

für zukünftige technologischen Anwendungen und trägt damit nachhaltig zur Lösung großer gesellschaftlicher Herausforderungen bei.

Diese Mission steht damit in voller Übereinstimmung zu den HZDR-Leitlinien und den forschungspolitischen Zielen des Forschungsprogramms MATERIE und der PoF-IV-Programmatik im Programm MML (From Matter to Materials and Life), Forschungs-Topic 2 (Materials).

Forschungsportfolio und Weiterentwicklung

Das Institut Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD) konzentriert sich auf moderne Materialforschung in hohen Magnetfeldern. Dabei ist zentrales Forschungsziel, ein grundlegendes Verständnis der Wechselwirkung zwischen Struktur und Eigenschaften von quantenkondensierter Materie mit neuartigen elektronischen Eigenschaften im Hinblick auf mögliche Anwendungen zu erlangen. Hierzu gehören insbesondere **außergewöhnliche und unkonventionelle supraleitende, magnetisch niedrigdimensionale und frustrierte, topologische sowie mikro- und nanostrukturierte Materialien**. Dieser Forschungsschwerpunkt des Instituts passt sich somit ideal in das Forschungs-Topic 2 „Quanten-, komplexe und funktionale Materialien“ des Programms MML und in die Materialforschungsstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft ein.

Dabei ermöglicht es gerade die Forschung in hohen Magnetfeldern, Materialeigenschaften systematisch zu variieren und zu kontrollieren. Dies gestattet uns, Phänomene in komplexen korrelierten Materialien, die im Ein-Elektronen-Bild nicht erklärbar sind, grundlegend zu verstehen – eine notwendige Voraussetzung für die gezielte Synthese von Quantenmaterialien. Nur so lassen sich zukünftige Materialien von hohem gesellschaftlichem Nutzen, etwa für nachhaltige Informations- und Energietechnologien, entwickeln und designen.

Frustrierte magnetische Spinsysteme, Supraleitung und Quantenmaterialien

Ein Fokus unserer wissenschaftlichen Aktivitäten ist die Forschung an frustrierten **magnetischen Spinsystemen**. Materialien mit konkurrierenden Wechselwirkungen zwischen magnetischen Momenten oder anderen Freiheitsgraden zeigen eine Vielzahl neuartiger Phasen. Das Verständnis der Grund- und angeregten Zustände solcher Quantenmaterialien ist eine wichtige wissenschaftliche Herausforderung und ein aktueller Schwerpunkt der modernen Festkörperphysik. Unsere Forschung auf diesem Gebiet betreiben wir aktiv im Sonderforschungsbereich (SFB) 1143 der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Zusammen mit der TU Dresden sowie weiteren Forschungseinrichtungen in Dresden und Berlin (siehe unten: Vernetzung) beschäftigen wir uns mit dem Thema „Korrelierter Magnetismus: Von Frustration zur Topologie“. Darüber hinaus bearbeiten wir mit Kooperationspartnern insbesondere auch topologische Aspekte von Quantenmaterialien im Allgemeinen. Dies geschieht vor allem im Exzellenzcluster „Komplexität und Topologie in Quantenmaterialien: Grundlegende Konzepte, Materialdesign und neue Technologien“ (ct.qmat), an dem neben Forschungsgruppen aus Dresden auch Kolleg*innen der Julius-Maximilians-Universität Würzburg beteiligt sind.

Das Gebiet des frustrierten Magnetismus und der damit zusammenhängenden topologischen Eigenschaften wird auch weiterhin ein Schwerpunkt der Forschungen des Instituts sein. Eine der Hauptaufgaben wird dabei darin liegen, den Verlängerungsantrag des SFB 1143 für die Jahre 2023 bis 2026 vorzubereiten. Weiterhin wird die erfolgreiche Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern in Dresden und Würzburg innerhalb des Exzellenzclusters „Complexity and Topology in Quantum Matter“ (ct.qmat, Laufzeit bis 2025) im Rahmen laufender und neu zu beantragender Projekte weiter vorangetrieben und intensiviert.

Ein zweites wichtiges Forschungsthema – auch für die Zukunft – ist die Untersuchung **neuartiger Supraleiter** und unkonventioneller supraleitender Zustände. Allen voran steht dabei die Konkurrenz zwischen Magnetismus, magnetischen Hochfeld-Phasen und der Supraleitung im Mittelpunkt. Hier arbeiten wir eng mit unseren Dresdner Partnern im DFG-geförderten Graduiertenkolleg der TU Dresden „Itineranter Magnetismus und Supraleitung in intermetallischen Verbindungen“ (GRK 1631), aber auch mit Wissenschaftler*innen weltweit zusammen. Diese Kooperationen sollen fortgeführt bzw. ausgebaut werden.

In Bezug auf **Quantenmaterialien** haben wir uns das Ziel gesetzt, exotische supraleitende, orbitale und magnetische Ordnungen und Anregungen über einen möglichst großen Parameterbereich aufzuklären. Dabei werden wir den Einfluss von geometrischer Frustration (z. B. in Kagome- und Wabengitter-Materialien) auf den magnetischen Grundzustand und emergente kollektive Phänomene untersuchen. Besonderes Augenmerk werden wir auf das Zusammenspiel von Bandstruktur-Topologie und elektronischen Korrelationseffekten in

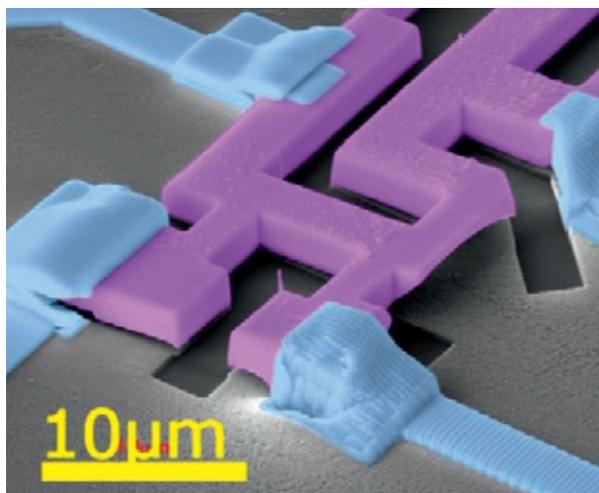


Abb. 17: Mithilfe des Focussed Ion Beam (FIB) strukturierte Probe zur Untersuchung in hohen Feldern

Systemen wie magnetischen Weyl- und anderen topologischen Materialien legen, also auf potenzielle Kandidaten für die zukünftige Quantentechnologie.

Dank der einzigartigen Forschungsinfrastruktur des HLD und des gesamten HZDR sind wir in der Lage, neuartige Phänomene und Eigenschaften von Materialien in hohen Magnetfeldern zu untersuchen. Wir werden die Grund- und angeregten Zustände sowohl aktueller frustriert magnetischer als auch supraleitender Festkörper erforschen. Die uns im HLD zur Verfügung stehenden Magnetfeldstärken in der Größenordnung der internen Wechselwirkungsenergien eröffnen dabei unikale Forschungsmöglichkeiten. In magnetischen Materialien erlaubt dies z. B. eine genaue Bestimmung der Austausch-Wechselwirkungen, wobei Magnetfelder genutzt werden, die zur vollständigen Ausrichtung der magnetischen Momente führen.

Experimentiertechniken

Für diese Forschungsaktivitäten gilt es, die bereits existierende Palette der verfügbaren experimentellen thermodynamischen und spektroskopischen Techniken weiter auszubauen. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung und dem IBC werden wir ausgewählte Quantenmaterialien mittels Focused Ion Beam (FIB) bis in den Submikrometer-Bereich strukturieren (Abbildung 17). Dies eröffnet zum einen neue Forschungsmöglichkeiten, um eine breitere Palette von Untersuchungen – auch unter hohem Druck – durchzuführen und damit ein umfassenderes fundamentales Verständnis der Materialien zu erlangen. Zum anderen erlaubt die Strukturierung aber auch, für Anwendungen relevante Bauelemente maßzuschneidern und deren Funktionalität zu optimieren.

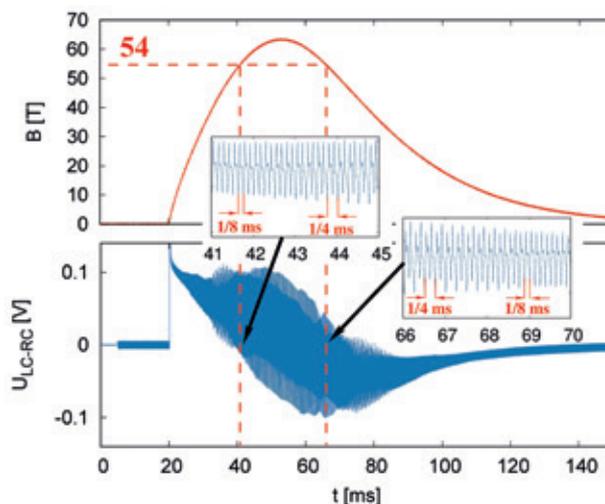


Abb. 18: Zeitabhängigkeit des Magnetfeldes und eines Spannungssignales in einem Experiment mit flüssigem Rb

Nach der für 2022 geplanten Installation und Inbetriebnahme der gepulsten Magnete am European XFEL (Kooperation mit dem Institut für Strahlenphysik) wird uns eine materialwissenschaftliche Plattform für Röntgenbeugungsexperimente an HIBEF zur Verfügung stehen, die Untersuchungen zum mikroskopischen Verständnis von Quantenmaterialien in konkurrenzlos hohen Magnetfeldern bis in den Bereich von 60 Tesla möglich machen wird. In Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern werden wir erste bahnbrechende Untersuchungen durchführen wie z. B. mikroskopische Studien zu magnetfeldinduzierten Metall-Isolator-Übergängen und zum elementselektiven Magnetismus von Hochfeldphasen magnetischer Materialien.

Innovation aus Forschung

Forschung mit einem stärker **innovations- und anwendungsorientierten Fokus** verfolgt das Institut mit der Untersuchung von Materialien für die magnetische Kühlung. In diesen Materialien wird eine Temperaturänderung durch eine Magnetfeld-Variation erzeugt. Ein großes Anwendungspotenzial hat die magnetische Kühlung in der Gasverflüssigung, und hier insbesondere für die Energiespeicherung in flüssigem Wasserstoff. Eine auf Festkörper-Materialien basierende, magnetische Kühlung kann diese Verflüssigung energieeffizienter realisieren und somit neue innovative Möglichkeiten

für die Energiewende eröffnen. Die momentan anlaufenden Arbeiten werden im Rahmen des Impuls- und Vernetzungsfonds der HGF als Helmholtz – RSF (Russian Science Foundation) Joint Research Group sowie in einem 2021 gestarteten DFG-Projekt gefördert und in Zusammenarbeit mit u. a. der TU Darmstadt und der Universität in Chelyabinsk durchgeführt. Hier ist ein Transfer der Forschungsergebnisse in die Industrie ein erklärtes mittelfristiges Ziel. Um Transfer zum Wohl von Patient*innen geht es in einem weiteren anwendungsrelevanten Projekt. Hier wollen wir eine Prototyp-Therapieanlage zur Behandlung neurodegenerativer Erkrankungen mithilfe von Magnetpulsen entwickeln und aufbauen. Gepulste magnetische Felder induzieren in einem menschlichen Organismus elektrische Ströme, Felder und damit verbundene Kräfte, um damit therapeutische Wirkungen zu erzielen. In Zusammenarbeit mit Mediziner*innen des Universitätsklinikums Dresden wurden sehr vielversprechende Vorversuche an Zellen von Patient*innen, die an Amyotropher Lateralsklerose (ALS) erkrankt waren, durchgeführt. Mit der Prototyp-Anlage sollen, mit medizinischer Unterstützung sowie in Zusammenarbeit mit dem Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung, weitere grundlegende Untersuchungen – auch an Patient*innen – durchgeführt werden. Ein Transfer in den klinischen Alltag ist das visionäre Ziel.

Vernetzung & Internationalisierung

Innerhalb des HZDR bestehen langanhaltende, enge Verbindungen zwischen dem Institut Hochfeld-Magnetlabor Dresden und den Instituten für Strahlenphysik sowie für Ionenstrahlphysik und Materialforschung. Mit Ersterem teilen wir z. B. unser Know-how über die Pulsfeld-Technologie im Zusammenhang mit plasmaphysikalischer Forschung, der Fokussierung und Strahlführung laserbeschleunigter Protonenstrahlen und für die Realisierung festkörperphysikalischer Experimente im Rahmen des HIBEF-Projekts. Mit Letzterem kooperieren wir in zahlreichen wissenschaftlichen Projekten, teilen ein gemeinsames Labor und haben eine Reihe gemeinsamer Veröffentlichungen, z. B. zur Terahertz-Spektroskopie an ELBE (siehe auch Abbildung 16), zu (anti)-ferromagnetischen Resonanzexperimenten sowie zum Nanomagnetismus. Weiterhin bestehen wissenschaftliche Kooperationen mit dem Institut für Fluidodynamik auf dem Gebiet der Flüssigmetallforschung in starken Magnetfeldern (Abbildung 18) und Anknüpfungspunkte auf dem Gebiet der stark korrelierten Systeme mit der Abteilung für Theoretische Physik. Mit dem Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung arbeitet das HLD auf



Abb. 19: Darstellung der HZDR-internen, strategischen Verknüpfungen (farbig hervorgehoben) des Instituts Hochfeld-Magnetlabor Dresden

dem Gebiet der Behandlung neurodegenerativer Erkrankungen zusammen.

Strategische Partner innerhalb von Dresden und DRESDEN-concept sind insbesondere die TU Dresden, das Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung IFW Dresden und die beiden Max-Planck-Institute für Physik komplexer Systeme (PKS) und für Chemische Physik fester Stoffe (CPFS), etwa im erwähnten Exzellenzcluster ct.qmat, im SFB 1143 und dem GRK 1621. Darüber hinaus bestehen zahlreiche Kooperationen mit universitären und außeruniversitären Gruppen in Deutschland, Europa und weltweit. Diese wissenschaftliche Zusam-

menarbeit spiegelt sich z.B. in der Vielzahl der kooperativen Publikationen wider. Wie auch im Kapitel 4.4 dargelegt, ist die Kooperation mit den europäischen Hochfeld-Laboratorien von CNRS und Radboud-Universität im Rahmen des European Magnet Field Laboratory (EMFL) von besonderer strategischer Bedeutung. Die international führende Rolle von EMFL und HLD zeigt sich unter anderem in der Mitarbeit im Rahmen von ARIE (Analytical Research Infrastructures in Europe) und der Mitgliedschaft und dem momentanen Vorsitz im Global High Field Forum, einem Konsortium der großen Hochfeld-Laboratorien weltweit, das Wissenschaft und Technologie mit hohen Magnetfeldern fördert.

Instrumente und Maßnahmen zur Strategieumsetzung

In wöchentlichen Treffen besprechen alle wissenschaftlichen Institutsmitglieder die aktuellen Fortschritte und Herausforderungen der individuellen Forschungsprojekte. Der Institutsdirektor diskutiert zudem mit den Abteilungsleitern und führenden (Nachwuchs)-Wissenschaftler*innen alle zwei bis drei Monate strategische Aspekte des Instituts und Maßnahmen zur Umsetzung. Ein wichtiges Ereignis ist die Vorbereitung der Verlängerung des SFB 1143 mit Begutachtung im Jahr 2022. Die Ziele des Instituts sind in voller Übereinstimmung

mit denen aus der strategischen PoF-IV-Evaluation. Spezielle Senatsempfehlungen betreffen die Institutsstrategie nicht. Große Bedeutung hat die Etablierung von Nachwuchsgruppen im Rahmen der Forschungsaktivitäten des Instituts. Eine Berufungs- und Strukturkommission zur Wiederbesetzung des Postens des Institutsleiters sollte rechtzeitig vor dem Ausscheiden des jetzigen Amtsinhabers (Erreichen des Pensionsalters in 2026) eingesetzt werden.

Digitalisierung

Im Bereich der weiteren Digitalisierung im HLD sind folgende Maßnahmen von besonderer Relevanz:

- Wir werden die bereits bestehende Daten-Erfassung und -Speicherung für sämtliche experimentellen Anlagen entlang der FAIR-Prinzipien kontinuierlich weiterentwickeln und auf dem neuesten Stand halten.
- Eine Chance im Bereich Nachhaltigkeit bietet die Schaffung von alternativen Zugangsmöglichkeiten für Nutzer*innen, um aus der Entfernung (remote) an Experimenten teilnehmen zu können. Mit der Bereitstellung entsprechender IT-Ressourcen könnten Anreisen, die oft per Flug stattfinden, für einen Teil der Projekte eingespart werden.

Zusammenfassung

- Ausbau der Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Quantenmaterialien in enger Kooperation mit den in Dresden bestehenden Forschungsverbänden
- kontinuierliche Weiterentwicklung experimenteller Techniken, die unikale Forschung unter extremen Bedingungen, auch in externen Infrastrukturen, erlaubt
- Erweiterung des Forschungsportfolios zu transferrelevanten Themen

Zur erfolgreichen Umsetzung dieser Ziele ist die Verfügbarkeit einer optimalen Forschungsinfrastruktur erforderlich. Um dies für das HLD zu gewährleisten, sind in den nächsten Jahren umfangreiche Ersatzbeschaffungen und Modernisierungen der Infrastruktur, die zum Teil seit mehr als 15 Jahren im Einsatz ist, nötig. Dies betrifft insbesondere die Energieversorgungsanlage und den Maschinenpark zur Spulenproduktion.



Mission

Unser Institut widmet sich der Untersuchung von Materialien und deren Nanostrukturen, die für zukünftige Anwendungen in der Informationstechnologie in Betracht kommen und auf elektrischen, magnetischen oder optischen Funktionalitäten beruhen. Die Nutzung der HZDR-Großgeräte Ionenstrahlzentrum **IBC**, Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen **ELBE** und Hochfeld-Magnetlabor Dresden **HLD** spielen dabei im Einklang mit der Strategie des Forschungsbereichs **MATERIE** in der Helmholtz-Gemeinschaft und den Leitlinien des HZDR eine bedeutsame Rolle. Aufgrund der vom Institut betriebenen Nutzungseinrichtung

IBC bilden die Synthese, Modifikation und Analyse von dünnen Schichten durch Ionenstrahlen einen besonderen Schwerpunkt. Eine zentrale Frage ist: Wie können elektronische Prozesse auf den relevanten Längen- und Zeitskalen besser verstanden und gesteuert und damit Voraussetzungen für die Entwicklung neuartiger und nachhaltiger Funktionsmaterialien geschaffen werden? Über die eigene wissenschaftliche Thematik hinaus fördert das Institut mit seiner Methoden- und Technologiekompetenz interdisziplinäre Forschungsansätze und den Technologietransfer in Wirtschaft und Gesellschaft.



Gemeinsam forschen der HZDR-Wissenschaftler Dr. Stephan Winnerl und die Kollegin Dr. Susanne C. Kehr von der TU Dresden an den elektronischen Eigenschaften von Materialien wie beispielsweise Graphen. Dafür nutzen sie die beiden Freie-Elektronen-Laser am ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen.

Forschungsportfolio und Weiterentwicklung

Die Forschung am Institut hat sich historisch stark an den Anwendungen von Ionenstrahlen zur Modifikation und Analyse von dünnen Schichten orientiert und spiegelt sich im Betrieb des Ionenstrahlzentrums als Nutzungseinrichtung. Darüber hinaus sind wir auch für die Betreuung von Nutzer*innen des Freie-Elektronen-Lasers (FEL) an ELBE verantwortlich. Die untersuchten Materialien – oft in Form von Nanostrukturen – umfassen ein breites Spektrum, zumeist charakterisiert durch ihre Relevanz für zukünftige Anwendungen in der Informationstechnologie.

Zu den etablierten wissenschaftlichen Schwerpunkten gehören:

- ionengestützte Synthese und Modifikation von Halbleiterstrukturen für die Nano- und Optoelektronik
- Wechselwirkung von (hoch)geladenen, niederenergetischen oder fokussierten Ionenstrahlen mit Festkörper-Oberflächen inkl. atomistischer Simulationen
- Kurzzeit- und Terahertz-Spektroskopie niederenergetischer Anregungen in Halbleitern und Quantenmaterialien, insbesondere unter Einsatz des Freie-Elektronen-Lasers am ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen

Die weltweiten wissenschaftlichen Entwicklungen im vergangenen Jahrzehnt erfordern jedoch eine Erweiterung dieser Schwerpunkte, die wir u. a. durch aktive Personalrekrutierung der brillantesten Köpfe umsetzen. Dabei ist es gelungen, über verschiedene Programme der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Emmy-Noether-Programm), der Helmholtz-Gemeinschaft (Rekrutierungsinitiative, Nachwuchsgruppen, Post-Doktorand*innen) sowie des HZDR (High-Potential-Programm) hervorragende Nachwuchswissenschaftler*innen und etablierte Forschungspersönlichkeiten für das Institut zu gewinnen. Damit einher ging ein starkes quantitatives und qualitatives Wachstum aller Kenngrößen (Personal, Publikationen, Drittmittel), wobei einige Forschungsaktivitäten auch reduziert oder beendet wurden (z. B. Materialforschungslabor an HZDR-Beamline ROBL-II in Grenoble). Konsequenterweise ist nun eine Anpassung und Weiterentwicklung der Institutsstrategie sinnvoll und notwendig.

Diese neuen Schwerpunkte setzen wir mit den folgenden Forschungsgebieten um:

- strukturelle und elektronische Eigenschaften von 2D-Materialien
- hybride Quantensysteme als Bindeglied von Photonik, Elektronik und Magnonik

- Magnon- und Optospintronics: neue Hardware-Konzepte für neuromorphes Computing

Nachfolgend werden unsere insgesamt sechs wissenschaftlichen Schwerpunkte näher skizziert:

Ionengestützte Synthese und Modifikation von Halbleiterstrukturen für die Nano- und Optoelektronik

Die Ionentechnologie bietet große Flexibilität und Kompatibilität mit der gängigen CMOS-Technologie der Mikroelektronik. Aufgrund des unvermeidbaren Implantationsschadens ist die Qualität der entstehenden Schichten jedoch schlechter als bei epitaktischen Depositionsverfahren (Molecular Beam Epitaxy oder Chemical Vapor Deposition). Das Institut ist führend bei der Entwicklung geeigneter Kurzzeit-Tempermethoden mit Laser und Blitzlampe, die die Ausheilung des Implantationsschadens bewirken und somit eine exzellente Materialqualität ermöglichen. Ein in diesem Zusammenhang strategisch wichtiges Materialsystem ist die Gruppe-IV-Legierung SiGeSn. Die Beimischung von Sn zu Ge bewirkt eine Verkleinerung der Energielücke, sodass ein direkter Halbleiter entsteht. Damit wird die Integration effizienterer optoelektronischer Bauelemente auf dem Chip möglich.

Für viele Halbleiterbauelemente ist die selektive und hohe n- oder p-Dotierung entscheidend, die oft nur durch Ionenimplantation erreicht werden kann (Hyperdoping). Zukünftig werden wir uns nicht nur auf reine Materialentwicklung und -charakterisierung beschränken, sondern komplette State-of-the-Art-/High-Performance-Bauelemente mit speziellen Funktionalitäten realisieren. In unserem Reinraum sowie den Nanofabrikationsanlagen präparieren wir Si(GeSn)-Nanodrähte und darauf Nanodraht-Feldeffekttransistoren (FETs). Neuromorphe Schaltkreise werden ambipolar und rekonfigurierbar ausgeführt.

Aufgrund des großen Oberflächen-/Volumen-Verhältnisses bieten sich Nanodrähte auch für chemische oder Biosensoren an. Zur Anwendung dieser Technologie im biomedizinischen Bereich wurde kürzlich eine gemeinsame Forschungsgruppe mit dem Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung etabliert, welche exzellent die in den Leitlinien formulierte Vernetzung zwischen den verschiedenen Fachdisziplinen verdeutlicht. Die Blitzlampentechnologie wird im Helmholtz Innovation Lab Blitzlab im Hinblick auf Anwendungen weiterentwickelt. Die beschriebenen technologischen Verfahren finden auch Anwendungen in anderen Materialklassen, z. B. in magnetischen Materialien oder Oxiden.

Wechselwirkung von (hoch)geladenen, niederenergetischen oder fokussierten Ionenstrahlen mit Festkörper-Oberflächen inkl. atomistischer Simulationen

Das Ionenstrahlzentrum, das vom Institut betrieben wird, hat eine lange Tradition in der Untersuchung der Wechselwirkung von Ionen mit Festkörpern. Ohne grundlegendes Verständnis der Abbremsung von Ionen und der dadurch hervorgerufenen Veränderung in den bestrahlten Materialien lassen sich ionenstrahlbasierte Methoden nicht effizient weiterentwickeln. Insbesondere bei der Nutzung von hochgeladenen und niederenergetischen Ionen sind die Prozesse der Energiedeposition und -relaxation noch nicht vollständig verstanden, da sie im Nicht-Gleichgewicht direkt an der Oberfläche stattfinden. Solche Prozesse erschließen sich durch Untersuchungen der Transmission von hochgeladenen Ionen durch ultradünne Schichten – wie z. B. 2D-Materialien – und durch die Untersuchung von Oberflächenmodifikationen nach Einzelionenbeschuss und kontinuierlicher Erosion. In Kombination und mithilfe von atomistischen Simulationen können solche Beobachtungen das Verständnis der Ionenwechselwirkung in diesem Bereich erweitern und damit die besten Bedingungen für die Dotierung bzw. Defekterzeugung von 2D-Materialien bzw. für Oberflächenmodifikationen vorhersagen.

Im Gegensatz zur großflächigen Bestrahlung bieten fokussierte Ionenstrahlen die Möglichkeit der gezielten lokalen Modifikation und Defekterzeugung bis hin zur deterministischen Einzelionenimplantation für die Quantentechnologie. Flüssigmetall-Ionenquellen stellen hierfür ein breites Spektrum von Dotieratomen zur Verfügung, während im Ionenmikroskop He- und Ne-Ionenstrahlen mit ein bis drei Nanometer Durchmesser zur lokalen Modifikation genutzt werden können. Die Wechselwirkung fokussierter Strahlen mit Nanostrukturen ist ebenfalls noch nicht im Detail verstanden, da dabei Randbedingungen ins Spiel kommen, die zu komplexem Verhalten führen können, z. B. zu inhomogener Dotierung oder Formänderung. Simulationen der Kollisionskaskade in 3D können helfen, die experimentellen Beobachtungen zu interpretieren.

Kurzzeit- und Terahertz-Spektroskopie niederenergetischer Anregungen in Halbleitern und Quantenmaterialien, insbesondere unter Einsatz des Freie-Elektronen-Lasers

Seit der Inbetriebnahme des Freie-Elektronen-Lasers (FEL) an ELBE vor mehr als 15 Jahren betreiben wir die Nutzlabore am FEL. Ebenso relevant ist aber auch die eigenständige Forschung zur Ultrakurzzeit- und Terahertz-Spektroskopie an Halbleitern, 2D-

und Quantenmaterialien sowie deren Hetero- und Nanostrukturen. Ziele sind das Verständnis der Ladungsträgerdynamik sowie die Untersuchung von verschiedenen niederenergetischen, elementaren und gekoppelten Anregungen auch unter starken Feldern bzw. im nichtlinearen Bereich. Solche Anregungen betreffen beispielsweise Phononen, Plasmonen, Magnonen, die Bandlücke von Supraleitern oder Polari-tonen. Mit der Inbetriebnahme der superradianten Terahertz-Quelle TELBE durch das Institut für Strahlenphysik hat sich die existierende Kooperation mit diesem Institut weiter verstärkt. Die durch TELBE noch höheren erreichbaren Terahertz-Felder erweitern unser Forschungsspektrum in Richtung feldgetriebener Nichtgleichgewichtsphänomene, was sich insbesondere im Konzept für das geplante Großgerät DALI niederschlägt. Das Institut spielt hier eine wichtige Rolle im Planungs- und Beantragungprozess, der in den kommenden Jahren bevorsteht.

Strukturelle und elektronische Eigenschaften von 2D-Materialien

Die wissenschaftliche Revolution auf dem Gebiet der 2D-Materialien hat 2004 mit der Isolierung von Graphen begonnen und setzte sich mit der Gruppe der Übergangsmetall-Dichalkogenide (TMDs) fort. Bis heute wurden Hunderte derartiger Materialien nachgewiesen und Tausende sind theoretisch vorhergesagt. Die diesbezüglichen Aktivitäten am Institut umfassen ein weites Spektrum: von der Untersuchung der Ladungsträgerdynamik über Defektbildung und Dotierung bis hin zur Herstellung von (opto-)elektronischen Bauelementen wie zum Beispiel Transistoren oder Detektoren. Aufgrund zusätzlicher experimenteller Ausstattung können wir nun gestapelte Mehrfach- und

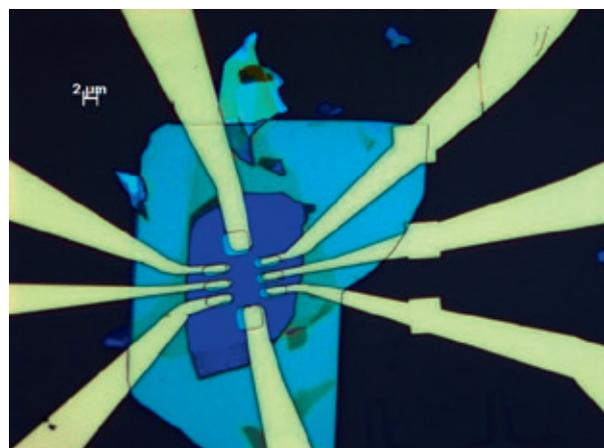


Abb. 20: Heteroschichten von 2D-Materialien: Eine wenige atomare Monolagen dünne Schicht aus schwarzem Phosphor, eingekapselt zwischen zwei Schichten von hexagonalem Bornitrid (hBN). Die acht elektrischen Kontakte sind als Via-Kontakte in die obere hBN-Schicht eingebettet.

Heteroschichten auch mit definiertem Verdrehungswinkel (stacked & twisted) kontrolliert präparieren. In derartigen Strukturen können bislang nicht zugängliche Freiheitsgrade zur Realisierung neuartiger elektronischer Zustände und Prozesse zur Informationsverarbeitung verwendet werden (Valleytronics und Twistronics). Viele der am Institut etablierten Kompetenzen tragen zur Forschung an derartigen Materialien bei: Transportmessungen, optische und Terahertz-Spektroskopie, auch im Magnetfeld oder lokal aufgelöst im Nahfeld, Defekterzeugung und Dotierung durch Ionen oder atomistische Multiskalen-Simulationen.

Hybride Quantensysteme als Bindeglied zwischen Photonik, Elektronik und Magnonik

Die weltweiten Fortschritte in der Quantentechnologie lassen erste breitere Anwendungen in allernächster Zukunft realistisch erscheinen. Wir beschäftigen uns mit der Materialforschung an Plattformen für Qubits. Insbesondere Qubits, die auf Defekten in Halbleitern (z. B. Si und SiC) oder 2D-Materialien (z. B. hBN) basieren, können wir kontrolliert und gezielt durch Ionenimplantation erzeugen. Damit sollen sowohl spinbasierte Qubits als auch Systeme zur Emission von einzelnen bzw. verschränkten Photonen untersucht werden, vorrangig integriert auf Silizium-Substraten – und damit kompatibel zur CMOS-Technologie – und bei Tele-

kom-Wellenlängen. Die Kopplung elektronischer, optischer, magnetischer sowie nanomechanischer Elemente zu hybriden Quantensystemen wird sich zu einem zentralen Schlüssel für die Adressierung und Kontrolle von Qubits in komplexeren Systemen und deren Ankopplung an bereits bestehende elektronische und photonische Kerntechnologien entwickeln.

Im Bereich der Quantensensorik beschäftigen wir uns mit der hochempfindlichen Abbildung (Imaging) magnetischer Strukturen in Festkörpern (z. B. Domänenwände, Skyrmionen), aber auch mit der Detektion von Magnetfeldern in biologischen Systemen. Darüber hinaus lassen diese Quantensensoren sich in optoelektronische Schaltungen bzw. Nanostrukturen integrieren, was schnelle Magnetfeld-, Strom- und Temperaturmessung mit hoher Empfindlichkeit unter extremen Betriebsbedingungen mit potenziellen Anwendungen in der Industrie ermöglicht.

Magnon- und Optospintronics: Neue Hardware-Konzepte für neuromorphes Computing

Im Bereich des neuromorphen oder brain-inspired Computing werden derzeit im Wesentlichen Software-basierte Methoden verwendet. Diese stoßen aber an Grenzen, sodass der Fokus auf der Evaluierung verschiedener Konzepte der Hardware-Realisierung liegen soll. Eine erfolgversprechende Technologie beruht

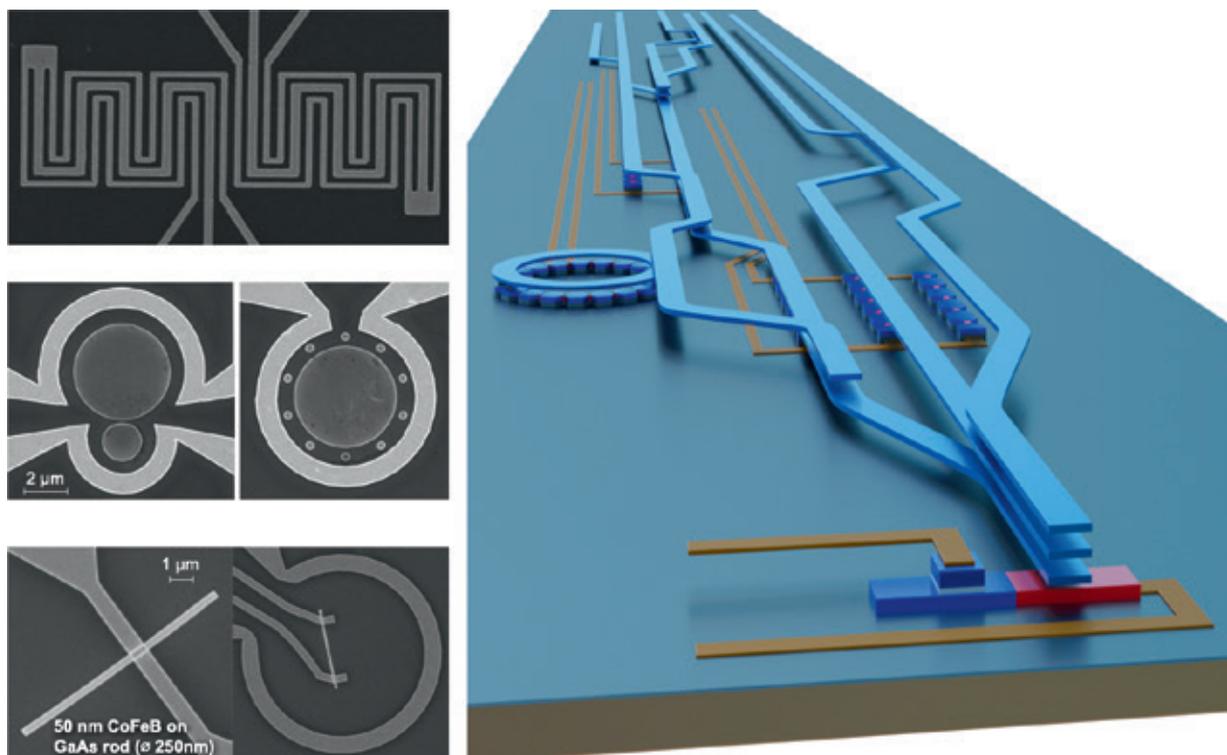


Abb. 21 links: Rasterelektronenmikroskopie an Nano-Hochfrequenzantennen zur Erzeugung nichtlinearer Spinwellen in magnetischen Mikro- und Nanostrukturen. Rechts: Schema zur Kaskadierung fundamentaler Bauelemente aus der Spintronik und Magnonik für neue Ansätze energieeffizienter Datenverarbeitung.

auf den nichtlinearen Eigenschaften von spintronischen Bauelementen. Am Institut werden die (nichtlinearen) dynamischen Eigenschaften von Spintexturen und Magnonen in Spinwellen-Leitern ausgenutzt, um nichtflüchtige Speicher mit rekonfigurierbaren Logik-Funktionalitäten zu verbinden und Taktraten im Terahertz-Bereich zu realisieren. Um diese Möglichkeiten zu erweitern, wird der Einfluss von Krümmung und Topologie auf die Bildung nicht-kollinear Spin-Texturen und auf deren nichtlineare Dynamik erforscht. Diese Untersuchungen erstrecken sich nicht nur auf ferromagnetische Materialien, sondern auch auf Antiferromagnete mit dem Ziel, höhere Frequenzen zu erreichen. Außerdem wird die Wechselwirkung von Magnonen mit Photonen und Plasmonen für eine mögliche Programmierung der Funktionalitäten untersucht. Hier können wir die gesamte Prozesskette abdecken, beginnend bei der Herstellung komplexer Materialien über die Ionenstrahlmodifikation und Nanofabrikation bis hin zur dynamischen Charakterisierung. Die breite Palette an Charakterisierungsverfahren reicht von zeitaufgelösten Techniken im Femtosekundenbereich über State-of-the-Art-Resonanzverfahren zu Spektroskopiemethoden bis in den Terahertz-Bereich hinein. Neben diesen High-end-Anwendungen nutzen wir unser Know-how im Bereich magnetischer Sensorik, um Low-Cost-Anwendungen für verschiedenste Technologien kommerziell zu vermarkten. Dem Helmholtz Innovation Lab FlexiSense, mit dem diese Technologie in die Anwendung transferiert wird, kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

Neben der eigenen Wissenschaft betreibt das Institut das Großgerät **Ionenstrahlzentrum (IBC)** und ist für

die Betreuung der Nutzer*innen im Bereich des **FEL an ELBE** verantwortlich. Auch hier verfolgen wir eine Strategie, um möglichst exzellente Nutzer*innen an das jeweilige Großgerät zu binden. Eine detaillierte Aufstellung dieser Maßnahmen ist in dem jeweiligen Kapitel der Facility zu finden. Im Folgenden soll nur auf neue Akzente eingegangen werden, die das Institut in diesem Bereich setzt.

Beschleuniger-Massenspektrometrie (Accelerator Mass Spectrometry, AMS)

Das Ionenstrahlzentrum betreibt seit einigen Jahren eine Beschleuniger-Massenspektrometrie-Beamline im Nutzungsbetrieb mit eingeschränkter Personalkapazität. Obwohl wir technologisch hervorragend für diese Anwendung aufgestellt sind, liegt das eigentliche Forschungsportfolio der AMS nicht in der Materialwissenschaft, sondern im Bereich der Geo- und Umweltwissenschaften sowie der Astrophysik und Klimafor-schung. Im Jahr 2019 ist es gelungen, eine Professur für Beschleuniger-Massenspektrometrie und Isotopenforschung mit zugehöriger Abteilung zu etablieren. Gemäß der HZDR-Leitlinien ist unser erklärtes Ziel eine intensivere Vernetzung mit den folgenden Insti-tuten:

- Ressourcenökologie im Bereich der Aktiniden
- Fluidynamik im Bereich des solaren Magnetfelds
- Strahlenphysik im Bereich der nuklearen Astrophysik
- Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentech-nologie im Bereich der Spurenanalytik.

Darüber hinaus soll ein neues Portfolio von Nutzer*innen für das IBC erschlossen werden.

Interne/externe Vernetzung, Internationalisierung & Talentmanagement

a) Neben den bereits unter Forschungsportfolio aufgeführten Kooperationen innerhalb des HZDR spielen auch die folgenden eine wichtige Rolle:

- Kooperation mit dem Institut für Strahlenphysik im Bereich der Positronen-Annihilationsspektroskopie an ELBE
- Experimente in hohen oder gepulsten Magnetfeldern am Hochfeld-Magnetlabor Dresden

Das Institut ist hervorragend in die lokale Forschungslandschaft mit der TU Dresden (TUD) als wichtigstem Forschungspartner eingebunden. Beide Institutsleiter sind Professoren an der TUD. Darüber hinaus bestehen vielfältige Verbindungen, die kontinuierlich ausgebaut werden:

- Gemeinsames Labor zur Infrarot-Nahfeldmikroskopie am FEL
- Aufbau gemeinsamer Labore für 2D-Materialien an der TUD durch unsere Abteilung Nanoelektronik
- Berufung des Leiters der neu gegründeten Abteilung Beschleuniger-Massenspektrometrie und Isotopenforschung an das Institut für Kern- und Teilchenphysik der TUD
- Berufung eines langjährigen TELBE-Nutzers an die Physik-Fakultät der TUD und somit verstärkte Einbindung in die wissenschaftliche Planung des zukünftigen Großgeräts DALI
- aktive Mitarbeit bei DRESDEN-concept (SAC II – stellvertretender Sprecher, SAC III) und im Materialforschungsverbund Dresden MFD (Beisitzer im Vorstand)



Abb. 22: Darstellung der HZDR-internen, strategischen Verknüpfungen (farbig hervorgehoben) des Instituts für Ionenstrahlphysik und Materialforschung

Neben der TUD sind hier auch die Verbindungen zur TU Chemnitz (TUC) und zur TU Bergakademie Freiberg (TUBAF) zu nennen:

- gemeinsame Berufung mit der TUC auf dem Gebiet des Dünnschicht-Magnetismus im Rahmen der Helmholtz-Rekrutierungsinitiative
- Einbindung in Forschung und Lehre der TUBAF über zum Teil habilitierte Wissenschaftler*innen des Instituts

Zusätzlich zur Kooperation mit universitären Partnern kommt dem Technologietransfer und dem industriellen Service über die aus dem Institut heraus gegründete **HZDR Innovation GmbH** eine wesent-

Instrumente und Maßnahmen zur Strategieumsetzung

Entsprechend den Empfehlungen des Senats der Helmholtz-Gemeinschaft werden wir unser Engagement auf dem Gebiet der Forschung und Technologie mit Terahertz-Strahlung verstärken; insbesondere werden wir an den Planungen sowie der Erstellung eines Conceptual Design Reports (CDR) für das Großgerät DALI mitwirken. Bei allen Großgeräten soll auf ein ausgewogenes Verhältnis und eine optimale Koordination zwischen den Wissenschaftler*innen, die die Anlagen betreiben, und denen, die sie für die Materialforschung nutzen (Eigenforschung), geachtet werden.

liche Bedeutung zu. Dabei werden auch regelmäßig Projekte gemeinsam mit der lokalen Mikroelektronik-Industrie bearbeitet.

- b) Auf europäischer Ebene nimmt das Institut seine führende Rolle im Bereich der Forschung mit Großgeräten wahr. Das Institut koordiniert sowohl das Konsortium der Ionenstrahl-Nutzungsanlagen als auch das der Synchrotrons und Freie-Elektronen-Laser im Rahmen der europäischen Verbundprojekte RADIATE bzw. CALIPSOplus (Laufzeit endet Oktober 2021). Weiter in die Zukunft weisend ist das Institut aktiv in die Zusammenschlüsse LEAPS (der beschleunigerbasierten Strahlungsquellen) und ARIE (Analytical Research Infrastructure in Europe) eingebunden. Die internationale Einbindung in die jeweiligen Forschungscommunities geschieht über die Mitwirkung in Programm- und Beirats-Komitees von Vereinigungen (z. B. IEEE) und internationalen Konferenzen (z. B. IBMM, IRMMW-THz), die auch zum Teil schon seitens des Instituts ausgerichtet wurden.

- c) Zur Förderung von Talenten verschiedener Erfahrungsstufen haben wir uns in der Vergangenheit bemüht, selektiv exzellente Mitarbeiter*innen für das Institut zu gewinnen, und zwar einerseits im Rahmen des High-Potential-Programms am HZDR, aber auch bei der Einstellung von Doktorand*innen, Post-Doktorand*innen und Nachwuchsgruppenleiter*innen. Post-Doktorand*innen ermutigen wir zur Beantragung eigener DFG-Projekte. Der Erfolg ist durch eine Vielzahl laufender DFG-Projekte belegt. Die Ausbildung von Doktorand*innen wird seit 2018 durch ein auf vier Workshops ausgelegtes Curriculum zur Verbesserung ihrer Soft Skills (Zeit- und Projektmanagement, Präsentationstechniken) abgerundet.

Mit der kürzlich geschaffenen Abteilung für Beschleuniger-Massenspektrometrie soll dieses Angebot auf neue Nutzer*innen des IBC aus den Geo- und Umweltwissenschaften sowie der Klimaforschung ausgedehnt werden. Perspektivisch wollen wir das IBC mit einem ACcelerator-Driven ion beam Complex (ACDC), der einerseits den Energiebereich des IBC nach oben abrundet und andererseits höhere Ionenströme zur Verfügung stellt, erweitern. Neben der wissenschaftlichen Nutzung können damit zusätzlich industrielle Anwendungen im Bereich der Mikroelektronik und Elektro-

mobilität effizienter bearbeitet werden. Schließlich wird die wissenschaftspolitische Entscheidung, positiv oder negativ, zur Realisierung von ACDC, aber auch von DALI einen gravierenden Einfluss auf die weitere Entwicklung des Instituts haben.

Zur Erhöhung der Sichtbarkeit des IBC soll die Leitungsposition (analog zur ELBE) mit einer Professur

ausgestattet werden. Im Jahre 2026 steht die Nachbesetzung einer der Institutsleitungsstellen an. Die genaue Ausgestaltung dieser Stelle soll im Rahmen der strategischen Ausbaumaßnahmen DALI bzw. ACDC erfolgen. Aufgrund der weitreichenden Umstrukturierungsmaßnahmen in den letzten Jahren sind für die nähere Zukunft keine weiteren strukturellen Maßnahmen geplant.

Digitalisierung

Unser Anspruch ist es, die Messmöglichkeiten an den Großgeräten kontinuierlich weiterzuentwickeln und damit international an der Spitze zu bleiben. Dabei kommt der Digitalisierung eine besondere Bedeutung zu: Es wird ein zentraler Hub für die Verbreitung und Nutzung der speziellen Softwarepakete zur Datenauswertung und Simulation der Ionen-Festkörper-Wechselwirkung bereitgestellt. Durch die Fortführung der Automatisierung und Fernsteuerung von Messgeräten und Anlagen werden „Experiments as a Service“ für Remote-Nutzer*innen zur Verfügung stehen. In diesen Bereich fällt auch die KI-gestützte Optimierung

von Strahlführung und Quellen im IBC. Dies geht einher mit der Einführung eines digitalen Workflows, angefangen bei einem elektronischen Proposal- und Probenmanagement über elektronische, automatisierte Laborbücher mit Reporting bis hin zum öffentlichen Datenrepositorium einschließlich Open-Data-/FAIR-Data-Management. Schließlich soll auch unsere eigene Forschung zu Materialien für zukünftige Informationstechnologien, Nanostrukturen sowie zur Terahertz-Technologie einen Beitrag zur Digitalisierung leisten.

Zusammenfassung

Die Untersuchung von Materialien und Nanostrukturen für nachhaltige Anwendungen in der Informationstechnologie steht im Mittelpunkt unseres Interesses. Der Nutzung unserer Großgeräte kommt dabei eine Schlüsselstellung zu. Wir betreiben und entwickeln das Ionenstrahlzentrum, um einer internationalen Nutzercommunity die Möglichkeiten zur Ionenstrahlmodifikation von Materialien zu bieten und gleichzeitig bestmögliche analytische Tools zur Charakterisierung dieser Materialien zur Verfügung zu stellen. Unsere Arbeiten mit Terahertz-Strahlung sind ein wichtiges Forschungsgebiet am

ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen und stellen die Basis für eine zukünftige Entwicklung von DALI dar. Wir koordinieren europäische Verbundprojekte und leisten damit unseren Beitrag zur Schaffung einer europäischen Forschungslandschaft. Über die Grundlagenforschung hinaus suchen wir nach Anwendungen unserer Forschungsergebnisse und Technologien gezielt in interdisziplinären Bereichen und heben damit das Synergiepotenzial am HZDR. Über unsere Helmholtz Innovation Labs und die HZDR Innovation GmbH transferieren wir unser Wissen und unsere Technologie in die Gesellschaft.





Mission

Fortschritte in der Physik können nur durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Theorie und Experiment erreicht werden – unterstützt durch Simulationen. Daher sind am HZDR an den diversen Instituten auch theoretisch arbeitende Physiker*innen tätig, um die Planung, Durchführung und Auswertung der Experimente zu unterstützen. Im Gegensatz zu Experimentalphysiker*innen, deren Arbeitsweise stark durch den vorhandenen oder geplanten Laboraufbau bestimmt wird, basiert der Zugang von theoretischen Physiker*innen typischerweise eher auf Methoden – wodurch letztere leichter ihre Erkenntnisse von einer Fachdisziplin auf eine andere übertragen können. Dieser Transfer ist sehr fruchtbar, da die Natur oft dieselben physikalischen Prinzipien in völlig verschiedenen Systemen „anwendet“. Um das Forschungspotenzial am HZDR voll auszunutzen,

ist daher ein übergreifender Ansatz notwendig, welcher über die Grenzen der Fachdisziplinen und der einzelnen Institute hinausgeht.

Dies war eine der Hauptmotivationen für die Gründung der Abteilung für Theoretische Physik am HZDR, welche – als Abteilung, also ohne Institutszugehörigkeit – direkt unterhalb des Vorstands angesiedelt ist. Nach einer erfolgreichen Pilotphase soll diese Abteilung zum Institut für Theoretische Physik weiterentwickelt werden. Dabei wird angestrebt, dass dieses neue Institut auch als Plattform für weitere theoretisch arbeitende Kolleg*innen in den anderen Instituten bzw. Zentralabteilungen dient, um den oben beschriebenen Transfer erfolgreich leisten zu können.



Prof. William George Unruh (rechts) von der University of British Columbia in Vancouver war als Helmholtz International Fellow zu Gast bei Prof. Ralf Schützhold, dem Leiter der wissenschaftlichen Abteilung „Theoretische Physik“.

Forschungsportfolio und Weiterentwicklung

Als eine gemeinsame Klammer – und passend zu den Experimenten am HZDR – stehen bei uns **Nichtgleichgewichtsphänomene** im Vordergrund. Hierbei haben wir sehr verschiedene physikalische Systeme im Blick: von kalten Atomen oder Ionen über extrem starke Laserfelder bis hin zur Gravitationsphysik, wobei sich oft erstaunliche Parallelen ergeben.

Ein wichtiger Forschungsschwerpunkt ist die **Physik starker Felder**, bei der unter anderem Effekte wie die Vakuum-Doppelbrechung oder die Elektron-Positron-Paarerzeugung auf unserer Agenda stehen. Diese sollen an Großgeräten – also z.B. an der Helmholtz International Beamline for Extreme Fields (HIBEF) am European XFEL oder an den ELI BEAMLINES – experimentell verifiziert werden. Perspektivisch könnten sich Anwendungsmöglichkeiten durch die Untersuchung der dynamisch assistierten Kernfusion ergeben (siehe Abbildung 23). Diesen Schwerpunkt bearbeiten wir in enger Kooperation mit dem Institut für Strahlenphysik, wobei auch eine Kooperation mit dem Helmholtz-Institut Jena aufgebaut werden soll. Es ist angestrebt, diesen Forschungsschwerpunkt weiter zu stärken, um zukünftige Entwicklungen wie etwa HIBEF 2.0 adäquat unterstützen zu können.

Stark korrelierte Systeme bilden einen weiteren wichtigen Forschungsschwerpunkt unserer Abteilung. Hierbei besteht eine enge Kooperation mit dem Sonderforschungsbereich (SFB) 1242 „Nichtgleichgewichtsdynamik kondensierter Materie in der Zeitdomäne“, dessen zweite Förderperiode 2020 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) bewilligt wurde, wobei das HZDR eine Stelle für eine*n Doktoranden*in erhält (Hauptantragsteller ist die Universität Duisburg-Essen). Es ist geplant, diese Kooperation fortzuführen. Weiterhin bietet dieser Forschungsschwerpunkt Anknüpfungspunkte zum Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD), weshalb wir dazu eine engere Zusammenarbeit anstreben.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung interessieren wir uns für die **Ladungsträgerdynamik in Graphen**. Der von uns vorhergesagte und bereits experimentell verifizierte magneto-photoelektrische Effekt in diesem Material verspricht perspektivische Anwendungsmöglichkeiten, welche wir weiterverfolgen wollen.

Zu unserem Forschungsportfolio gehört zudem die **Quantentechnologie**¹⁵. Hierzu zählen Quanten-Algorithmen, Quanten-Gatter, Quanten-Simulatoren, Quanten-Sensorik sowie allgemeinere Aspekte der Quanten-Informationstheorie, wie z.B. die Verschränkung. Dazu ist geplant, Kooperationen mit CASUS, dem Center for Advanced Systems Understanding, anderen HZDR-Instituten sowie Helmholtz-Zentren aufzubauen und zu intensivieren. Hier sind natürlich ebenso perspektivische Anwendungsmöglichkeiten zu erwarten.

Die oben genannten Themen werden bereits von uns bearbeitet. Zusätzlich ist beabsichtigt, die Untersuchung des Potenzials **Künstlicher Intelligenz (KI)** – z.B. im Hinblick auf stark korrelierte Systeme oder auf die Quantentechnologie – als neuen Forschungsschwerpunkt zu etablieren. Dazu sind Kooperationen mit CASUS, der Zentralabteilung Informationsdienste und Computing sowie weiteren Instituten und Zentren geplant.

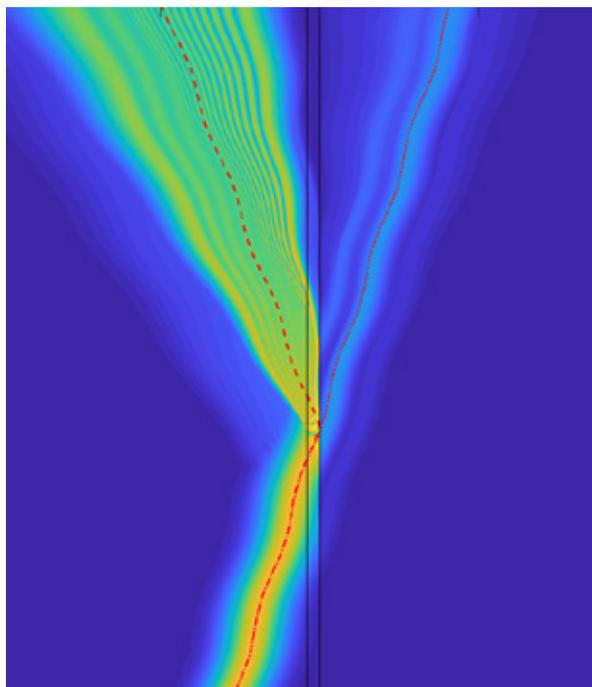


Abb. 23: Evolution eines Wellenpakets beim dynamisch assistierten Tunneln als einfaches Modell für dynamisch assistierte Kernfusion.

¹⁵ Vgl. das Strategie-Papier „Quantentechnologien in der Helmholtz-Gemeinschaft“

Vernetzung und Internationalisierung

Die Vernetzung innerhalb des HZDR wurde bereits oben beschrieben. Darüber hinaus existieren persönliche Kooperationen – hier ist stellvertretend Prof. William G. Unruh zu nennen, der bereits als Helmholtz International Fellow am HZDR zu Gast war (siehe Foto auf Seite 103) – und Kooperationen zu Forschungseinrichtungen, die teils etabliert und teils fortgeführt und intensiviert werden sollen:

- Weiterführung der bestehenden engen Kooperation mit der Fakultät für Physik an der Universität Duisburg-Essen im Rahmen des SFB 1242 „Nichtgleichgewichtsdynamik kondensierter Materie in der Zeitdomäne“
- Ausbau der Zusammenarbeit mit der TU Dresden auf dem Gebiet stark korrelierter Systeme im Rahmen von DRESDEN-concept
- Anbahnung neuer Kooperationen auf Basis des bestehenden Partnerstatus bei der Initiative „Quantum Simulators for Fundamental Physics“, die 2020 vom Science and Technology Facilities Council (STFC) und dem Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC) Großbritanniens bewilligt wurde und an der mehrere Universitäten in Großbritannien und weitere internationale Partner beteiligt sind
- Verstärkung der Kooperation mit dem Helmholtz-Institut Jena und der Friedrich-Schiller-Universität Jena mit dem Ziel, Experimente an Großgeräten (z. B. HIBEF) zu unterstützen
- gemeinsame Berufungen mit der Universität Jena auf dem Gebiet der Starkfeld-Physik
- Intensivierung bestehender Kooperationen mit Einrichtungen in Tschechien und Polen, z. B. ELI Beamlines in Prag oder Ausrichten des Max-Born-Symposiums in Kooperation mit der Universität Wrocław

Als Indikator der internationalen Ausrichtung unserer Abteilung kann die folgende Statistik dienen: Im Jahr 2021 stammen über 50 Prozent des wissenschaftlichen Personals nicht aus Deutschland. Abgesehen von den zukünftigen Student*innen soll diese Quote auch weiterhin anvisiert werden.

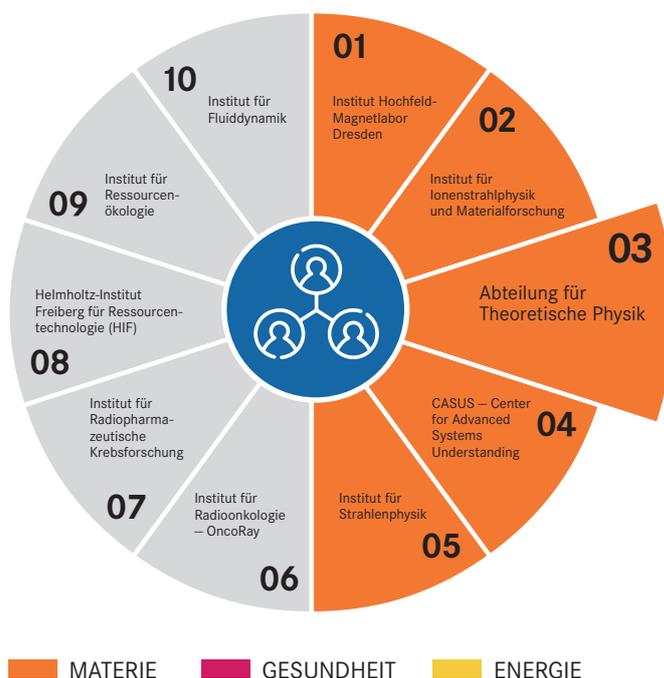


Abb. 24: Darstellung der HZDR-internen, strategischen Verknüpfungen (farbig hervorgehoben) der Abteilung für Theoretische Physik

Instrumente und Maßnahmen zur Strategieumsetzung

Es ist unser Anspruch, die folgende Kette in ihrer Gesamtheit abzubilden und zu bearbeiten:

- (1) Erarbeitung der physikalischen Grundlagen
- (2) Herleitung von entsprechenden experimentellen Vorhersagen
- (3) Begleitung der Planung, Durchführung und Auswertung der Experimente
- (4) Erarbeitung von praktischen Anwendungsmöglichkeiten (z.B. Prototypen, Patente)

So sind die Ladungsträgerdynamik in Graphen oder die Quantentechnologie – etwa, was die Quanten-Mus-

terererkennung anbelangt – Kandidaten für mögliche patentierbare Ideen. Vor diesem Hintergrund soll das zukünftige Institut für Theoretische Physik sehr breit aufgestellt werden – nicht zuletzt, um auf neue Entwicklungen vorbereitet zu sein. Neben der bereits erwähnten Initiative HIBEF 2.0 ist geplant, durch geeignete Personalentwicklung den Science Case von DALI von theoretischer Seite aus zu stärken. Um den neuen Forschungsschwerpunkt Künstliche Intelligenz (KI) optimal voranzubringen, streben wir zudem gemeinsame Stellenbesetzungen mit CASUS und der Zentralabteilung Informationsdienste und Computing an.

Im Wettbewerb um die Rekrutierung der besten Köpfe ist es auch weiterhin unser Anspruch, international führende Wissenschaftler*innen an das Zentrum zu holen. Ein wichtiges Instrument ist das High Potential Program, über das es uns bereits gelungen ist, exzellente Wissenschaftler*innen zu gewinnen.

Als weiteres wichtiges Element ist die Einrichtung von Nachwuchsgruppen zu nennen. Neben Nachwuchsgruppen der Helmholtz-Gemeinschaft selbst bietet sich hierbei u. a. das Emmy-Noether-Programm der DFG an.

Auf einer früheren Stufe der wissenschaftlichen Karriere sollen exzellente Bachelor- und Master-Student*innen

sowie Doktorand*innen rekrutiert werden. Um erfolgreich sehr gute Student*innen von der TU Dresden zu erreichen, sind regelmäßige Vorlesungen geplant. Weitere Instrumente der Nachwuchsförderung, wie Praktika, Facharbeiten oder Besondere Lernleistungen für Schüler*innen, Projekte für studentische oder wissenschaftliche Hilfskräfte und die Beschäftigung von Sommerstudent*innen, sollen beibehalten und weiter intensiviert werden.

Aufgrund des typischerweise leider nicht ausgewogenen Geschlechterverhältnisses gerade in der Theoretischen Physik sehen wir es als notwendig an, Wissenschaftlerinnen besonders zu fördern – nicht zuletzt als „role models“ für den Nachwuchs.

Digitalisierung

Um den digitalen Wandel mitzugestalten, sind verschiedene Aktivitäten geplant: Zum einen wollen wir erforschen, in welchen Fällen moderne Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) zum besseren Verständnis physikalischer Fragestellungen verhelfen. Hierbei bieten sich zuerst stark korrelierte Systeme als passende Untersuchungsobjekte an. Danach sollen diese Studien auf andere physikalische Systeme ausgedehnt werden. Als weitere Aktivität wollen wir entsprechende Quan-

ten-Algorithmen erforschen. Dabei ist zu erwarten, dass diese die nächste Stufe der digitalen Evolution oder gar Revolution darstellen. Besonders interessant sind Kombinationen beider Konzepte, also Methoden der KI in Verbindung mit Quanten-Algorithmen, etwa zum Zweck der Mustererkennung. Diese Aspekte versprechen ein hohes Innovationspotenzial und stehen ebenfalls auf unserer Forschungsagenda.

Zusammenfassung

Die Abteilung für Theoretische Physik verfolgt einen übergreifenden Ansatz. Dieser geht über die Grenzen der Fachdisziplinen und der einzelnen HZDR-Institute hinaus. Hierbei stellen Nichtgleichgewichtsphänomene eine gemeinsame Klammer dar. Die bisherigen Forschungsschwerpunkte – die Physik starker Felder und stark korrelierter Systeme, die Ladungsträgerdynamik in Graphen sowie die Quantentechnologie – sollen beibehalten werden, als neuer Forschungsschwerpunkt sollen Anwendungen der Methoden der KI hinzukommen.

Im Zuge der Weiterentwicklung zum Institut für Theoretische Physik soll – zusätzlich zu den bereits bestehen-

den Kooperationen – der Science Case von DALI und HIBEF 2.0 von theoretischer Seite aus gestärkt werden. Es ist dabei unser Anspruch, die gesamte Kette – soweit jeweils möglich – von

- (1) der Erarbeitung der physikalischen Grundlagen über
- (2) die Herleitung von entsprechenden experimentellen Vorhersagen sowie
- (3) die Begleitung der Planung, Durchführung und Auswertung der Experimente bis hin zur
- (4) Erarbeitung von praktischen Anwendungsmöglichkeiten (z. B. Prototypen bzw. Patente) zu bearbeiten.



Center for Advanced Systems Understanding (CASUS)



Der Dialog mit der interessierten Bevölkerung ist für viele HZDR-Mitarbeiter*innen ein wichtiges Anliegen. Viel Interesse am neuen CASUS-Institut gibt es in diesem Zelt mitten in der Görlitzer Innenstadt.

Mission

Das Center for Advanced Systems Understanding (CASUS) wurde vom HZDR sowie den Partnern Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ in Leipzig, Max-Planck Institut für molekulare Zellbiologie und Genetik (MPI-CBG) in Dresden, Technische Universität Dresden und Universität Wrocław in Polen im August 2019 gegründet. Im Juni 2021 wurde CASUS durch ein international besetztes Gutachtergremium wissenschaftlich evaluiert mit der klaren Empfehlung zur Verstärkung.

Wir bekennen uns zu Open Science als zentralem Bestandteil unserer Mission, unserer Methoden und unseres Selbstverständnisses. Wir denken heute an die Herausforderungen von morgen und setzen zu ihrer Lösung auf die **multidisziplinäre, datenintensive Systemforschung**. Wir nutzen Methoden aus der angewandten Mathematik, der Datenwissenschaft, dem wissenschaftlichen Rechnen und der Systemtheorie, um **die komplexen Systeme zu entschlüsseln, die**

Mensch und Umwelt bestimmen. So findet CASUS Antworten auf entscheidende Fragen, die die Menschen heute und in Zukunft bewegen.

Wir entwickeln Lösungen für drängende Fragen in Wissenschaft und Gesellschaft. Dabei greifen wir auf große Mengen hochqualitativer Daten zurück, welche wiederum von den einzigartigen Forschungsinfrastrukturen des HZDR, der Helmholtz-Gemeinschaft und unserer Partner produziert werden. Diese Daten bilden die Grundlage für die am CASUS erarbeiteten digitalen Lösungen, die über die Grenzen wissenschaftlicher Disziplinen hinweg ihren Einsatz finden. Hierfür ist eine enge Verzahnung mit allen Forschungsinstituten und Forschungsbereichen des HZDR von großer Bedeutung. Wir sehen die Zukunft der Forschung als interdisziplinäre, datengetriebene Synthese der vielfältigen Ergebnisse aus einer starken Grundlagenforschung. Diese Synthese führt zu einem umfassenden, systemwissenschaftlichen Verständnis komplexer Systeme.

Forschungsportfolio und Weiterentwicklung

Die verbindende Grundlage der Forschung am CASUS ist die datengetriebene Erforschung komplexer Systeme. Beispiele sind:

- die Entwicklung neuer digitaler Verfahren zur Erforschung von Materie unter dem Einfluss extremer Temperaturen, Drücke und Felder sowie bei extrem hohen Dichten
- die Nutzung von Künstlicher Intelligenz, um mithilfe von Daten die Krebsdiagnose und -therapie für Patient*innen individuell zu verbessern

Um dies zu erreichen, bauen wir interdisziplinäre Forschungsteams aus Domänenwissenschaftler*innen, Mathematiker*innen, Informatiker*innen und Datenwissenschaftler*innen auf.

Unser erklärtes Ziel ist es, das CASUS als Forschungszentrum an der internationalen Spitze einer zunehmend digitalisierten Wissenschaft zu etablieren. Die Nutzung datengetriebener Methoden und Künstlicher Intelligenz sowie neuartiger Technologien wie Exascale- und Quantencomputing bieten bisher nicht dagewesene Möglichkeiten zur Untersuchung komplexer Systeme. Das CASUS wird auf seinen bereits bestehenden Kompetenzen aufbauen, diese stärken und neue Methoden entwickeln, um diese über die Grenzen zwischen Forschungsdisziplinen hinweg einzusetzen.

Das Institut nutzt dabei die an den Forschungsinfrastrukturen des HZDR sowie seiner Partner entstehenden Forschungsdaten. Datengetriebene Wissenschaft hat in den letzten Jahren vollständig neue wissenschaftliche Ansätze und Forschungsfelder eröffnet und die wissenschaftliche Forschung selbst verändert.

Wissenschaftliche Daten, ihre Herkunft, Qualität, ihr Lebenszyklus von der Datennahme bis zur Analyse und nachhaltigen Nutzung sowie Bereitstellung und die zentrale Rolle offener, fairer Daten und offener digitaler Wissenschaft bilden die Grundlage für eine nachhaltige, vertrauenswürdige, nachvollziehbare und reproduzierbare Digitalisierung der Wissenschaft.

Das CASUS entwickelt mit und für diese Daten neuartige, offen zugängliche digitale Lösungen, um ein umfassendes Verständnis komplexer Systeme aus der Synthese des Wissens und der fortschrittlichsten Methoden unterschiedlicher Forschungsbereiche zu entwickeln. Beispiele hierfür sind skalenübergreifende Modelle der dynamischen Eigenschaften lebender Materie oder von Materie unter den Bedingungen, wie sie im Inneren mancher Sterne und Planeten herrschen. Forscher*innen aus den unterschiedlichsten Disziplinen werden am CASUS Herausforderungen wie den globalen Wandel und seine lokalen Auswirkungen, den zunehmenden Verbrauch von Energie und Ressourcen, die Veränderung von Ökosystemen und biologischer Vielfalt sowie die Vorbeugung und Therapie weitverbreiteter Krankheiten wie beispielsweise Krebs durch die Verbindung von Daten, Erkenntnissen und Kompetenzen aus verschiedenen Forschungsbereichen gemeinsam angehen. Deshalb tritt das CASUS mit dem klaren Selbstverständnis an, kein Forschungsinstitut mit einem einzigen Schwerpunkt zu sein. Mit einer gemeinsamen wissenschaftlichen Grundlage und Methodik der datengetriebenen Systemforschung plant das Institut, in Zukunft neue Maßstäbe in einer multidisziplinären, digitalen Erforschung komplexer Systeme zu setzen.

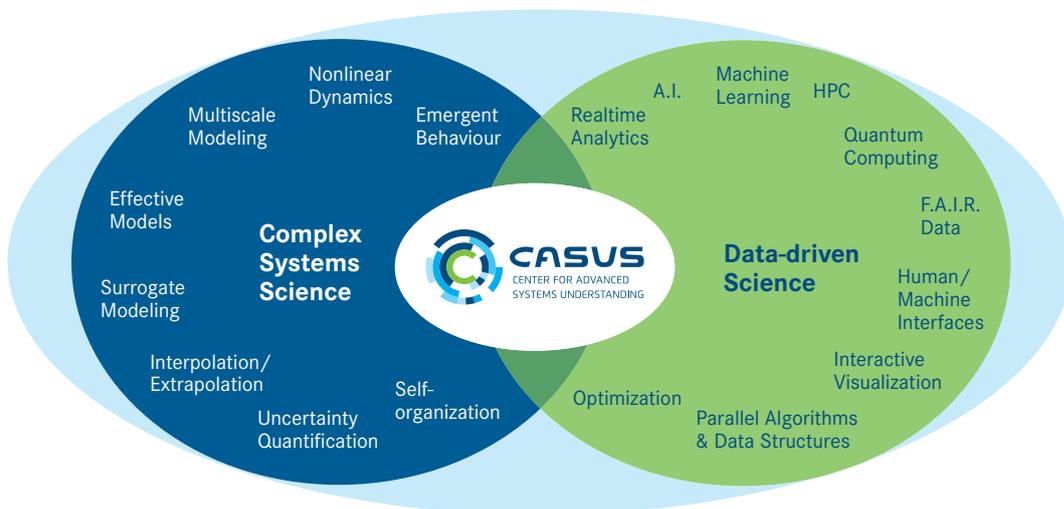


Abb. 25: Das CASUS als Institut für die datengetriebene Erforschung komplexer Systeme

Vernetzung und Internationalisierung

Wir stellen die am CASUS entwickelten, digitalen Lösungen als Open Source für alle wissenschaftlichen Disziplinen zur Verfügung und nutzen unsere Schlüsselkompetenzen in Bereichen wie Hochleistungsrechnen, Künstliche Intelligenz und Mensch-Maschinen-Interaktion sowie neue Technologien wie das Quantencomputing. Wir verpflichten uns und fördern die Ziele von offenen, F.A.I.R.en wissenschaftlichen Daten und Lösungen als Voraussetzung einer offenen, interdisziplinären und inklusiven Wissenschaft. Gemeinsam mit starken internationalen Partnern entwickeln wir offene Standards für Daten, Metadaten und digitale Methoden, bieten Zugang zu Forschungsdaten und den Werkzeugen, diese zu verstehen, sowie zu unseren Kompetenzen und befördern so die Verbreitung von Wissen für eine datengetriebene Systemforschung. CASUS Open X ist hierfür unser umfassendes strategisches Programm zur Vernetzung und zum Transfer von Wissen und Lösungen in Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft.

Am HZDR bestehen bereits umfangreiche Kollaborationen mit dem Institut für Strahlenphysik in den Bereichen Laser-Plasmabeschleunigung und Materie unter extremen Bedingungen, in der Datenanalyse für die Helmholtz International Beamline for Extreme Fields (HIBEF), im Bereich Hochleistungsrechnen und dem Einsatz Künstlicher Intelligenz. Gemeinsam mit den Instituten für Radioonkologie – OncoRay und für Radiopharmazeutische Krebsforschung sowie dem Nationalen Centrum für Tumorerkrankungen (NCT) Dresden planen wir den Einsatz von Künstlicher Intelligenz für die schnelle Bildgebung und -analyse, die In-situ-Optimierung der Krebsbestrahlung sowie für die bessere Nutzung von Patient*innendaten für die Therapie.

Weitere Kooperationen zur schnellen Datenfusion und zur Nutzung Künstlicher Intelligenz beim Einsatz von Drohnen zur Fernerkundung werden demnächst mit dem Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) begonnen. Mit der Abteilung für Theoretische Physik arbeiten wir im Bereich Quantentechnologien sowie zur Untersuchung der Physik extremer Felder zusammen. Ein intensiver Austausch existiert mit der Zentralabteilung Informationsdienste und Computing, und hier vor allem in den Schwerpunkten Künstliche Intelligenz (Helmholtz.AI), föderierte Informationsstrukturen (HIFIS), Metadaten (HMC, Heliport) sowie im Bereich Exascale- und Quantencomputing. Darüber hinaus ist eine Zusammenarbeit mit weiteren HZDR-Instituten in Planung.

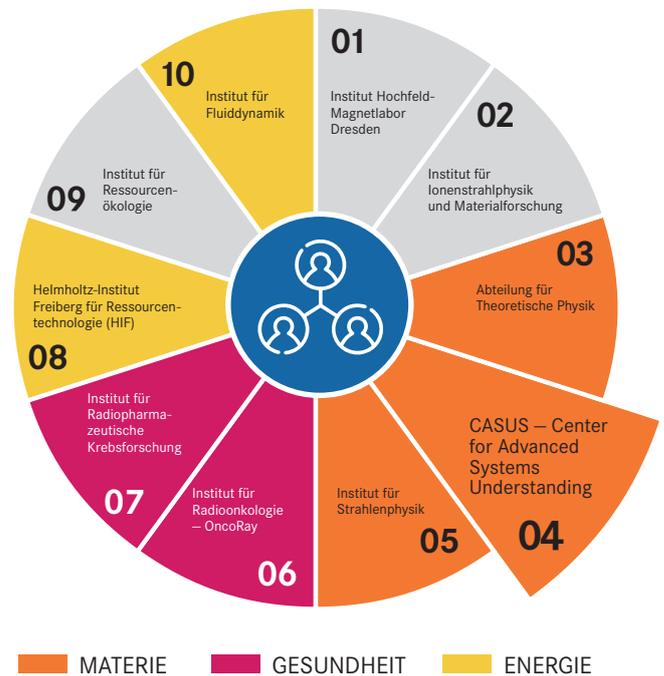


Abb. 26: Darstellung der HZDR-internen, strategischen Verknüpfungen (farbig hervorgehoben) des CASUS-Instituts

Innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft ist das CASUS maßgeblich an der Digitalisierungsstrategie in den Bereichen digitale Zwillinge sowie neuartige digitale Infrastrukturen beteiligt, ebenso am Inkubator Information & Data Science mit den Projekten Helmholtz.AI, HIFIS, HMC und HIP sowie in der Leitung des Topics Data Management and Analysis des Forschungsbereichs MATERIE.

Das CASUS ist ein wichtiger Bestandteil der Netzwerke seiner sächsischen Partner TU Dresden, UFZ und MPI-CBG und gründet derzeit mit Partnern in der Lausitz – darunter HSZG, Senckenberg, IHI Zittau, DLR, Siemens und die Europastadt Görlitz – das Netzwerk HiLusatia! Es ist zudem Partner beim nationalen Kompetenzzentrum für skalierbare Datenanalyse und Künstliche Intelligenz ScaDS.AI. Auf nationaler Ebene ist CASUS Teil der NFDI-Projekte DAPHNE und PUNCH4NFDI.

Internationalisierung

Seit August 2019 konnten wir Wissenschaftler*innen aus über 18 Ländern rekrutieren. Das CASUS hat aufgrund seiner Gründungsidee als deutsch-polnisches Institut enge Kontakte zu polnischen Institutionen und Partnern, insbesondere zur Universität Wrocław, aber auch zur Wrocław University of Science and Technology sowie zur Wrocław University of Environmental and Life Sciences und dem International Center for Mathematical and Computational Modelling der Universität Warschau.

Auf EU-Ebene sind wir mit EOSC-Projekten, u.a. ESCAPE und PANOSC, verbunden. Zudem konnten wir in kurzer Zeit enge Kontakte zu einer Vielzahl internationaler Partner aufbauen, unter ihnen die DOE-Laboratorien LBNL, LLNL, ORNL und SNL, zu einer Vielzahl

von US-Universitäten (Berkeley, Princeton, Merced, Delaware, Georgia Tech, Maryland), außeruniversitärer Forschungseinrichtungen wie dem Flatiron Institut sowie zu Großforschungseinrichtungen wie ELI Beamlines, European XFEL und CERN.

Das CASUS-Open-Exchange-Programm beinhaltet vielfältige Instrumente zur internationalen Vernetzung. Dazu gehören Open Projects zur Startfinanzierung gemeinsamer Projekte, Topical Study Groups für längere gemeinsame Aufenthalte von Forschungsgruppen oder das Visiting-Faculty-Programm zur Zusammenarbeit mit internationalen Spitzenwissenschaftler*innen. Zusammen mit weiteren Instrumenten soll CASUS so ein internationaler Anziehungspunkt für die datengetriebene Systemforschung werden.

Talent Management

Das Institut hat ein eigenes International Office, das sich eng mit der Rekrutierung von Spitzenwissenschaftler*innen aus der ganzen Welt befasst. Wir haben ein eigenes On-Boarding-Konzept umgesetzt und entwickeln derzeit ein Dual-Career-Konzept für die Grenzregion Lausitz/Niederschlesien.

Das CASUS-Open-for-Talents-Programm entwickelt mehrere Instrumente für das Talentmanagement, darunter CASUS Young Investigator Groups und CASUS Postdoctoral Fellows. Dabei wird Wert auf eine offene, inklusive und diverse Wissenschaftskultur gelegt. Als Institut an der deutsch-polnischen Grenze wollen wir insbesondere jungen Wissenschaftler*innen am Be-

ginn ihrer Karriere die enge Zusammenarbeit mit den Exzellenzuniversitäten TU Dresden und Universität Wrocław ermöglichen.

Wir fördern besonders Talente, die interdisziplinär an den Schnittstellen zwischen Forschungsdisziplinen arbeiten und über Expertise in Bereichen wie Datenwissenschaften, wissenschaftlichem Rechnen, Informatik oder angewandter Mathematik verfügen. Mit dem CASUS Professional Support bauen wir ein eigenes High-Level-Support-Team auf, das Karrierechancen und langfristige Perspektiven für Research Software Engineers bietet.

Transfer

Das CASUS-Open-World-Programm fördert gezielt den Transfer in andere Wissenschaftsdisziplinen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Beispiel hierfür sind eine Vielzahl von Open-Source-Lösungen, die weltweit genutzt werden. Für das Projekt zum optimalen Einsatz von Corona-Tests mit dem Namen Where2Test erhielten wir eine Förderung durch den Freistaat Sachsen in Höhe von einer Million Euro. Zwei EU-IMI-Projekte werden gemeinsam mit mehreren Pharmaunternehmen wie Pfizer, Bayer und Roche durchgeführt und von diesen teilfinanziert. Hierbei geht es um die Nutzung großer Mengen von Patientendaten und Künstli-

cher Intelligenz, um die Diagnostik und Therapie von Krebserkrankungen zu verbessern. Bei PIONEER steht Prostatakrebs und bei OPTIMA Prostata-, Brust- und Lungenkrebs im Mittelpunkt. Weiterhin wird gemeinsam mit der Universität Wrocław, der Wrocław University of Science and Technology sowie der Firma Neurosoft in Wrocław derzeit ein Central European Cluster for Unmanned Autonomous Vehicles gegründet. Weitere Zusammenarbeit mit der Industrie existiert für neue Technologien, wie den SYCL-Standard für HPC- und Edge-Computing, sowie zur Nutzung von Drohnen für die Sicherung von Häfen und Schiffen (EU-Projekt RAPID).

Maßnahmen zur Strategieumsetzung

Die durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) zu 90 Prozent und das Sächsische Staatsministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus zu zehn Prozent finanzierte Anfangsphase endet Ende März 2022. Das CASUS-Gründungskonzept sowie diese erste Projektphase wurden im Juni 2021 von einer unabhängigen, international besetzten Gutachterkommission evaluiert. Diese stellte fest, dass das CASUS auf jeden Fall weitergeführt werden sollte. Sie zeigte sich überzeugt davon, dass das beim CASUS realisierte Konzept auf lange Zeit tragen werde.

Diesem klaren, positiven Votum folgte im September 2021 die Unterzeichnung einer gemeinsamen Erklärung durch Prof. Wolf-Dieter Lukas, Staatssekretär im BMBF, und Sachsens Ministerpräsidenten Michael Kretsch-

mer, die die 90/10-Finanzierung für das CASUS durch den Bund und das Land Sachsen bis zum Jahr 2038 aus Mitteln des Strukturstärkungsgesetzes sichert. Am selben Tag wurde zudem der Kooperationsvertrag zwischen dem HZDR und den CASUS-Gründungspartnern TU Dresden, UFZ Leipzig und MPI-CBG unterzeichnet, in dem die Zusammenarbeit der Partner geregelt wird. Bereits in Planung ist der Bau eines eigenen Institutsgebäudes für etwa 120 Mitarbeiter*innen am Ort des Alten Kondensatorenwerks in Görlitz. Zudem soll eine eigene, TIER-3-IT-Infrastruktur für Hochleistungsrechnen, Künstliche Intelligenz und sichere Cloud-Services sowie zur Nutzung innovativer Computertechnologien und für die Mensch-Maschine-Interaktion geschaffen werden.

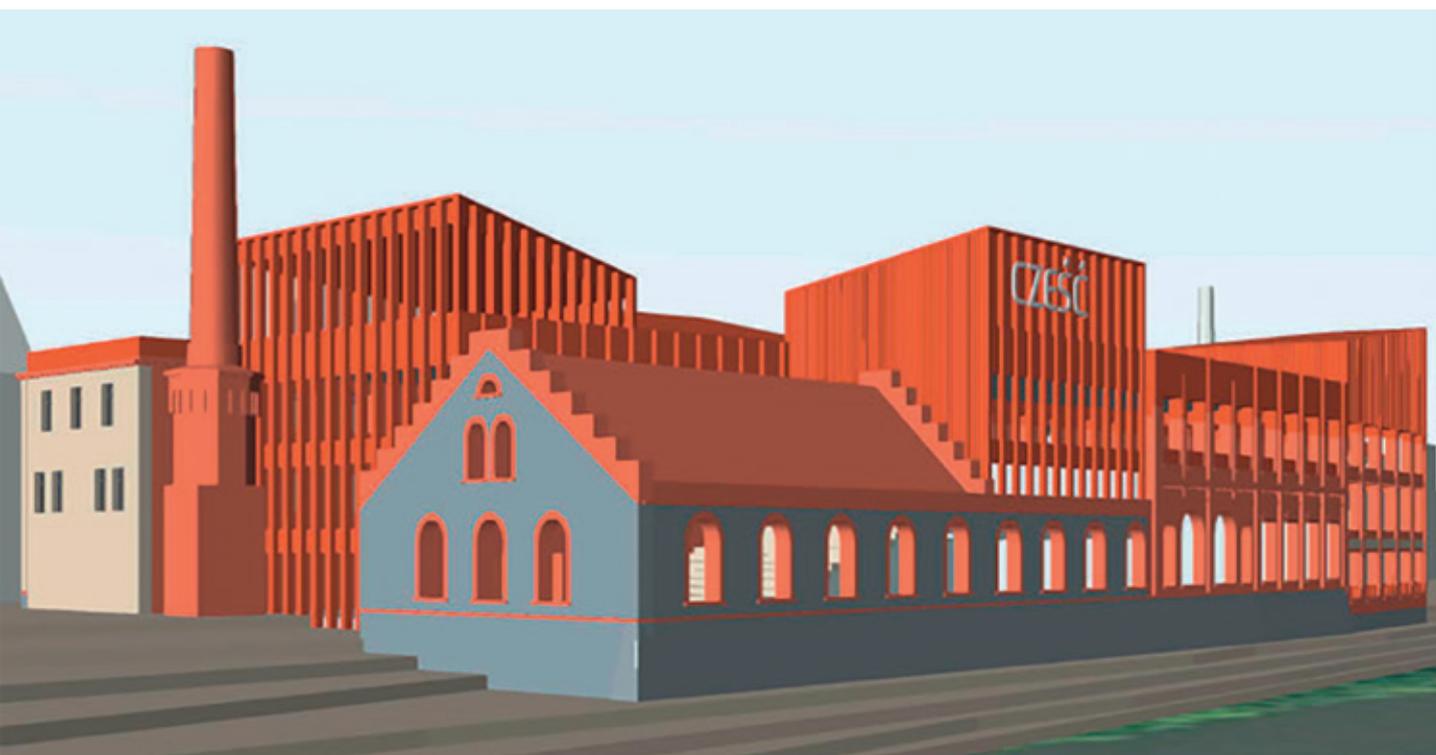


Abb. 27: Eine erste Ideenskizze zum neuen CASUS-Institutsgebäude an der Neiße in Görlitz

Digitalisierung

Das CASUS soll in Zukunft ein **international sichtbares Institut für Spitzenforschung im Bereich datengetriebener Systemforschung** werden. Mit seiner Struktur aus interdisziplinären Forschungsgruppen, der auf internationalen Austausch und Transfer ausgerichteten Strategie CASUS Open X sowie einer zukunftsfähigen IT-Infrastruktur soll es neue Maßstäbe in der Digitalisierung der Wissenschaft setzen. Seine bereits jetzt weltweit gesuchte Expertise in den Bereichen Hochleistungsrechnen, Künstliche Intelligenz, Big Data, Cloud- und Edge-Computing sowie Mensch-Maschine-Interaktion werden durch den Aufbau weiterer Kompetenzen wie dem Quantencom-

puting ergänzt. Offene Lösungen für Software, Künstliche Intelligenz und F.A.I.R.e Daten und deren nachhaltige Entwicklung durch den CASUS Professional Support spielen dabei eine wesentliche Rolle. Nach gut anderthalb Jahren ist das CASUS bereits eng vernetzt mit sächsischen, nationalen, EU-weiten und internationalen Initiativen und gestaltet maßgeblich die Digitalisierungsstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft mit. CASUS-Wissenschaftler*innen haben Zugang zu den Top-10 Supercomputern der Welt sowie mit den US-Systemen Frontier und Perlmutter und dem deutschen JUWELS-Booster-System auch zu prä-Exascale- bzw. Exascale-Compute-Systemen.

Zusammenfassung

Das CASUS wurde als innovatives Forschungszentrum entwickelt, das offen für Wissenschaftler*innen aus aller Welt ist, die gemeinsam an neuen digitalen Lösungen zum Verständnis komplexer Systeme arbeiten. Es ist damit ein wertvoller und wichtiger Partner für die Digitalisierung

der Wissenschaft und die multidisziplinäre Forschung am HZDR, um neue wissenschaftliche Verbindungen zu schaffen, neue Forschungsthemen zu entwickeln und so optimal für zukünftige Herausforderungen in Wissenschaft und Gesellschaft vorbereitet zu sein.



Mission

Die übergreifende Aufgabe unseres Instituts liegt in der Erforschung und Entwicklung neuartiger beschleuniger- und laserbasierter Teilchen- und Strahlungsquellen und deren Einsatz in der Grundlagen- und angewandten Forschung für und mit der internationalen wissenschaftlichen Nutzergemeinschaft. Die im Institut verfügbare Kombination von supraleitender Beschleunigertechnologie mit Dauerstrichmodus (CW – Continuous Wave) und ultraintensiven Lasern ist dabei weltweit unikal. Dies gilt sowohl für das ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlungsquellen auf dem HZDR-Hauptcampus als auch für die Helmholtz International Beamline for Extreme Fields (HIBEF), an der u. a. ein Hochleistungs- und ein Hochenergielaser mit der brillanten Röntgenstrahlung des European XFEL kombiniert werden. Diese Anlagen ermöglichen weltweit führende Grundlagen-

forschung zum Verhalten von Materie und Materialien in stärksten elektromagnetischen Feldern und unter extremen Temperatur- und Druckbedingungen.

Das Portfolio der Forschungsgebiete interner und externer Nutzer*innen unserer Infrastrukturen reicht dabei von der Kern- und Astrophysik zur Physik hoher Energiedichten, von der Struktur des quantenelektrodynamischen Vakuumzustands (QED-Vakuum) über die Dynamik relativistischer Plasmaprozesse zur Laser-Teilchen-Beschleunigung von Ionen und Elektronen, von der Erforschung ultraschneller elementarer Materialprozesse in starken Terahertz- und Infrarot-Feldern zur Physik von Materialdefekten und von radiobiologischen Prozessen bei höchster Dosisleistung zur Methodenentwicklung für die praktische Dosisverifikation



Strahlungsquellen für die Grundlagen- und angewandte Forschung zu entwickeln und für internationale Nutzercommunities zur Verfügung zu stellen, ist eine der Hauptaufgaben des Instituts für Strahlenphysik.

von klinischen Tumorbestrahlungen. Das Institut adressiert gesellschaftlich wichtige Herausforderungen, die die Entwicklung neuer, kompakter und energieeffizienter Beschleuniger oder neuartiger Hochleistungsmaterialien genauso umfassen wie die Verbesserung der Behandlung von Tumorerkrankungen durch die Partikeltherapie.

Um Nutzer*innen optimale experimentelle Möglichkeiten zu bieten, liegen eigene Grundlagenforschung, Technologieentwicklung und Betrieb gleichermaßen in der Hand führender Wissenschaftler*innen, die sich intern, in Zusammenarbeit mit anderen HZDR-Instituten

und mit der internationalen Forschungsgemeinschaft vernetzen. Ein Teil der hier entwickelten Technologien – wie der Dauerstrichbetrieb supraleitender Elektroneninjektoren oder die Nutzbarkeit von sekundären Teilchen- und Strahlungsquellen höchster Pulswiederholrate – sind einzigartig und eine Reihe von internen Forschungsaktivitäten weltweit führend. Zu letzteren zählen die Starkfeld-Physik im Terahertz-Bereich, die Positronen-Annihilationsspektroskopie, die Laser-Ionenbeschleunigung für Anwendungen in der Radiobiologie und die Kombination von Hochleistungslasern mit brillanter Röntgenlaserstrahlung.

Zusammenspiel von Theorie, Experiment und Diagnostik

Die Komplexität der Fragestellungen erfordert ein eng abgestimmtes Wechselspiel von führenden experimentellen und theoretischen Techniken. Auf der experimentellen Seite steht die Entwicklung neuer diagnostischer Messkonzepte im Vordergrund, die auch von den sehr hohen und flexiblen Wiederholraten der beschleunigerbasierten Quellen profitiert. Auf der theoretischen Seite erfordert dies sehr leistungsfähige Computersimulationen, beispielsweise der ultraintensiven Laser-Materie-Wechselwirkungen, die eine Vielzahl von mikroskopischen Prozessen auf verschiedenen Skalen berücksichtigen müssen – und diese interagieren wiederum mit einer Komplexität, die der Theorie allein nicht zugänglich ist. Daher werden vermehrt „digitale Zwillinge“ der Experimente entwickelt und eingesetzt, um intuitives Verständnis zu entwickeln, um computergestützte physikalische Modelle der einzelnen Prozesse zu testen und um sie mit den experimentellen Beobachtungen zu vergleichen. Die gewonnenen Erkenntnisse führen zu verfeinerten Diagnostikmöglichkeiten, die neue Experimente für spezifische Fragestellungen ermöglichen. Die Iteration dieses Konzepts verfolgt das Ziel, echtes prädiktives Verständnis beispielsweise der Ionenbeschleunigung in relativistischen Plasmen oder der Dissoziation und Entmischung in schockverdichteter, warmer dichter Materie zu entwickeln, um die Zustandsgleichung des Inneren großer Planeten zu modellieren. HIBEF wurde speziell mit dem Ziel geplant,

kohärente Röntgendiagnostiktechniken zu nutzen, damit diese Art des detaillierten Zusammenspiels von Theorie und Diagnostik die Vorhersagekraft für das Verhalten relativistischer Plasmen sowie von warmer dichter Materie und von Materialien in höchsten Feldern erhöht.

Die Digitalisierungsaktivitäten des Instituts gehen über das Hochleistungsrechnen hinaus und umfassen auch die Big-Data-Herausforderung des CW-Betriebs mit hoher Wiederholrate der beschleunigergetriebenen ELBE-Sekundärquellen für Positronen, Neutronen und Infrarot- bzw. Terahertz-Strahlung. An TELBE konnte eine weltführende Technik in der pulsaufgelösten Starkfeld-Terahertz-Spektroskopie etabliert werden, die ultraschnelle Pump-Probe-Experimente mit einer Zeitauflösung von nahezu Femtosekunden bei Datenraten von 100 Kilohertz ermöglichen. Die nahezu in Echtzeit durchgeführte Analyse, die durch die Kopplung von TELBE mit dem HZDR-Rechencluster ermöglicht wird, revolutioniert die Starkfeld-Terahertz-Forschung, da die Terahertz-Antwort einer Probe erstmals online visualisiert werden kann (ohne tage- oder wochenlange Nachbearbeitung) und da die Parameter während des Experiments gezielt variiert werden können. Diese einzigartige Fähigkeit – und die starke Resonanz der Terahertz-Community – ist die Hauptmotivation für das Zukunftsgroßprojekt DALI (siehe Kapitel 4.2 Hochmoderne Infrastruktur: DALI).

Digitalisierungsstrategie

Ein zentrales strategisches Ziel für die nächsten zehn Jahre ist es, diese Messkonzepte der Terahertz-Quelle weiterzuentwickeln, sie auf Wiederholraten von bis zu 13 Megahertz zu bringen und sie bei FELBE, den Freie-Elektronen-Laser (FEL) im Infrarotbereich (IR), anzuwenden. Damit sind phasenaufgelöste IR-Spektros-

kopien möglich, die derzeit mit nicht-CEP-stabilen FELs unmöglich sind. Die Anwendung von Big-Data-Echtzeit-Analysetechniken auf das neue AIDA-2-Instrument an der ELBE-Positronen-Beamline ist ein weiteres strategisches Ziel, das die Forschung in der Defektphysik in ähnlicher Weise revolutionieren könnte. Die schnelle

Analyse von Positronen-Annihilations-Lebensdauer und Doppler-Spektroskopie in dünnen Materialschichten während ihrer Abscheidung oder Bearbeitung würde neue Einblicke in die Defektbildung und die Dynamik der Defektdiffusion und der Defektausheilung bringen. Verbessertes Detailverständnis verspricht dann, sowohl Materialproduktions- als auch Materialbearbeitungstechniken zu optimieren, beispielsweise in direkter Rückkopplung für die Entwicklung noch leistungsfähigerer, supraleitender Beschleuniger-Resonatoren. Ein drittes strategisches Ziel ist die Anwendung von Techniken des Maschinellen Lernens (ML) und der Künstlichen Intelligenz (KI) sowohl auf HPC-Simulationen, auf Herausforderungen der Big-Data-Datenerfassung als auch auf die Anwendungsoptimierung neuartiger Beschleunigerkonzepte, um die Leistungssteigerung in diesen Bereichen weiter zu beschleunigen. Dazu wur-

de eine eigene Nachwuchsgruppe eingerichtet, die eng vernetzt mit der Zentralabteilung Informationsdienste und Computing sowie mit CASUS arbeitet.

Es sei darauf hingewiesen, dass die oben beschriebenen Entwicklungen im Bereich High Performance Computing (HPC) und Big Data im Kontext der Laser-Plasma-Forschung und der Terahertz-Diagnostik mit hoher Wiederholrate nicht nur einen wichtigen Beitrag zum wissenschaftlichen Programm des Instituts in der vergangenen PoF-Periode geleistet haben (einschließlich MML-RT1, MT-ARD-ST3, MT-ARD-ST4, MT-DTS, der IVF-Zukunftsthemen und der Entwicklung von HIBEF unter der Leitung des HZDR). Sie waren auch eine starke Triebfeder für die Gründung des neuen Themenbereichs DMA unter Ko-Leitung von HZDR und CASUS.

Forschungsportfolio und Weiterentwicklung

Zur Unterstützung der eigenen Forschung, der Technologieentwicklungen und des Nutzerbetriebs ist das Institut in sechs Hauptabteilungen und -gruppen organisiert:

- ELBE-Betrieb
- Laser-Teilchenbeschleunigung
- Forschung mit Sekundärteilchenstrahlen und kernphysikalischen Methoden, auch für medizinische Anwendungen
- Wissenschaft mit hoher Energiedichte mit Lasern
- Betrieb von HIBEF
- Starkfeld-Terahertz-Forschung an ELBE

Im Folgenden wird vor allem auf unsere Forschungsvorhaben und -ziele bezüglich der Hochleistungslaser, der Helmholtz International Beamline for Extreme Fields (HIBEF) am Instrument High Energy Density (HED) des European XFEL und der Strahlungsquelle ELBE näher eingegangen.

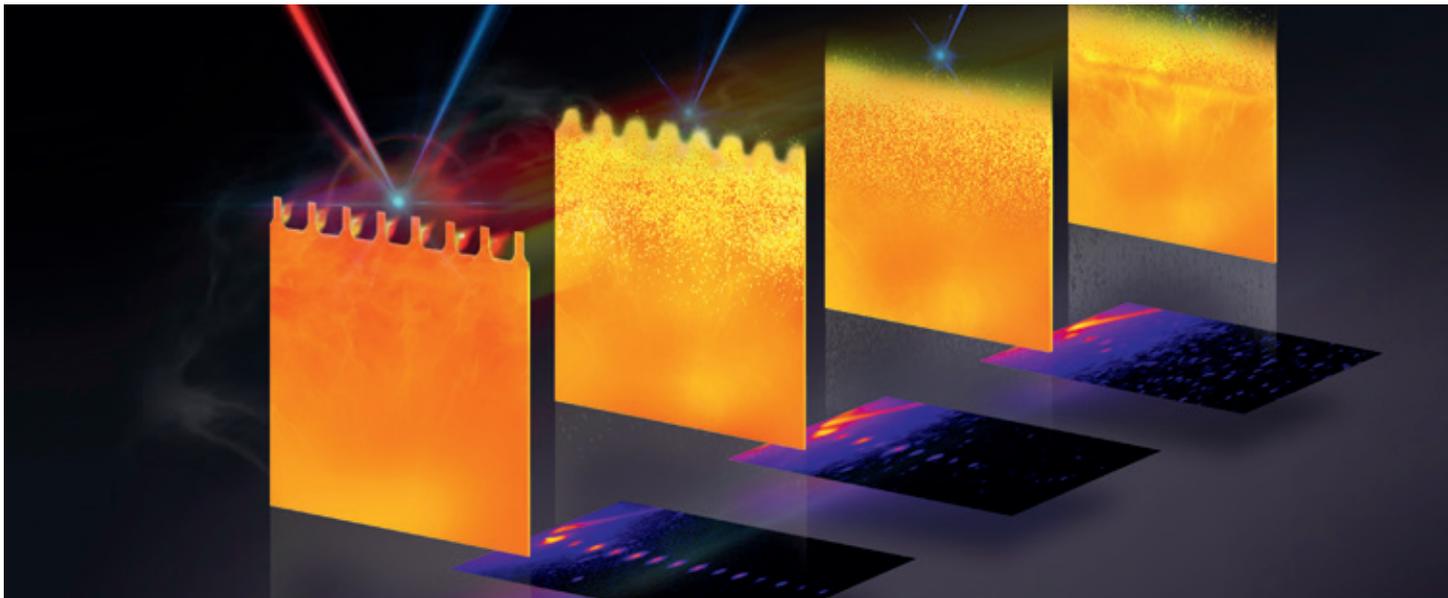
Hochleistungslaser-Strategie

Das Hochleistungslaser-Programm unseres Instituts nimmt einen internationalen Spitzenplatz in der Nutzung von Lasern der Petawatt-Klasse – DRACO und PE-NELOPE – ein, insbesondere aber auch in der Entwicklung und Anwendung kompakter Plasmabeschleuniger. Die potenzielle Anwendung von kompakten laserbasierten Ionenbeschleunigern im Umfeld der Tumorthherapie war ein programmatischer Schwerpunkt des HZDR im letzten Jahrzehnt und profitiert von den engen und strategischen Kooperationen des Instituts mit OncoRay und dem Hochfeld-Magnetlabor Dresden bei der Anwendung gepulster Magnetspulen für den Strahltransport. Die strategische Anforderung, eine gut dosierbare, reprodu-

zierbare und zuverlässige Quelle von multi-zig Protonen im Megavolt-Bereich (MV) über mehrere Monate bereitzustellen, die für medizinisch relevante, radiobiologische Experimente beispielsweise an Tumoren in Kleintiermodellen benötigt wird, treibt sowohl die Forschung zur Laser-Ionen-Beschleunigungsphysik als auch die Entwicklung der Kurzpuls-Laser-Technologie und Metrologie.



Abb. 28: Darstellung der HZDR-internen, strategischen Verknüpfungen (farbig hervorgehoben) des Instituts für Strahlenphysik



Feuert man Lichtpulse aus einer extrem starken Laseranlage wie DRACO auf Materialproben, entsteht für Sekundenbruchteile ein Plasma – der Beginn eines komplexen Beschleunigungsprozesses.

Das **DRACO-Programm** ist weltweit führend in der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit laserbeschleunigter Protonenstrahlen, international stark vernetzt und hat mit OncoRay Pionierarbeit für erfolgreiche Tumorstudien geleistet. Dies ist die Basis für die zukünftige ATHENA-Infrastruktur, die die parallele Entwicklung des energieeffizienten diodengepumpten Hochleistungslasers PENELOPE mit hoher Wiederholrate nutzen wird, um die erreichbaren Protonen- und Ionen-Endpunktenergien zu erhöhen. Eine strategische Priorität liegt in der Entwicklung von ATHENA zu einer dedizierten Helmholtz-weiten Nutzeranlage, um die radiobiologische Forschung zu fördern und Nutzer*innen, eingebettet in internationale Netzwerke, qualitativ hochwertige, laserbeschleunigte Strahlen zur Verfügung zu stellen. Komplettiert wird ATHENA mit einer Kleintierbestrahlungs- und Bildgebungsanlage in Zusammenarbeit mit OncoRay.

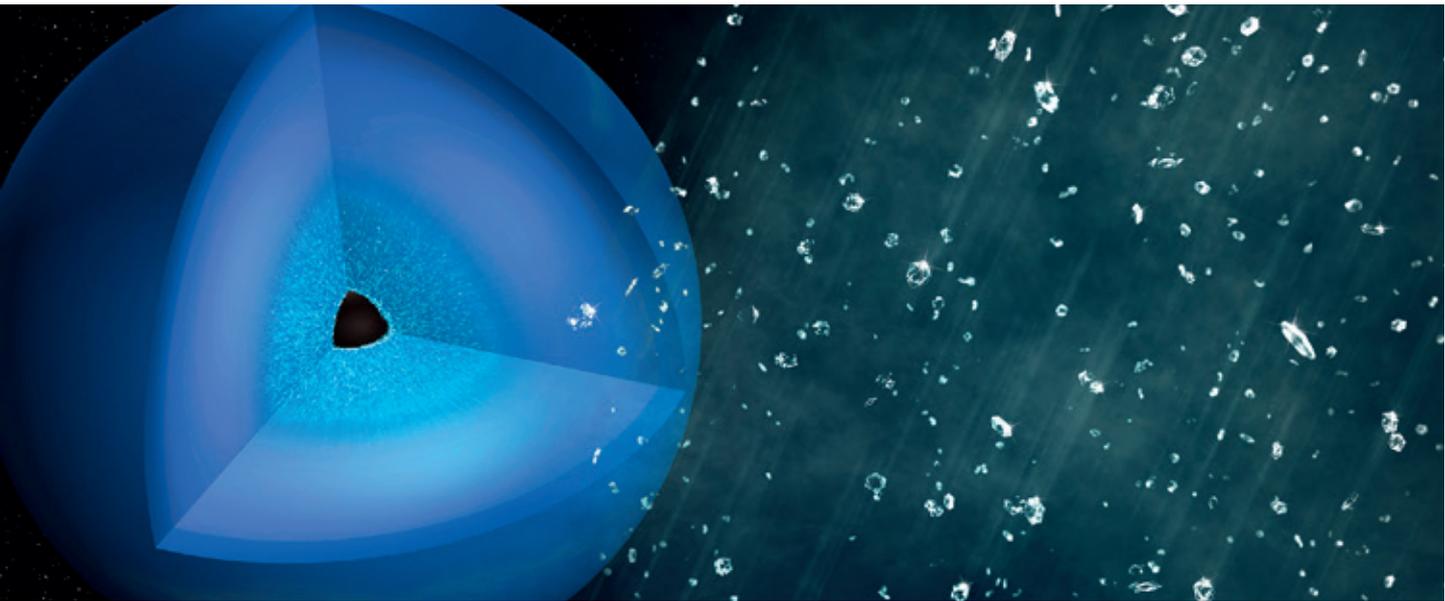
Der Fortschritt des DRACO-Programms bei der Entwicklung zuverlässiger Laserperformance hat Spitzenforschung zur Beschleunigung von intensivsten Elektronenpulsen in Plasmawellen (LWFA) und ihrer Charakterisierung ermöglicht und deren Nutzung als Treiber neuer ultraschneller Quellen für Röntgen- und Gammastrahlung. Betatronquellen werden zu einer Plattform für Pump-Probe-Experimente mit lasergetriebener, warmer dichter Materie weiterentwickelt. Ein strategisches Ziel ist dabei die Installation einer eigenständigen Apparatur, die zusätzliche Probe-Möglichkeiten an HIBEF liefern soll. Intensive laserbeschleunigte Elektronenpulse können zudem in einer zweiten Plasmastufe einen Plasma-Wakefield-Beschleuniger (PWFA) treiben, der verbesserte Strahlqualität und Effizienz verspricht. Ein strategisches Ziel für die nächsten Jahre ist es, dies als neue kompakte Plattform für die effiziente Untersuchung von strahlgetriebenen Plasmabeschleunigern zu etablieren, die das DESY-Programm (FLASHForward) ergänzt.

Das **HIBEF-Programm** (Helmholtz International Beamline for Extreme Fields am High-Energy-Density-Instrument (HED) des European XFEL) ist ein strategisches Ziel für die nächsten Jahre. Es zielt auf die Entwicklung einer dedizierten Plattform für die Untersuchung von strahlgetriebenen Plasmabeschleunigern ab, die das DESY-Programm (FLASHForward) ergänzt.

HIBEF: Helmholtz International Beamline for Extreme Fields am High-Energy-Density-Instrument (HED) des European XFEL

Die Hochskalierung von laserbeschleunigten Protonenstrahlen auf medizinisch relevante Energien für die Tumorthherapie hat sich als eine wesentliche wissenschaftliche Herausforderung erwiesen, die ein tieferes Verständnis der **hochkomplexen relativistischen Laser-Materie-Wechselwirkungen** erfordert. Diese Wechselwirkungen sind mit dem Energietransfer des Laserlichts über energetische Elektronen und ihren Transport im Festkörper bis hin zur Beschleunigung von Protonen oder Ionen verbunden. Um ein prädiktives Verständnis der Laser-Ionen-Beschleunigung zu erlangen, ist ein enges Zusammenspiel von Theorie, Simulation, Experiment und Diagnoseentwicklung erforderlich – und dies stellt eine der wichtigsten wissenschaftlichen Motivationen für HIBEF am European XFEL dar. Die Nutzung kohärenter Röntgenpulse zur Untersuchung von Festkörperplasmen gelang erstmals an LCLS. Für uns stellt die entsprechende Realisierung eines dynamischen Forschungsprogramms am European XFEL mit HIBEF eine hohe strategische Priorität dar.

Neben dem ultraintensiven Laser umfasst HIBEF einen Hochenergielaser für die Stoßkompression sowie



Die Ausstattung der Helmholtz-International Beamline for Extreme Fields (HIBEF) am European XFEL lässt Experimente zu, die etwa dabei helfen, das Innenleben kosmischer Eisgiganten wie Neptun oder Uranus zu entschlüsseln. Die dort herrschenden, extrem hohen Drücke spalten den Kohlenwasserstoff und es bilden sich Diamanten, die weiter ins Innere sinken.

gepulste Magnete und Hochdruckzellen für die Materialphysik. Diese Bereiche **der Physik hoher Energiedichte und die Untersuchung von warmer dichter Materie** – beispielsweise zur Untersuchung des Phasendiagramms im Inneren von Planeten – haben sich als aktive Forschungsrichtung mit Experiment und Theorie etabliert. Methoden der Röntgenspektroskopien für Experimente an DRACO und HIBEF werden komplementär entwickelt. Die HED-Wissenschaftsteams unterhalten ein breites Spektrum an internationalen Kollaborationen und leiten zahlreiche externe Nutzerexperimente an internationalen Anlagen wie LCLS, SACLA, ESRF, NIF, OMEGA, Gemini, LULI und Phelix.

Die volle wissenschaftliche Nutzung von HIBEF wird starke strategische Verbindungen mit der internationalen Gemeinschaft und insbesondere mit deutschen Hochschulgruppen erfordern. Wir unterhalten bereits seit Langem ein enge Beziehung zur Hochenergiedichte-Physik an der Universität Rostock, die auf diesem Gebiet führend ist. Deshalb streben wir an, die HZDR-HED-Forschungsanstrengungen mit Rostock zu koordinieren und die Gründung eines neuen Helmholtz-Instituts in Rostock für Hochenergiedichteforschung voranzutreiben. Ein Helmholtz-Institut in Rostock könnte gemeinsam mit dem HZDR dazu beitragen, zukünftige Upgrades von HIBEF voranzutreiben, einschließlich eines vorgeschlagenen Kilojoule-Laser-Upgrades.

Strahlungsquelle ELBE im ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen

Das externe Nutzerprogramm des ELBE-Zentrums wird von erfahrenen Wissenschaftler*innen unter-

stützt, die die Messplätze mit verschiedenen Sekundärstrahlen betreiben. Die Abteilung Kernphysik entwickelt und betreibt die Neutronen-, Positronen-, Elektronen- und Bremsstrahlungs-Strahlführungen. Die **Positronenstrahl-Anlage** hat sich zu einem weltweit führenden Instrument für die Positronen-Annihilationsspektroskopie entwickelt, die für Untersuchungen von Defekten in Materialien einzigartig ist. Eine wachsende, aktive, externe Nutzergemeinschaft produziert regelmäßig hochwertige Forschungsergebnisse, und unsere eigene Gruppe unterstützt materialwissenschaftliche Fragestellungen für die HZDR-interne Forschung, beispielsweise am Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung. Das neue AIDA-2-Instrument wird gemeinsam mit diesem Institut entwickelt und wird in Kürze in Betrieb genommen, um ein deutlich breiteres Spektrum an in-situ-Untersuchungen der Defektbildung und -dynamik während der Abscheidung von Dünnschichten und thermischen Prozessen zu ermöglichen. Die volle Ausnutzung dieser neuen Möglichkeiten ist eine strategische Priorität für das nächste Jahrzehnt. Als längerfristiges Upgrade (fünf bis zehn Jahre) wird auch ein neues Konzept zur Erzeugung spinpolarisierter Positronenstrahlen in Betracht gezogen, das eine einzigartige Sensitivität für die Defektphysik in magnetischen Dünnschichten bieten würde und damit zentrale Forschungsbereiche in den Instituten für Ionenstrahlphysik und Materialforschung sowie Hochfeld-Magnetlabor Dresden unterstützt. Wie bereits erwähnt, profitiert die vollständige Realisierung der AIDA-2-Experimente von der Echtzeit-Datenanalyse als einem Teil der Digitalisierungsstrategie.

Die **schnellen Neutronen-, Bremsstrahlungs- und Einzelelektronen-Teststrahlen** stellen spezialisierte Bedingungen zur Verfügung und werden von gut etablierten Nutzergemeinschaften nachgefragt. Probleme der Kernphysik, die diese Strahlen ursprünglich motiviert hatten, stellen keinen Schwerpunkt der internen Forschung des HZDR mehr dar, fachliche Unterstützung für externe Nutzer*innen wird aber weiter geboten. Zusätzlich erhält das Institut eine international sichtbare Führungsrolle bei der Koordination transnationaler Zugangsprogramme zu einer Vielzahl von europäischen Einrichtungen für nukleare Daten. Einer der wichtigsten Anwendungsbereiche für diese Strahlen ist die nukleare Astrophysik. Durch den Aufbau des unterirdischen Felsenkeller-Beschleunigers in Dresden wurde dieser Forschungsbereich gestärkt und als Brücke zur TU Dresden etabliert. Der Felsenkeller geht aktuell in Betrieb und ist ein strategischer Schwerpunkt der angewandten Kernphysik, insbesondere für die Rekrutierung und Ausbildung von Student*innen in Partnerschaft mit der TUD. Er verspricht internationale Sichtbarkeit als eine von wenigen unterirdischen Beschleunigeranlagen weltweit. Zugleich ergänzt er Aktivitäten, die wir an der GSI/FAIR-Anlage und an der LUNA-Anlage in Gran Sasso durchführen, die gemeinsam mit dem Felsenkeller Teil eines neuen, HZDR-geleiteten EU-INFRA-DEV-Projekts zur nuklearen Astrophysik darstellen.

Die **superradiante Terahertz-Strahlenquelle TELBE** hat sich in den letzten Jahren schnell zu einer weltweit führenden Einrichtung entwickelt. Sie umfasst zwei synchron am gleichen Elektronenstrahl laufende Terahertz-Quellen, die einzigartige Ankunftszeit- und Intensitätsjitter kompensierende und korrigierende Experimentaufbauten ermöglichen. Im Pump-Probe-Modus mit zusätzlichen externen Lasern eröffnet die Synchronisationsgenauigkeit von wenigen Femtosekunden Messungen, die die zeitliche Struktur des Terahertz-Pulses auflösen. Die hohe Pulswiederholrate von bis zu 100 kHz, die pulsaufgelöste Detektion und die Entwicklung einer nahezu echtzeitfähigen Datenanalyse erschließt anspruchsvolle Spektroskopieexperimente im Terahertz-Bereich, die weltweit führend sind. Eine umfangreiche Nutzergemeinschaft hat sich gebildet und zahlreiche hochwertige Publikationen belegen die strategische Bedeutung von TELBE.

Physikalische Systeme, die von Spinwellen in magnetischen Materialien über eine nicht-perturbative und hocheffiziente Erzeugung hoher Harmonischer in Dirac-Metamaterialien bis hin zur Terahertz-Untersuchung der Konfiguration von Wassermolekülen in einem Flüssigkeitsstrahl reichen, werden betrachtet und

neue Richtungen wie die mit Terahertz-Untersuchung biochemischer Systeme werden evaluiert. Der Erfolg des TELBE-Programms und die Einschätzung, dass die Terahertz-Wissenschaft ein aufstrebendes und reichhaltiges Forschungsgebiet darstellt, ist die Hauptmotivation für den von unserem Institut sowie vom Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung getragenen Vorschlag von DALI.

Die strategischen Ziele für TELBE umfassen sowohl die technische Entwicklung als auch eine breitere wissenschaftliche Anwendung. Auf der technischen Seite ist das Ziel, die Wiederholratenfähigkeiten und die Flexibilität der Terahertz-Experimente weiter zu erhöhen. Dazu werden die Online-Datenanalyse mit intelligenter, programmierbarer Datenerfassungshardware zusammengefasst, phasenstabile Detektionstechniken entwickelt, die ähnlich gute pulsaufauflösende Eigenschaften auch bei nicht-CEP-stabilen Quellen bieten können, und neue Arten der passiven, vollständig optischen, jitterfreien Synchronisation des Terahertz-Strahls mit externen Lasersonden erarbeitet. Die wissenschaftlichen Anwendungsbereiche werden wie folgt erweitert:

- (1) Durchführung von nichtlinearer Terahertz-Spektroskopie auf Nanometer-Längenskalen durch Integration von SNOM-Techniken bei TELBE
- (2) Untersuchung der Terahertz-induzierten Dynamik in biologischen Systemen, zum Beispiel durch resonantes Pumpen von Schwingungsmoden in flüssigen Umgebungen und Nachweis durch zeitaufgelöste Fluoreszenz, transiente Absorptionsspektroskopie und Zwei-Photonen-Emissionsspektroskopie
- (3) Untersuchung der ultraschnellen nichtlinearen Dynamik in kondensierter Materie durch die Entwicklung neuer lasergetriebener Sonden im mittleren Infrarot-Bereich und zeitaufgelöster winkelaufgelöster Photoelektronenspektroskopie (tr-ARPES), letztere als Schwerpunkt einer neuen Nachwuchsgruppe

Diese strategischen Prioritäten werden dazu führen, dass sich die Terahertz-Nutzergemeinschaft weiter ausbildet und dass sich die Nutzernachfrage nach der vorgeschlagenen Infrastruktur DALI voraussichtlich erhöht.

Der **Infrarot-FEL-Messplatz FELBE** umfasst zwei Quellen und wird in Partnerschaft mit dem Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung betrieben, das die betreuenden Wissenschaftler*innen für die Applikationslabore sowie die verschiedenen Laser-Pump-Probe- und Spektroskopie-Anlagen stellt. Die wissenschaftliche Ausrichtung wird durch die An-

forderungen der Nutzergemeinschaft und durch das interne Forschungsprogramm des genannten Instituts vorgegeben. Basierend auf dem großen Erfolg von TELBE mit pulsaufgelöster Detektion werden aktuell neue Techniken entwickelt, die phasenstabile Messungen mit FELBE erlauben sollen – wenn auch mit einer reduzierten Rate im Vergleich zur intrinsischen Wiederholrate von 13 Megahertz (MHz). Eine strategische Priorität ist die Erhöhung der Betriebsfrequenz für die phasenaufgelöste Detektion in Zusammenarbeit mit dem TELBE-Team und die Entwicklung von Pilotexperimenten, um die wissenschaftlichen Auswirkungen dieser neuen Technik für nicht-CEP-stabile Quellen zu bewerten.

Das Herzstück des ELBE-Zentrums bildet der supraleitende CW-Linearbeschleuniger für Elektronen mit einem Superconducting Radio Frequency Photo Electron Injector (SRF) als Elektronenquelle. Dieser Beschleuniger ist mit kontinuierlichen Verbesserungen seit etwa 20 Jahren im Einsatz und war bis zur kürzlichen Inbetriebnahme von LCLS-II die einzige CW-SRF-Linac-basierte Nutzeranlage weltweit. Eine große Herausforderung für solche Maschinen ist die Elektronenquelle, die ebenfalls im CW-Betrieb arbeiten muss. ELBE verfügt über eine einzigartige, supraleitende 3-1/2-Zellen-Elektronenquelle, an der im Laufe eines Jahrzehnts die Entwicklung der kalten Photokathoden-Technologie kontinuierlich bis zur Einsatzroutine im Nutzerbetrieb verbessert wurde. Sie bietet eine hervorragende Performance für die sekun-

dären Neutronen-, Positronen- und Terahertz-Strahlen, die unter anderem von hoher Pulsladung profitieren. Ein nächster Schritt in der Entwicklung der SRF-Quelle ist die Realisierung einer Beschleunigungsstruktur mit verbessertem Feldgradienten, was eine weitere Steigerung der Pulsladung von derzeit 300 pC auf 1 nC ermöglichen würde.

Das Erreichen einer Ladung von 1 Nanocoulomb (nC) würde die Messmöglichkeiten der genannten Sekundärstrahlen deutlich erhöhen und ist vor allem für die superradianten Quellen und für DALI von zentraler strategischer Bedeutung. Die Beschaffung eines neuen Photokathoden-Lasersystems stellt einen ersten Schritt dar. Darüber hinaus ist eine Reihe zusätzlicher Strahldiagnostiken erforderlich, um die Systemleistung besser zu verstehen und zu optimieren, um die Terahertz-Pulsenergien zu erhöhen und damit die technische Machbarkeit für DALI zu demonstrieren. Dazu gehören die Aufrechterhaltung einer kleinen longitudinalen Emittanz bei hoher Pulsladung, die Bestimmung der Strahlscheiben-Emittanz, die Erforschung von Konzepten der nichtlinearen Pulskompression, die Minimierung von kollektiven Effekten (raumladungsinduziert) in der longitudinalen Emittanz und die Entwicklung einer longitudinalen strahlbasierten Rückkopplung zur weiteren Stabilisierung der Strahlenergie. Diese Studien werden zur Fertigstellung des CDR und TDR für DALI beitragen und sind für uns von höchster strategischer Priorität.

Zusammenfassung

Erforschung und Entwicklung neuartiger beschleuniger- und laserbasierter Teilchen- und Strahlungsquellen und deren Einsatz in der Grundlagen- und angewandten Forschung für und mit der internationalen wissenschaftlichen Nutzergemeinschaft.

Schwerpunkte:

- Kombination von supraleitender Beschleunigertechnologie und ultraintensiven Lasern
 - ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen
 - Helmholtz International Beamline for Extreme Fields (HIBEF) am European XFEL
- weltweit führende Grundlagenforschung zum Verhalten von Materie und Materialien in stärksten elektromagnetischen Feldern und unter extremen Temperatur- und Druckbedingungen



7.2. GESUNDHEIT

Institut für
Radioonkologie – OncoRay



Mission

Die Forschung am Institut für Radioonkologie – OncoRay beschäftigt sich mit der präklinischen und translational-klinischen Medizinphysik, der Strahlenbiologie sowie der translationalen und klinischen Radioonkologie. Die institutionelle Förderung erfolgt durch die Medizinische Fakultät, das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) und das Deutsche Krebsforschungszentrum (DKFZ) über das Deutsche Konsortium für Translationale Krebsforschung (DKTK) und das Nationale Centrum für Tumorerkrankungen (NCT). Die drei letztgenannten Einrichtungen werden regelmäßig begutachtet und sie müssen die im Rahmen der Begutachtungsprozesse generierten Programme und Meilensteine in den kommenden Jahren erfüllen.

Das Strategiepapier berücksichtigt die Erfordernisse der verschiedenen Fördermittelgeber sowie die Ergebnisse einer OncoRay-Strategieklausur im November 2019. Die Strategie fügt sich nahtlos in die Vision des Instituts ein und passt zum translationalen Fokus von NCT und DKTK.

Das OncoRay – Nationales Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie ist auf dem Campus des Universitätsklinikums Carl Gustav Carus Dresden angesiedelt und steht in direkter räumlicher Anbindung an die Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie. Die enge räumliche als auch personelle Verzahnung der Klinik und des OncoRay ermöglichen eine



Die Positronen-Emissions-Tomografie (PET) mit dem radioaktiven Markerstoff FMISO ermöglicht es, die Wirkung der kombinierten Radio-Chemotherapie bei Patient*innen mit Kopf-Hals-Tumoren vorherzusagen – eine wichtige Basis für eine verbesserte Therapie.

schnelle und direkte Translation neuer Forschungsergebnisse in die klinische Anwendung. Der translationale Charakter der Gesundheitsforschung am Standort Dresden wird dadurch nicht nur in der radioonkologischen Forschung unterstützt, sondern auch an den beiden Schwesterinstituten für Radiopharmazeutische Krebsforschung und für Strahlenphysik am HZDR.

Die Mission von OncoRay ist es, die Behandlung von Krebs durch eine biologisch individualisierte, technologisch optimierte Strahlentherapie zu verbessern.

Forschungsportfolio und Weiterentwicklung

Die Strahlentherapie hat sich als hochwirksame Methode zur Behandlung des oft vollständig heilbaren Primärtumors bewährt – was bei vielen Krankheitsbildern auch zur Verhinderung von Sekundärmetastasen führt. Im Gegensatz zu anderen Therapiemethoden bietet die Strahlentherapie eine präzise räumliche Verteilung der Behandlung für die einzelnen Patient*innen. Aus diesen Gründen wird die Strahlentherapie auch weiterhin eine sehr wichtige Rolle in der Krebsbehandlung spielen. In den kommenden Jahrzehnten wird die Strahlentherapie durch die Entwicklung neuer, hochpräziser Applikationstechniken und die Integration der zu erwartenden Fortschritte in der Molekularbiologie eine Revolution erfahren. Dies wird nur durch eine engmaschige Verflechtung mehrerer Disziplinen – einschließlich Biologie, Physik, Informatik und Medizin – gelingen und erfordert Digitalisierungsprozesse auf allen Ebenen – von der präklinischen Entwicklung bis zur klinischen Anwendung.

Die Strategie des Instituts für Radioonkologie – OncoRay für die kommenden Jahre enthält zwei sich teilweise überschneidende Säulen, nämlich (1) die Entwicklung der nächsten Generation der Protonentherapie zur physikalisch bestmöglichen Strahlentherapie und (2) die personalisierte Strahlentherapie/Kombinationsbehandlung. Beide Säulen stehen in sehr engem Zusammenhang zur Digitalisierung in der Radioonkologie und erfordern bereits von der präklinischen Entwicklung an eine Integration von Computer- und Datenwissenschaften.

(1) Entwicklung einer Echtzeit-adaptiven, KI-unterstützten Protonentherapie (Helmholtz Roadmap: PT2030)

Erstmals soll eine Protonentherapie realisiert werden, mit der die Bestrahlung in Echtzeit an anatomische Veränderungen und Organbewegungen angepasst werden kann. Ermöglicht wird dies durch einen geschlossenen, vollautomatischen, von Künstlicher Intelligenz unterstützten Rückkopplungskreis aus Bildgebung, Bestrahlungsverifikation und Adaption in Echtzeit. Hintergrund ist, dass es während einer mehrwöchigen Strahlentherapie, aber

auch während einer einzelnen Bestrahlungssitzung, zu starken Veränderungen der Tumor- oder Bestrahlungsregion kommen kann, z.B. durch Atmung, Peristaltik oder aufgrund von Schwellungen oder Tumorschrumpfung. Diese führen derzeit in der für solche Veränderungen anfälligen Protonentherapie zur Bestrahlung von mehr Normalgewebe mit der eigentlich für den Tumor vorgesehenen hohen Dosis, oft aber auch dazu, dass die Protonentherapie nicht zum Einsatz kommen kann.

Mit der Realisierung der Echtzeit-adaptiven Protonentherapie schaffen wir die physikalisch und klinisch bestmögliche Strahlentherapie für den Einsatz am Patienten: Der Vorteil der gewebeschonenden Dosisverteilung der Protonen wird erstmals mit den Vorteilen einer Echtzeit-Anpassungsfähigkeit der Bestrahlung kombiniert, die es derzeit ansatzweise nur in der dosimetrisch unterlegenen Photonentherapie gibt. Damit wird der klinische Vorteil der Protonentherapie an das physikalische Maximum angenähert, das Überleben der Patienten verbessert und/oder Nebenwirkungen reduziert sowie die behandelbaren Tumorregionen erweitert. Patienten mit stark veränderlichen Tumoren können dann besser von der Protonentherapie profitieren. Anpassungen sollen aufgrund von geometrischen sowie biologischen Veränderungen während und zwischen den Therapiefraktionen erfolgen (u.a. Änderungen der Anatomie, der Positionierung, der Bewegung, des Tumolvolumens oder der mikroskopischen Tumorausdehnung). Damit wird die nächste Generation der Protonentherapie entwickelt und ihr therapeutischer Nutzen maximiert – nicht nur aus physikalischer, sondern auch aus biologischer und klinischer Sicht.

Dieses visionäre, langfristige Ziel soll durch eine weltweit einzigartige Forschung-Klinik-Hybrid-Protonenanlage (Helmholtz-Roadmap: PT2030) erreicht werden, die teilweise als klinische Standardanlage und teilweise im Forschungsmodus betrieben werden soll. So können in enger interdisziplinärer Ko-

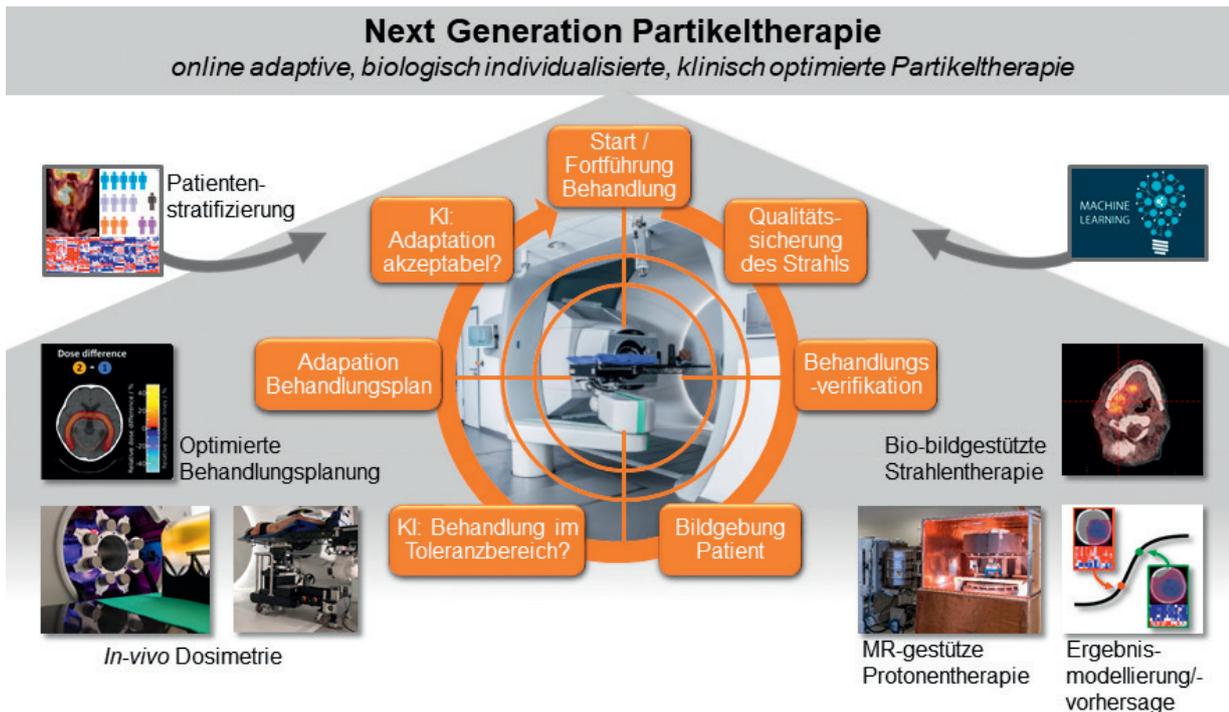


Abb. 29: Darstellung der beiden sich überschneidenden Säulen der OncoRay-Strategie: Echtzeit-adaptive Protonentherapie und personalisierte Strahlentherapie.

operation neue, innovative, KI-gestützte Software- und Hardware-Komponenten und deren Interaktion im Zusammenspiel getestet, weiterentwickelt und final für den präklinischen und klinischen Einsatz befähigt werden. Der Forschungsfokus liegt dabei auf der Weiterentwicklung und integralen Translation von vorklinischen, Prototypartigen Innovationen, Techniken und Algorithmen in die Anwendung an Patient*innen.

Für die Gesundheitssysteme hätte das Projekt einen doppelten Effekt: Bessere Krebstherapie und langfristig niedrigere Kosten durch die Automatisierung. Dank Kooperationen mit international führenden Medizintechnik-Firmen werden die Innovationen für die Krankenversorgung nutzbar gemacht.

(2) Personalisierte Strahlentherapie und Kombinationstherapien

Wir wollen erstmalig eine innovative Software zur biologiebasierten Individualisierung der Bestrahlungsplanung mit Photonen und Protonen auf der Grundlage verschiedener biologischer und klinischer Parameter – wie etwa molekulare Faktoren, relative biologische Wirksamkeit (RBE) von Protonen, Biomarker oder funktionelle Bildgebung – entwickeln. Die Integration biologischer Parameter in die Behandlungsplanung wird der derzeit physik-, anatomie- und krankheitsabhängigen Vorgabe der Strahlentherapie eine zusätzliche, für die

weitere Verbesserung essenzielle Dimension hinzufügen. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die biologischen Effekte der Strahlentherapie – Protonen versus Photonen – sowie der kombinierten Strahlentherapie und systemischen Behandlungen charakterisiert und die therapeutischen Auswirkungen der Ergebnisse genutzt werden.

Als wesentlicher Schritt zur individualisierten multimodalen Strahlentherapie müssen Behandlungsansätze, die auf genetische, epigenetische und metabolische Anpassungsmechanismen des Tumors abzielen, in Kombination mit der Photonen- oder Protonen-Radio(chemo)therapie sowie der Kombination von Strahlen- und Immuntherapien, präklinisch und translational evaluiert werden. Die Parameter sollen anschließend modelliert, in klinischen Studien zu individualisierten Behandlungen validiert und in die Bestrahlungsplanung integriert werden. Dabei sind Interaktionen nicht nur zwischen Naturwissenschaftler*innen und Mediziner*innen/Medizinphysiker*innen, sondern insbesondere auch die Integration computer- und datenwissenschaftlicher Expertise absolut notwendig – beginnend bei der Evaluation von Omics-Biomarkern über die Modellierung von Tumorkontroll- und Nebenwirkungs-Wahrscheinlichkeiten bis hin zur Generierung einer anwendungsorientierten Software zur Applikation in der klinischen Behandlung.

Vernetzung und Internationalisierung

HZDR interne Vernetzung:

Wir stehen in engem Austausch mit den Instituten für Strahlenphysik und für Radiopharmazeutische Krebsforschung, welche beide im Forschungsbereich GESUNDHEIT am HZDR mitwirken, sowie dem CASUS – Center for Advanced Systems Understanding. Mit dem Institut für Strahlenphysik besteht bereits seit über zehn Jahren eine erfolgreiche Kooperation über strahlenbiologische Experimente zur laserbeschleunigten Partikeltherapie sowie der Flash-Bestrahlung. Bei beiden Technologien erfolgt eine Dosisapplikation mit sehr hoher Dosisleistung. Diese könnte möglicherweise durch unterschiedliche biologische Effekte zu einer besseren Schonung des Normalgewebes bei gleicher Tumorwirkung führen. Deshalb planen wir die präklinische Evaluation der wesentlichen Parameter des Flash-Behandlungsregimes für klinisch relevante Effekte ebenso wie den gemeinsamen Aufbau einer bildgeführten Kleintier-Bestrahlung für Protonen. Zum Forschungsfokus der prompt-gamma-basierten Bestrahlungsverifikation wurden zwei „gespiegelte“ Gruppen für die Grundlagenarbeiten (Institut für Strahlenphysik) und die translationale Entwicklung (Institut für Radioonkologie – OncoRay) etabliert, um die Entwicklung der dringend notwendigen Bestrahlungsverifikation in der Protonentherapie auch mit innovativen Kombinationsverfahren (Multi-Feature-Ansatz) vom Labor bis in die Klinik sicherzustellen.

Gemeinsam mit CASUS wird die Weiterentwicklung der Protonentherapie in der Echtzeit-Protonentherapie-Anpassung über eine geschlossene, vollautomatische, KI-gesteuerte Rückkopplungsschleife vorangetrieben, für die die automatisierte Entscheidungsfindung ein wesentliches Kernelement darstellt.

Der Fokus in der Zusammenarbeit mit dem Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung liegt in der Weiterentwicklung der personalisierten Strahlentherapie. Hierbei besteht ein besonderer Fokus in der Evaluation von Biomarkern in der Bildgebung (PET, MR) sowie der zielgerichteten molekularen Therapie mittels Antikörpern, Immuntherapie und/oder Radiotracer. Dies führt zu einer Verbesserung der funktionellen und molekularen Charakterisierung der Tumoren vor der Therapie, was für eine präzisere Strahlentherapieplanung ausgenutzt werden kann, aber auch zur Nutzung bildgebender Parameter für Therapieentscheidungen in klinischen Studien.



Abb. 30: Darstellung der HZDR-internen, strategischen Verknüpfungen (farbig hervorgehoben) des Instituts für Radioonkologie – OncoRay

Nationale und internationale Vernetzung:

Das Institut für Radioonkologie – OncoRay profitiert sehr von der engen Anbindung an das DKTK sowie das NCT in Dresden. Der Dresdner Standort hat im DKTK den Auftrag, die translationale Krebsforschung voranzutreiben. Eine Reihe klinisch-translationaler Arbeiten, die zusammen mit den anderen sieben DKTK-Standorten durchgeführt wurden, hat zu einer Identifizierung von Biomarkern in Patiententumoren geführt, die derzeit – unter anderem innerhalb des NCT – zu ersten klinischen Studien mit angepasster Therapie führen. Diese vollständige Kette aus biologischer „Entdeckung“, translationaler Entwicklung und klinischer Validierung und Applikation ist nur durch die Integration der Forschungsarbeiten bei HZDR, DKTK und NCT sowie der Hochschulmedizin an der Technischen Universität Dresden möglich. Das NCT bietet in der derzeit stattfindenden Erweiterungsphase zusätzlich die Möglichkeit, die MR-Integration in der Photonen-Strahlentherapie in Deutschland weiterzuentwickeln – ein Programm, aus dem sich wesentliche Erkenntnisse auch für die Echtzeit-adaptive Protonentherapie gewinnen lassen.

International bestehen enge Interaktionen mit einigen in der radioonkologischen Forschung führenden Zentren. Beispiele sind:

- Massachusetts General Hospital Boston: laufendes Projekt zu Personalisierung und regelmäßiger Austausch von Wissenschaftler*innen
- Universität Aarhus: klinische Protonentherapie-Studie zum Ösophaguskarzinom in Vorbereitung
- DKFZ
- Europäisches Partikeltherapie-Netzwerk (EPTN)

Eine Intensivierung der Beziehungen mit dem Manchester Cancer Research Center wird angestrebt. Ebenso sind Kooperationsanbahnungen zu polnischen und tschechischen Protonentherapie-Zentren geplant, etwa in Krakau und Prag.

Rekrutierung und Talentmanagement

Im Rahmen des High-Potential-Programms des HZDR konnten wir einen hervorragenden Wissenschaftler von der Universität Wollongong (Australien) für uns gewinnen.

Thematisch unterstützt er mit Berechnungsmodellen die Integration der OncoRay-Protonen-Forschungsanlage mit einem dedizierten MRI-Scanner. Im Rahmen der Modellierungsarbeiten sollen Risiken minimiert und Lösungen für den Integrationsprozess des weltweit ersten klinischen Prototyp-Systems für die MR-integrierte Protonentherapie gefunden werden.

Im Institut wird mit jeder*m Mitarbeiter*in ein jährliches Gespräch geführt, das insbesondere bei jungen Mitarbeiter*innen auch die berufliche Weiterentwicklung und Karriereplanung zum Inhalt hat. 2019 wurde erstmalig ein Mentoring am Institut etabliert, in dem junge Wissenschaftler*innen Beratung und Unterstützung bei einem ersten eigenen Drittmittelantrag erhalten konnten. Besonders erfolgreiche Doktorand*innen werden für Preise nominiert sowie dabei unterstützt, eine Forschungszeit oder Anschluss-Stelle an einem renommierten Institut im Ausland zu erreichen.

Instrumente und Maßnahmen zur Strategieumsetzung

In beiden Säulen sind erhebliche Drittmiteleinwerbungen – einschließlich Großprojekte – notwendig, um unsere ambitionierten Ziele zu erreichen. Die Entwicklung der Echtzeit-adaptiven, KI-gestützten Protonentherapie steht auf der Helmholtz-Roadmap und kann damit im investiven Bereich Unterstützung erfahren. Trotzdem ist für jede Säule zusätzlich die Akquise etwa von EU- oder DFG-Mitteln innerhalb größerer Programme notwendig. Ein weiterer Aspekt ist die Verstärkung der KI-Kompetenzen und der entsprechenden Vernetzung mit Key-Playern wie z.B. dem CASUS. Innerhalb des Instituts sollen regelmäßige Treffen zwischen den an den beiden Säulen beteiligten Wissenschaftler*innen stattfinden, um die Ziele zu erreichen und ein dauerhaft möglichst homogenes Forschungsprogramm sicherzustellen.

Kurzfristige Forschungsziele für beide Säulen (vier Jahre):

- klinische Anwendbarkeit der prompt-gamma-basierten Bestrahlungsverifikation, inklusive automatischer KI-getriebener Entscheidungsfindung zum Adaptionbedarf
- Erstellung eines detaillierten integralen Gesamtkonzeptes einschließlich der konkret zu verwendenden Software- und Hardware-Komponenten unter Berücksichtigung deren derzeitigen Entwicklungsstandes, Genauigkeit, Geschwindigkeit, Kompatibilität zu anderen Komponenten; inklusive Risiko- und Ausfallkonzept

- Entwicklung der MR-geführten Protonentherapie: First-in-human-Anwendung für statisches Zielvolumen mittels Prototyp-System
- Planadaption in der Photonen- und Protonentherapie innerhalb eines Tages möglich
- Etablierung von biologischen Modellen für das klinische Zielvolumen (CTV)
- Identifizierung von molekularen Biomarkern zur Vorhersage von Tumor-Radioresistenz und -Invasion und Verifizierung dieser Biomarker in präklinischen Modellen
- Omics zur breiten Datenerhebung für die Identifizierung von Biomarkern und neuer therapeutischer Targets
- Etablierung von Tumormodellen (Organoide/Primärzellkulturen); Matching von Organoiden und Patient*innen in klinischen Studien; Evaluation von Klonogenität und Organoid-Wachstum
- RBE-adaptierte Strahlentherapie-Planung auf Basis von Monte-Carlo-Simulationen der Dosis- und Linear-Energy-Transfer-Verteilung (LET) und biologischer Parameter aus Bildgebungs-, In-vivo- und Patientendaten
- Nutzung adaptierter Normal-Tissue-Complication-Probability-Modelle (NTCP) von Risikoregionen für eine räumliche Dosis- und LET-Optimierung der Protonentherapie
- Identifizierung von Biomarkern und Ergebnismodellierung für retrospektive Daten

- Hypothesenbildung zur biologischen Individualisierung aus retrospektiven Daten und Start einer prospektiven Studie

Langfristige Forschungsziele für beide Säulen

(zehn Jahre):

- Realisierung der Echtzeit-adaptiven Protonentherapie mit Verifikation und Anpassung während der Bestrahlung
- Patientenauswahl für den Echtzeit-adaptiven Workflow, basierend auf metabolischer Bildgebung, z.B. funktioneller MR-Bildgebung und geeigneten Biomarkern
- MR-geführte Protonentherapie: First-in-human-Anwendung für bewegliches Zielvolumen mittels Prototyp-System
- Echtzeit-adaptiver Workflow auch für präklinischen Einsatz für In-vivo-Studien etabliert
- Etablierung von biologischen CTV-Modellen für drei Entitäten (Lunge, Ösophagus und Kopf-Hals)
- klinische Einführung der patientenindividuellen Anpassung des klinischen Zielvolumens zur Berücksichtigung der Tumorschrumpfung (CTV-adaptiv)
- klinische Studien zur individualisierten Strahlentherapie auf Basis von Biomarkern (erste Studien sind abgeschlossen)
- erste klinische Studie zur RBE-adaptierten Strahlentherapie abgeschlossen

- Entwicklung einer Software zur biologiebasierten Individualisierung der Bestrahlungsplanung mit Photonen und Protonen, basierend auf verschiedenen biologischen und klinischen Parametern (Biologie, relative biologische Wirksamkeit – RBE von Protonen, Biomarker, funktionelle Bildgebung etc.)

Synergieeffekte und Interaktion zwischen beiden Säulen:

- Zusammenführen der verschiedenen Techniken, Ansätze und Disziplinen zur Realisierung des geschlossenen Rückkopplungskreises der Protonentherapie der nächsten Generation
- Kombination von physikalisch-technologischen Entwicklungen und biologisch-klinischer Forschung
- Anwendung und Bewertung von komplexeren präklinischen Kombinationsbehandlungen
- Schonung des Normalgewebes bei mindestens identischer lokaler Tumorkontrolle
- Neue Fraktionierungspläne, neue Strahlenanordnungen, Erweiterung der Indikationen für die Protonentherapie durch die neuen technologischen Möglichkeiten
- Translation von Erkenntnissen zwischen Echtzeit-adaptiver Photonentherapie (MR Linac) und Echtzeit-adaptiver Protonentherapie und vice versa
- Translation von Erkenntnissen zwischen klinischer und präklinischer Anwendung und vice versa

Digitalisierung

Die Digitalisierung in allen Bereichen der Forschung schafft nicht nur eine einheitliche und transparente Datenstruktur und sichert die Anschlussfähigkeit des Instituts an die internationale Spitze in verschiedenen Forschungsbereichen, sondern dient durch effizientes Datenspeicher-Management und Reduktion von Papierverbrauch auch der Nachhaltigkeit. Folgende wesentlichen neuen Methoden und Technologien werden im Digitalisierungsprozess berücksichtigt:

(1) Echtzeit-adaptive Protonentherapie:

- Intelligente Großgeräte, Kontroll- und Feedbacksystem mit KI
- vollautomatisierte Verarbeitung von Bild-, Verifikations-, Plan-, Dosis- und Qualitätssicherungsdaten
- Detektion von Abweichungen vom erwarteten Zustand und Bewertung bzw. Klassifikation erfasster Änderungen hinsichtlich ihres klinischen Einflusses
- Vollautomatisches Durchführen arbeitsintensiver Prozesse wie der Konturierung von Ziel- und Risikostrukturen anhand von Online-Bilddaten

- Automatisierte Entscheidung bzw. Entscheidungsunterstützung mit KI im gesamten Rückkopplungskreis bezüglich:

- (1) Notwendigkeit Planadaptation (PGI-Verifikation, Online-Bildgebung)
- (2) Notwendigkeit Unterbrechung der laufenden Bestrahlung (Online-Verifikationsmessungen und Echtzeit-Qualitätssicherung mit Logfiles)
- (3) Individuelle Adaption der Bestrahlung
- (4) Qualitätssicherung und Freigabe der Adaption

- MR-only Workflows in der Photonen- und Protonentherapie: KI zur Erzeugung von Pseudo-CT Datensätzen aus MR-Bildgebung für die Verwendung in der Bestrahlungsplanung

(2) Personalisierte Strahlentherapie:

- Sensitivitäts- und Robustheitsanalyse für prognostische Modelle des Therapieansprechens
- Modellinterpretierbarkeit und -darstellung für die klinische Anwendbarkeit

- Quantitative Bildverarbeitung/Datenkorrelation (Radiomics, funktionelle Bildgebung, präklinische Bildgebung, Pathologie)
- Monte-Carlo-Simulation mit Hochleistungs-Rechenclustern für die Modellierung der relativen biologischen Wirksamkeit von Protonen
- Surrogat-Modelle: künstliche Patientendaten zur Verbesserung der Modellqualität

(3) Multi-Omics-Datenintegration (Radiomics, Transcriptomics, Dosiomics, Kinom, Proteom, Methylo, Acetylo, Metabolom, Genome etc.

Integration verschiedener Omics-Daten/-Ebenen in gemeinsame Modelle)

- (4) Multifarben, multidimensionale stationäre und dynamische (live cell imaging) Mikroskopie (automatische Bildanalysen)**
- (5) Entwicklung multizentrischer klinischer Datenbanken, Entwicklung des komplett digitalen klinischen Workflows**

Positionierung im Forschungsumfeld, Wettbewerb und Komplementarität

Stand der physikalisch-technologischen Entwicklung für die Echtzeit-adaptive Protonentherapie:

Während in der Photonentherapie bereits erste Realisierungen einer Echtzeit-Anpassungsfähigkeit der Bestrahlung existieren, liegt die technologische Entwicklung in der Protonentherapie, die durch ihre sehr lokalisierte Dosisdeposition sogar eine höhere Adaptions-Notwendigkeit hat, deutlich zurück. Dies führt zu einem kompensatorischen Effekt: Der Vorteil der Dosisverteilung der Protonen wird durch den Nachteil der fehlenden Echtzeit-Adaptivität kompromittiert. Einige Entitäten, insbesondere bewegliche und anatomisch variable Tumoren, werden daher derzeit nicht oder nur mit großen Kompromissen (große Sicherheitsabstände) mit Protonen behandelt.

Die Forschung für eine Echtzeit-adaptive Protonentherapie ist momentan auf die isolierte Entwicklung, Verbesserung und Evaluierung der einzelnen benötigten Software- und Hardware-Komponenten im Labor beschränkt. Einen integrativen transnationalen Ansatz, der Workflow und Interaktion der Komponenten inklusive automatischer Entscheidungsfindung integral erprobt und damit reif für die tatsächliche Anwendung macht, findet sich nicht. Einzelne Zentren, wie zum Beispiel das Paul-Scherrer-Institut (PSI), arbeiten an der Einführung von Adaptionen innerhalb eines Tages, welche aber eine deutlich kleinere Herausforderung darstellen.

Im Rahmen des 2021 gestarteten EU-Projektes RAPTOR (Real-time adaptive particle therapy of cancer), einem Marie-Sklodowska-Curie-Training-Netzwerk, arbeiten wir bereits mit den wichtigsten Forschungsinstitutionen auf dem Gebiet zusammen und sind mit diesen auch bilateral gut vernetzt. Beteiligt sind etwa das PSI, das University Medical Center Groningen (UMCG), das Massachusetts General Hospital Boston (MGH), die LMU München und die GSI sowie einzelne Industrie-

partner. Obwohl die Motivation von RAPTOR der des PT2030-Projektes ähnelt, werden wir uns im Projektzeitraum auf die Arbeit an einzelnen Komponenten und nicht auf deren Interaktion oder Translation in die Klinik konzentrieren. Es gibt daher viele Synergien durch die Zusammenarbeit im RAPTOR-Projekt, insgesamt ist es aber als komplementär zu PT2030 zu betrachten.

Das OncoRay gehört bereits heute im Bereich translationale, medizinphysikalische Protonentherapie-Forschung zu einem der führenden Zentren weltweit. Mit der Translation der prompt-gamma-basierten Bestrahlungsverifikation oder der Dual-Energie-CT-basierten Bestrahlungsplanung konnten wir wichtige Innovationen in die klinische Anwendung bringen, welche die Behandlung der Patienten relevant verbessert haben. Durch diesen translationalen Fokus und gleichzeitigen inhaltlichen Schwerpunkt auf der Verbesserung der Protonentherapie besteht eine unikale Ausgangssituation für das PT2030-Projekt. Es nutzt die am Standort vorhandenen, strukturellen und inhaltlichen Stärken, bindet die medizin-physikalischen Forschungsarbeiten der vergangenen Jahre bewusst ein und bildet so einen kongruenten Rahmen, um die einzelnen Forschungsthemen zu verbinden und so einen deutlich größeren und weltweit einmaligen Innovationbeitrag zu leisten.

Aufgrund des integrativen Translationscharakters von PT2030 und dem interdisziplinären Forschungsbedarf ist eine Kooperation mit starken akademischen Partnern – und vor allem auch mit der Medizintechnik-Industrie, ohne die eine Realisierung der klinischen Anwendung unmöglich ist – essenziell. Bei der Bildung des Gesamtkonsortiums wird eine stufenweise Strategie verfolgt: In einem ersten Schritt wird mit den essentiellen Schlüsselpartnern ein Kern-Konsortium gebildet, welches danach in einem zweiten Schritt mit komplementären, weiteren akademischen und ggf. industriellen Koope-

rationspartnern ergänzt wird. Mit diesem Vorgehen können bestehende Kooperationen der Kernkonsortiums-Mitglieder berücksichtigt und synergetisch eingebracht werden. Die Abstimmungen zur Bildung des Kernkonsortiums mit den führenden Industriepartnern im Bereich Partikeltherapie-Bestrahlungsplanung (Research Laboratories, Stockholm) und Protonentherapie-Gesamtsystem (IBA, Louvain-La-Neuve) sind zum jetzigen Zeitpunkt weit fortgeschritten und die Firmen haben ihre Mitarbeit zugesagt. Ein Konsortialvertrag soll im nächsten Schritt erarbeitet werden.

Die Realisierung einer Echtzeit-adaptiven Protonentherapie würde zu einer weiteren Stärkung der internationalen Anerkennung des Standortes für translationale und klinische Innovation und zur Verbesserung der Partikeltherapie führen. Dresden kann mit diesem Programm zum weltweit führenden Zentrum auf diesem Gebiet werden. Gleichzeitig wird die Weiterentwicklung der Photonentherapie mit modernster Technologie vorangetrieben, z.B. durch die Echtzeit-adaptive Therapie mit MR-Linac.

Stand der biologischen Forschung:

Es besteht ein großer Mangel an Wissen über die Wirkmechanismen der Partikeltherapie allein und in Kombination mit systemischen Behandlungen. Neue Behandlungsschemata werden häufig mit nicht klinisch relevanten, experimentellen Einstellungen durchgeführt. Die Zukunft der Strahlentherapie liegt in einer individualisierten Kombination aus Bestrahlung – wozu auch die Wahl der Strahlenart zählt – mit anderen onkologischen Therapien. In Anbetracht adaptiver Behandlungen ist ebenfalls weitere biologische Forschung zu Veränderungen der klinischen Zielvolumina – Stichwort: mikroskopische Tumorausbreitung – erforderlich.

Aktuelle Wettbewerber, gleichzeitig aber auch etablierte oder potenzielle Kooperationspartner sind z.B.

MGH Boston, UMCG Groningen, Leuven und die LMU München. Der Vorteil des OncoRay gegenüber vielen Wettbewerbern ist seine Multidisziplinarität sowie die Umsetzung von der präklinischen Evaluierung über die translationale Weiterentwicklung bis hin zur klinischen Validierung und Applikation. Durch die Kombination des physikalisch-technologischen Ansatzes mit biologisch-klinischer Forschung – etwa zur zeitlichen Veränderung des makroskopischen und mikroskopischen Tumolvolumens, zu RBE-Effekten, zu kombinierten Behandlungseffekten sowie zur Vorhersage des Therapieansprechens – haben wir ein einzigartiges, multidisziplinäres Programm, das wesentlich zur Sichtbarkeit von OncoRay beitragen wird.

Die infrastrukturellen Bedingungen bei OncoRay sind weltweit (fast) einzigartig. Dies zeigt sich in der langjährigen Forschung und Ausstattung zur Reichweitenverifikation, MR-PT, präklinische und klinische Bildgebung, Tierlabor, Zelllabore sowie dem großen Protonenversuchsbereich.

Forschungspolitik, lokale Vernetzung und Unterstützung:

Entscheidend für die Umsetzung der Strategie, besonders in Hinsicht auf technische Lösungen, sind Kooperationen mit kleinen und mittleren Unternehmen (z.B. Prompt-Gammadetektoren), im pharmakologischen Bereich auch mit großen Industriepartnern. Ausgründungen werden gefördert, wo sinnvoll. Neben Einzelprojekten werden Drittmitteleinwerbungen auch als Großprojekte – im Sinne eines Querschnittskonzepts – angestrebt, etwa gemeinsam mit Partnern aus der TU Dresden oder deren medizinischer Fakultät oder des HZDR sowie überregional (Informatik, Biomedizintechnik, Elektrotechnik, Radiologie, Nuklearmedizin, HZDR-Radionuklide, DKFZ).

Zusammenfassung

Radioonkologische Translationsforschung, um die Behandlung von Krebs durch eine biologisch individualisierte, technologisch optimierte Strahlentherapie zu verbessern.

Schwerpunkte:

- Protonentherapie der nächsten Generation: Entwicklung der technologisch bestmöglichen Strahlentherapie (Echtzeit-adaptive Protonentherapie)
- Personalisierte Strahlentherapie: Biologie-basierte, klinisch anwendbare Individualisierung der Therapie unter Einbindung neuer Biomarker, funktioneller Bildgebung und biologischer Mechanismen
- Helmholtz Roadmap: Gebäude und Anlagenbau für Next Generation Partikeltherapie (PT2030)



Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung



Interdisziplinarität ist gefragt, wenn es um dringend notwendige Erfolge bei der Diagnose und Therapie von Krebserkrankungen geht. Sowohl radiopharmazeutische wie immuntherapeutische Ansätze werden hierzu am Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung verfolgt.

Mission

Das Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung entwickelt niedermolekulare theranostische¹⁶ (Radio-)Tracer und rekombinante Antikörper-Verbindungen sowie Verbindungen auf makromolekularer Basis. Diese kommen sowohl in der Diagnostik als auch in der Therapie von Krebserkrankungen zum Einsatz. Einerseits ermöglichen sie eine verbesserte Früherkennung, die Stratifizierung von Patient*innen und die Therapieüberwachung mittels quantitativer tomografischer Bildgebung. Fortschritte in der Erforschung der gezielten systemischen Endoradiotherapie und der (Radio-)Immuntheranostik werden andererseits wesentlich zur erfolgreichen Behandlung von Krebspatient*innen beitragen. Dabei ist unser vorrangiges Ziel die schnelle Überführung unserer Forschungsergebnisse in die klinische Nutzung (Translation), wozu

wir ein tragfähiges Netzwerk insbesondere mit der Universitätsmedizin in Dresden sowie dem Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg aufgebaut haben.

Das Institut verfügt über eine international anerkannte Expertise in den radiopharmazeutischen Wissenschaften mit immuntherapeutischen Ansätzen. Diese kombinieren wir sowohl mit algorithmischer computergestützter Optimierung nichtinvasiver Bildgebung und deren Datenauswertung als auch mit Nanosensorik. Es ist unsere Überzeugung, dass diese interdisziplinäre Aufstellung in Kombination mit unserer europaweit einzigartigen Infrastruktur eine unabdingbare Voraussetzung für den Erfolg dieser Mission ist.

¹⁶ Wortkreuzung aus therapeutisch und diagnostisch

Forschungsportfolio und Weiterentwicklung – wesentliche strategische Gesichtspunkte

Translatiöner Ansatz

Unsere interdisziplinäre Forschung verfolgt das übergeordnete Ziel, **neuartige radioaktive Diagnostika und Therapeutika einschließlich immuntheranostischer Arzneimittel** für den Transfer in die klinische Praxis zu entwickeln. Insbesondere für den letzten Translations-schritt verfügt das Institut über die Möglichkeit zur GMP-konformen Herstellung (GMP = Good Manufacturing Practice) der neuartigen Theranostika und über Anlagen zur Positronen-Emissions-Tomografie (PET) für eine vollständig quantitative Bildgebung.

Um Arzneimittel entwickeln, erproben und erfolgreich in die Klinik bringen zu können, ist neben radiopharmazeutischem Know-how auch Fachwissen in den Bereichen Medizinphysik, Datenwissenschaften und Softwareentwicklung strategisch hochrelevant. Bedeutsam ist zudem die bestehende enge Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden, der TU Dresden, dem Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) und weiteren wichtigen klinischen Forschungsstandorten, wie etwa der Charité – Universitätsmedizin Berlin und dem Universitätsklinikum Leipzig. Unser **Netzwerkcluster** besteht hauptsächlich aus Instituten des HZDR und deren Partnern, dem DKFZ und dem Nationalen Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie (NCRO). Unsere Forschungsleistungen ergänzen die radioonkologischen Programme und Verbände wie das OncoRay in Dresden und HIRO in Heidelberg, die gemeinsam das Nationale Zentrum für Strahlenforschung in der Radioonkologie bilden.

Klinische Relevanz

Wir sind bestrebt, unsere Forschungs- und Infrastrukturprojekte zeitnah in die klinische Praxis zu überführen. Insbesondere bei der **molekularen Bildgebung** mittels PET (Positronen-Emissions-Tomografie) und SPECT (Singlephotonen-Emissions-Computer-Tomografie) hat unsere Forschung eine erhebliche klinische Relevanz, da die Möglichkeiten dieser Methoden im Falle von Krebserkrankungen, Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems und des Zentralnervensystems noch nicht optimal ausgeschöpft werden. Hierfür werden wir mit hoher Priorität neuartige Radiopharmaka entwickeln und diese im Sinne der Translation in erste klinische Studien einbringen. Weitere Schritte sollen anschließend in enger Zusammenarbeit mit Pharmaunternehmen erfolgen. Das Ziel: Präzisions- und personalisierte Medizin.

Entwicklung neuer Radiotracer

Am Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung kann mit einer großen Bandbreite an Radionukliden gearbeitet werden. Das Design neuartiger Radiotracer sieht die Verwendung von Gamma-, Augerelektronen-, Beta- und Alpha-Emittern zur **Markierung maßgeschneiderter Moleküle für die nichtinvasive theranostische Krebsbehandlung** vor. Vertiefende Forschungsmethoden werden zur Identifizierung, Synthese und Entwicklung neuer Liganden für krankheitsspezifische biologische Targets, wie Enzyme, Transporter und Rezeptoren, genutzt. Für den diagnostischen Einsatz arbeiten wir an Radiotraceren, die direkt an die Zellen des Tumormikromilieus binden und dabei sowohl eine hohe intratumorale Aufnahme als auch einen hohen Kontrast in der Bildgebung aufweisen. Darüber hinaus erforschen wir Antikörper- und Antikörperfragment-basierte Arzneimittel für Tumortargeting und -therapie. Von uns entwickelte Liganden können zudem als Sonden für neuartige Mikrofluidik-Plattformen auf der Basis von Nanochips genutzt werden, wozu wir eng mit dem Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung kooperieren.

Ein weiterer Ansatz ist die Entwicklung einzigartiger **theranostischer Plattformtechnologien**, die für die fortgeschrittene Immuntherapie und Endoradiotherapie sowie für die Bildgebung, Diagnostik und Therapieverlaufskontrolle eingesetzt werden können. Im Speziellen geht es dabei um **Targeting-Moleküle** mit unterschiedlichen Strukturen wie Antikörperfragmente, Nanobodies, Affibodies, Peptide und kleine Moleküle. Mit diesen lassen sich Immunzellen spezifisch gegen Targetzellen zur Immuntherapie sowie für Modulationen des Tumormikromilieus lenken. Die Behandlung folgender Erkrankungen kann hiervon profitieren:

- verschiedene maligne Tumorerkrankungen
- Infektionskrankheiten
- Autoimmunerkrankungen
- entzündliche Erkrankungen

Die Forschung am Institut umfasst dabei die Entwicklung der Antikörper, die genetische Modifizierung von Zellen sowie die Entwicklung von (Adapter-)chimären Antigenrezeptor(CAR)-basierten Technologien. Dabei können dieselben Targeting-Moleküle radioaktiv markiert und anschließend für die Bildgebung und Therapieverlaufskontrolle sowie zur Endoradiotherapie verwendet werden.

Weiterhin werden noch ungeklärte Ursachen für die Chemo- und Strahlentherapieresistenz untersucht und neue biologische Targets für die Bildgebung und Intervention definiert. Darüber hinaus stehen neuartige, doppelt markierbare Tracer für die optische und PET- oder SPECT-Bildgebung, die beispielsweise für das Prestaging mittels PET und anschließend intraoperativ für die bildgesteuerte Chirurgie eingesetzt werden können, auf unserer Forschungsagenda. Und schließlich testen wir neue radiopharmazeutische Methoden, wie etwa die enzymatische regiospezifische Biokonjugation, die auch der Entwicklung einer kombinierten Bildgebung, Immun- und Endoradiotherapie zugutekommen könnten.

CopperNostics

Die Nuklearmedizin hat sich von einem diagnostischen Fach in eine zunehmend auch therapeutische Fachrichtung entwickelt – wofür das Kunstwort **Theranostik** steht. Abgestimmte Paare von Radionukliden aus jeweils einem Positronen-/Gamma-Emitter und einem Beta-/Alpha-Emitter können **sowohl für die Bildgebung als auch für die Therapie von Tumoren** mit demselben zugrundeliegenden Targeting-Molekül verwendet werden.

Die Idee: Basierend auf der Bildgebung aufgrund des diagnostischen Radionuklids lässt sich für jeden Patienten die individualisierte Strahlendosis präzise bestimmen. Im Anschluss folgt eine interne Bestrahlung

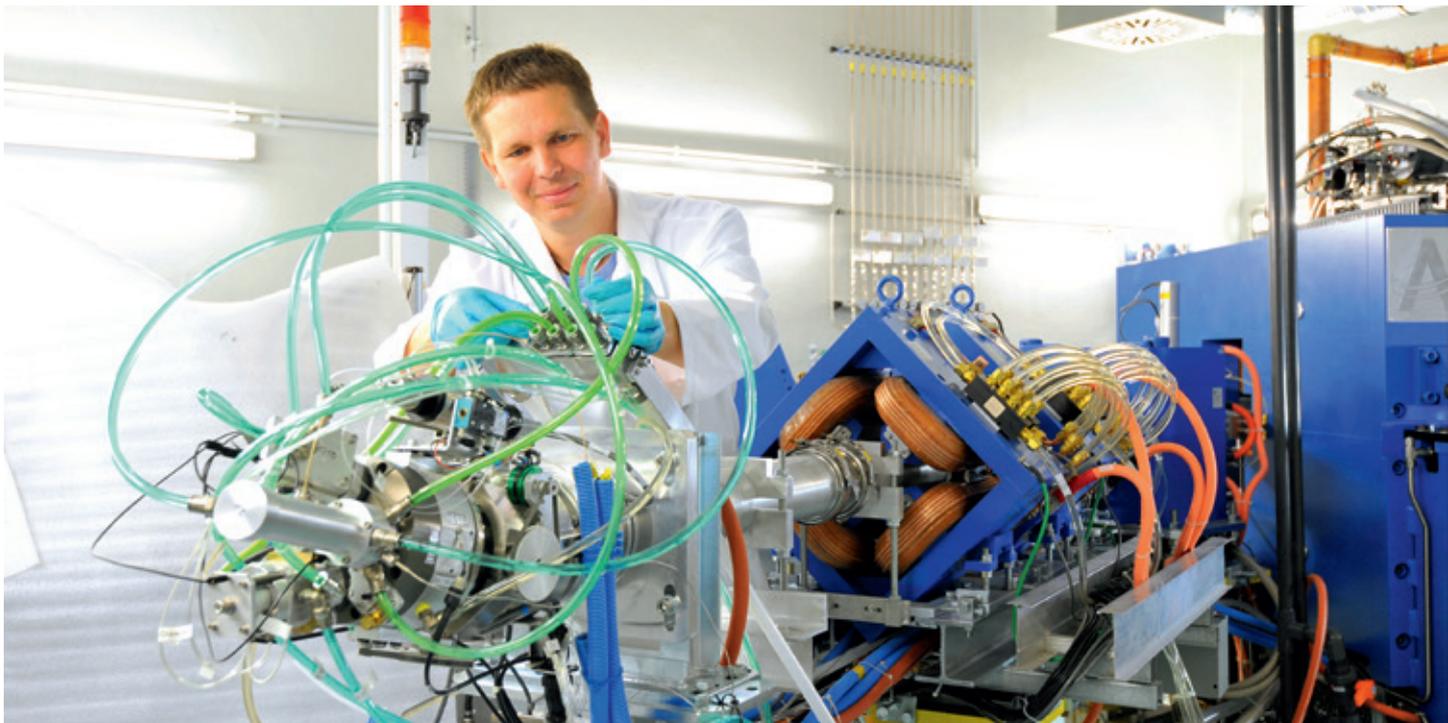
mit dem dazugehörigen therapeutischen Radionuklid. Die Behandlung kann zudem mit einer externen Bestrahlung oder anderen therapeutischen Ansätzen einschließlich der Chemo- oder Immuntherapie kombiniert werden.

Aufgrund ihrer strahlenphysikalischen Parameter sind der Positronenstrahler Kupfer-64 (für diagnostische Zwecke) und der Betastrahler Kupfer-67 (für therapeutische Zwecke) von besonderem Interesse für eine theranostische Anwendung in der Nuklearmedizin. Während jedoch Kupfer-64 in großer Menge und sehr guter Reinheit am HZDR hergestellt werden kann, liefert die Zyklotron-basierte Herstellung von Kupfer-67 grundsätzlich nur moderate Ausbeuten, die maximal für präklinische Untersuchungen ausreichen.

Die einzige echte Alternative für die Herstellung klinisch relevanter Mengen von Kupfer-67 ist die Herstellung am Linearbeschleuniger über eine photonukleare Reaktion entsprechend der Gleichung $^{68}\text{Zn} (\gamma, p) ^{67}\text{Cu}$. Die Entwicklung, Etablierung und Umsetzung der Radionuklidproduktion mittels photonuklearer Reaktionen ist für uns daher ein mittel- bis langfristiges und zugleich herausforderndes strategisches Ziel.

Schnelle Reaktion auf drängende neue Herausforderungen

Es ist eine ausgesprochene Stärke des Instituts, auf Veränderungen der thematischen Randbedingungen



Mit dem hochmodernen Zyklotron lässt sich eine große Bandbreite an Radionukliden erzeugen.

flexibel und schnell reagieren zu können. Angesichts der aktuellen COVID-19-Pandemie und weiterer in Zukunft zu erwartender, virusbedingter Pandemien sehen wir eine große Chance für weitere Forschungs- und Infrastrukturprojekte. Die molekulare Bildgebung bietet hier ein hohes Potenzial für eine verbesserte Charakterisierung virusinduzierter Krankheiten. Insbesondere ist die **Entwicklung von molekularer Bildgebung und (Immun-)Therapie für Infektionskrankheiten** angedacht, beispielsweise für SARS-CoV-2-assoziierte Infektionen durch Protein-Targeting von Wirt-Pathogen-Wechselwirkungen

und durch die Erforschung passender molekularer Targets zur Charakterisierung organspezifischer Spätfolgen. In Bezug auf die COVID-19-Pandemie (und zukünftige Pandemien) befassen wir uns mit der Entwicklung von Point-of-Care-Systemen auf Basis von Miniaturdetektorsystemen. Diese ermöglichen einen simultanen Nachweis der multiplen virusbezogenen Marker zur verbesserten Überwachung der Ausbreitung von Viruserkrankungen. Und schließlich stehen auch schnell intervenierende Theranostika in unserem Fokus.

Vernetzung und Kooperation

Programmübergreifende Zusammenarbeit am HZDR

Das Institut profitiert von zahlreichen Kooperationen auf dem HZDR-Campus. Um diesen Umstand weiter zu befördern, haben wir eine neue programmübergreifende Zusammenarbeit initiiert durch die Installation der **Nachwuchsgruppe Nanosensorik**. Deren Hauptziel ist es, das Wissen und die Herstellungsmöglichkeiten von nanosensorischen Systemen und Mikroelektronik, die am Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung verfügbar sind, mit dem Know-how der biomedizinischen Funktionalisierung und insbesondere dem medizinischen Anwendungspotenzial von Diagnosesystemen an unserem Institut zu kombinieren. Eine solche interdisziplinäre Forschung trägt zur Entwicklung neuer Methoden für Screening, Diagnostik und Behandlung von Krebserkrankungen bei. Auch die Zusammenarbeit mit dem Institut für Ressourcenökologie ist für uns von großer Bedeutung und wird im Rahmen der laufenden Planung und Realisierung des **Zentrums für Radioökologie und Strahlenforschung** (siehe Kapitel 4.2. Hochmoderne Infrastruktur – Unsere Zukunftsprojekte) vertieft werden.

Für unsere strategisch bedeutsame **Initiative Copper-Nostics** werden wir – in Zusammenarbeit mit dem Institut für Strahlenphysik – das Potenzial photonuklearer Reaktionen nutzen, um langfristig größere Aktivitätsmengen theranostischer Radionuklide, wie den Betastrahler Kupfer-67, für die klinische Anwendung produzieren zu können.

Verbund auf Helmholtz-Ebene

Ein strategisches Ziel ist der Aufbau eines **Nationalen Zentrums für Translationale Radiopharmazie** mit drei Helmholtz-Zentren als Gründungsmitgliedern: DKFZ, Forschungszentrum Jülich und HZDR, das die Federführung übernehmen wird. Der Verbund soll



Abb. 31: Darstellung der HZDR-internen, strategischen Verknüpfungen (farbig hervorgehoben) des Instituts für Radiopharmazeutische Krebsforschung

wichtige Synergien zur gemeinsamen strategischen Weiterentwicklung hochkomplexer Technologien für die Herstellung medizinischer Radionuklide sowie für nuklearchemische und radiochemische Methoden schaffen. Ein besonderer Fokus liegt in der Ausbildung von Expert*innen in der Radio- und Nuklearchemie. Studentische Austauschprogramme werden diesen Verbund nachhaltig stärken.

Nationale und internationale Kooperationen

Mit dem Zentrum für Radioaktive Tumorforschung (ZRT) verfügen wir über eine auch international sehr

sichtbare Infrastruktur, zusätzlich profitiert es von den gemeinsamen Arbeiten in den Laboren und Anlagen der Kooperationspartner, allen voran der Technischen Universität und des Universitätsklinikums Dresden (UKD). Diese enge Zusammenarbeit soll vertieft und erweitert werden, um den translatorischen Aspekt unserer Arbeiten zu stärken und zu befördern – auch und gerade über die gemeinsam getragenen Verbünde und Plattformen:

- OncoRay – Nationales Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie
- Nationales Centrum für Tumorerkrankungen Dresden (NCT/UCC)
- Deutsches Konsortium für Translationale Krebsforschung (DKTK)
- weitere Netzwerke auf nationaler und internationaler Ebene

Auf internationaler Ebene richten wir das **Helmholtz International Lab MHELTHERA** ein, das sich einer langjährigen Kooperation mit der Monash University in Melbourne auf dem Gebiet der Radio- und Immuntheranostik zum Imaging und zur (Immun-) Therapie von Tumor-, Autoimmun-, Herz- sowie In-

fektionserkrankungen (SARS-CoV-2) verdankt. In den mitteleuropäischen Ländern werden wir hinsichtlich einer langfristigen strategischen Stärkung mit klarer Entwicklungsperspektive unsere Kooperationen etwa mit der Semmelweis-Universität in Budapest und dem Institut für Makromolekulare Chemie (IMC) in Prag ausbauen.

Erst kürzlich gelang es uns, als essenzieller Partner des Zukunftsclusters für Sachsen namens SaxoCell und im Rahmen des **Innovationswettbewerbes Clusters4Future** des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) den Zusammenschluss der führenden Forschungsinstitute und medizinischen Einrichtungen in Leipzig und Dresden erfolgreich zu verteidigen. Aufgabe von SaxoCell ist es, durch regionale Zusammenarbeit von akademischen und klinischen Einrichtungen, Forschungsinstituten, Industriepartnern, Start-ups und Spin-offs, Gesundheitsbehörden und Ethikkommissionen neue Anwendungsgebiete und Produktionsmethoden für personalisierte Gen- und Zelltherapeutika, sogenannte lebende Arzneimittel, zu erschließen.

Instrumente und Maßnahmen zur Strategieumsetzung

Künftige Infrastrukturmaßnahmen

GliaRPET

Ein wichtiges Ziel für unseren Forschungsstandort in Leipzig ist die Einwerbung eines simultanen Kleintier-7 Tesla-MRT/PET-Hybridscanners (GliaRPET). Auf dem Gebiet der MR-Bildgebung sind höhere Feldstärken wichtig, damit bessere Auflösungen und neue Kontraste sowie metabolische Bildgebung und In-vivo-Magnetresonanzspektroskopie über die herkömmliche Wasserstoffbildgebung hinaus möglich werden. Das GliaRPET ist damit eine wesentliche Voraussetzung für anspruchsvolle multimodale Bildgebungsstudien in tierexperimentellen Hirntumormodellen. Ergebnisse der präklinischen MRT/PET-Studien unter Verwendung neuer Tracerklassen sollen in Zusammenarbeit mit unseren Projektpartnern (u. a. Universität Leipzig und OncoRay) mittelfristig in die bildgeführte Strahlentherapie im Sinne einer biologiegeführten Strahlentherapie übertragen werden. Diese wird die heutige Präzisionsstrahlentherapie und deren Planung weiter optimieren.



Abb. 32: GliaRPET steht für Non-invasive Imaging of **G**lioma-associated **R**eceptors using Small Animal **P**ET/MRI.

Human Total Body PET/CT

Die Installation eines Ganzkörper-PET/CT-Scanners für Patient*innen bzw. Proband*innen in Dresden, idealerweise am HZDR, hat für das Institut ebenfalls eine hohe strategische Relevanz. Solche Human-Total-Body-PET/CT-Systeme sind erst seit Kurzem verfügbar und bieten ein massiv vergrößertes, axiales Sichtfeld von 100 bis 200 Zentimetern (im Vergleich zu 15 bis 20 Zentimetern in aktuellen klinischen Systemen). Damit bieten sie die einzigartige Möglichkeit, kinetische Tracer-Transportprozesse im gesamten menschlichen Körper zu untersuchen und zu quantifizieren. Dies erlaubt erstmals eine umfassende und zeitgleiche Bewertung der organspezifischen Tracer-Verteilung in großen Tiermodellen und im Menschen.

Die radiopharmakologische Bewertung neuer Tracer-Klassen wird sich deutlich auf die Entwicklung neuer theranostischer Radiopharmaka und ihre Anwendungen, inklusive in der Dosimetrie, auswirken. Deshalb werden Ganzkörper-PET/CT-Scanner zunehmend klinische Akzeptanz erfahren und die derzeitigen PET-Systeme letztendlich ersetzen. Damit der Informationsgehalt solcher Datensätze vollständig genutzt werden kann, wird es zu einer massiv steigenden Nachfrage nach verbesserten Datenverarbeitungs- (Bildrekonstruktion, Bewegungskorrektur usw.) und Quantifizierungsansätzen (kinetische Tracermodellierung, Läsionssegmentierung, Tumorerogenität usw.) kommen. Wir forschen bereits auf dem Gebiet der Datenwissenschaften, der pharmakokinetischen Modellierung und der verbesserten klinischen Bildgebung und sind ideal ausgestattet, um uns auch diesem Vorhaben erfolgsversprechend widmen zu können.

Langfristige Personalplanung zur Kompetenzsicherung

Nachwuchsförderung

Ein wichtiges Anliegen des Instituts ist die Ausbildung des wissenschaftlichen und technischen Nachwuchses. Junge Wissenschaftler*innen, und hier vorrangig Masterstudenten*innen und Doktoranden*innen, von nationalen und internationalen Hochschulen bieten wir die Möglichkeit, interdisziplinäre Themen der angewandten Grundlagenforschung in modernen Laboratorien im Rahmen von Master- und Promotionsarbeiten unter Anleitung erfahrener Wissenschaftler*innen zu bearbeiten. Zugleich bringen Institutsangehörige umfangreiches Fachwissen und einen großen Erfahrungsschatz in die Lehre an der TU Dresden ein. Studierende können u. a. Vorlesungen in den Lehrmodulen „Radiopharmazie“ sowie „Bioanorganische Chemie“ und „Pathobiochemie“ sowie die

Vorlesung „Positronen-Emissions-Tomografie“ belegen. Unser Institut bildet weiterhin sehr erfolgreich Chemie- und Biologielaborant*innen aus.

Ein Beispiel für unsere erfolgreiche akademische Nachwuchsförderung ist die **Mildred-Scheel-Tandem-Nachwuchsgruppe** von Dr. Claudia Arndt. Gemeinsam mit dem Mediziner Dr. Frederick Faßlbrinner vom UKD arbeitet sie an einer Kombination von UniCAR-T-Zell-Therapie, Radioimmuntherapie und In-vivo-Bildgebung, um so zur Entwicklung einer leistungsstarken personalisierten Krebstherapie für Patient*innen mit Akuter Myeloischer Leukämie (AML) beizutragen. Mit der Anbindung des Instituts an die Medizinischen Fakultäten der TU Dresden und der Universität Leipzig sowie an die Fakultät Chemie und Lebensmittelchemie der TU Dresden ist der direkte Zugang zu hervorragendem wissenschaftlichem Nachwuchs vor Ort gewährleistet.

Professuren

Die Abteilung Experimentelle (Neuro)-Onkologische Radiopharmazie an der Forschungsstelle Leipzig wird mit einer gleichnamigen W2-Professur ausgestattet, die in unser Institut integriert wird und die als gemeinsame Berufung mit der Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig geplant ist. So wird die Zusammenarbeit mit dem Institut für Wirkstoffentwicklung und der Klinik für Nuklearmedizin in Leipzig intensiviert.

Es wird ferner die Neubesetzung der Professur für Positronen-Emissions-Tomografie an der Klinik für Nuklearmedizin des UKD in Nachfolge des derzeitigen Stelleninhabers und Abteilungsleiters der Abteilung für Positronen-Emissions-Tomografie (Pensionierung: 07/2024) angestrebt. Hierbei werden die aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet der Datenwissenschaften im Hinblick auf ihre zunehmende Bedeutung für unsere Forschungsvorhaben und auf die funktionelle Bildgebung und Bilddatenanalyse in der Nuklearmedizin zu diskutieren und angemessen zu berücksichtigen sein, um eine optimale Ausrichtung der Ausschreibung zu gewährleisten. Dieser Prozess wird von uns proaktiv mit dem notwendigen zeitlichen Vorlauf befördert werden.

Künstliche Intelligenz, Datenwissenschaften, Digitalisierung & Open Science

Künstliche Intelligenz (KI) soll dabei helfen, die szintigrafische und optische Bildgebung *in vitro* und *in vivo* mithilfe von Tracermolekülen zu verbessern, etwa bei der Auswertung wichtiger biologischer, zeitabhängiger und metabolischer Prozesse. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse sollen auf die Humanbildgebung übertragen werden mit dem Ziel, die molekulare Diagnostik mittels nuklearmedizinischer, optischer und hybrider Verfahren zu präzisieren und zu beschleunigen. Eine zentrale Herausforderung hierbei ist die Generierung von Trainingsdatensätzen in ausreichender Quantität und Qualität.

Im Rahmen der zehn Punkte der Helmholtz-Digitalisierungsinitiative werden wir eine Reihe bereits identifizierter Themen verstärkt in den Fokus nehmen und diese gemeinsam mit der Task-Force Digitalisierung am HZDR weiter ausarbeiten. Die Schwerpunkte liegen auf:

- FAIR Data Management
- anonymisierte Bilddatenbanken, namentlich tomografische PET-Daten für KI-Anwendungen in der Nuklearmedizin
- Open Data & Open Access, Reproducible Research

- Methoden der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens, digitale Workflows, e-Laborbuch, nachhaltige Software-Entwicklung

Open Science soll für unsere Forschungsaktivitäten zum Leitsatz werden, um so einerseits einen transparenten Zugang zu generiertem Wissen in Forschungsdaten und Laborberichten zu schaffen und dieses Wissen andererseits durch kollaborative Netzwerke zu verteilen und weiterzuentwickeln. Geeignete Methoden aus den Datenwissenschaften werden uns auch weiterhin dabei unterstützen, die quantitative tomografische Bildgebung, namentlich Positronen-Emissions-Tomografie und Magnet-Resonanz-Tomografie (MRT), zu verbessern. Hierzu gehören neben Aspekten der tomografischen Bildrekonstruktion, Bewegungskorrektur und Segmentierung dreidimensionaler Datensätze insbesondere auch die Entwicklung und Optimierung neuer Quantifizierungsstrategien, basierend auf den Prinzipien der pharmakokinetischen Modellierung von Tracertransportprozessen im menschlichen Organismus sowie Initiativen zur Etablierung von akzeptierten Quantifizierungsstandards.



Zusammenfassung

Das Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung arbeitet interdisziplinär an der Entwicklung und Evaluierung radioaktiver Arzneimittel für diagnostische Anwendungen in der molekularen Bildgebung und für den Einsatz in der Tumortherapie. Diese theranostische Ausrichtung schließt die angewandte Grundlagenforschung in den radiopharmazeutischen Wissenschaften in Kombination mit immuntherapeutischen Ansätzen ein, mit dem Ziel der Überführung in die translationale Forschung.

Strategische Schwerpunkte:

Um das Hauptziel zu erreichen, betreibt das Institut Forschung auf den folgenden Gebieten:

- Vernetzung mit den notwendigen naturwissenschaftlichen und medizinischen Disziplinen
- Hinarbeiten auf klinisch relevante Projekte von den Grundlagen bis zur Anwendung
- Ausbau der Produktion klinisch relevanter Radionuklide für die Diagnostik und Endoradiotherapie von Krebserkrankungen
- Entwicklung radiotheranostischer Verfahren in Kombination mit immuntherapeutischen Verfahren
- Unterstützung der Tracer-Entwicklung und Bildgebung mithilfe der Künstlichen Intelligenz (KI)

Auswahl geplanter Maßnahmen:

- Ausbau der Radionuklidproduktion mit weiteren Beschleunigern für die radiopharmazeutische Herstellung diagnostischer und therapeutischer Radionuklide
- Ausbau der GMP-Produktion für die Herstellung von Radiotherapeutika und Immuntherapeutika (GMP = Good Manufacturing Practice)
- Ausbau der präklinischen Tracer-Entwicklung mit weiteren Kleintier-Therapiebereichen und -Hybridsystemen, insbesondere Kleintier-Hochfeld-MRT/PET-Scanner und optische Scanner
- Ausbau der Tracer-Entwicklung unter Zuhilfenahme eines Total Body PET/CT für die Humananwendung inklusive Metaboliten-Analytik
- Aufbau relevanter Professuren im transdisziplinären Umfeld des Instituts



Eine Gesteinsprobe wird für die Rohstoffcharakterisierung vorbereitet. Durch die Kombination hochmoderner Bildanalyseinstrumente können chemische Informationen über die Mineralverteilung, Strukturparameter (Partikelgröße oder Mineralassoziation) und chemische Informationen in 2D oder 3D gewonnen werden. Eine vom HIF entwickelte Messroutine und Software kombiniert 2-dimensionale mit 3-dimensionalen Daten, um so Mineralausbeute und Energieeffizienz zu optimieren und gleichzeitig Materialverluste zu minimieren.

Die Mitarbeiter*innen des HIF leisten in den folgenden Bereichen wichtige Beiträge zum Aufbau und Verständnis einer nachhaltigen Circular Economy:

- Entwicklung innovativer und effizienter Ressourcentechnologien
- Schaffung eines wertschöpfungskettenübergreifenden Systemverständnisses
- Quantifizierung der Möglichkeiten und Grenzen
- Erarbeitung von praktikablen Lösungen zur Umsetzung gemeinsam mit Gesellschaft, Interessensgruppen und Entscheidungsträgern

Das HIF forscht in besonders enger Kooperation mit seinem strategischen Partner TU Bergakademie Freiberg. Gemeinsam gewinnen und fördern die Partner am Standort Freiberg Spitztalente aus der globalen Wissenschaftslandschaft, indem jungen Wissenschaftler*innen ein einmaliges Forschungsumfeld sowie eine durch das HZDR organisierte Unterstützung bei der Karriereplanung geboten wird. Hierbei liegt ein besonderer Fokus auf der Förderung junger Frauen.

Forschungsportfolio & Weiterentwicklung

Im Rahmen der vierten Periode der Programmorientierten Förderung (PoF IV) der Helmholtz-Gemeinschaft ist das HIF mit seinem Forschungsprofil in das Topic Ressourcen- und Energieeffizienz im Forschungsbereich ENERGIE eingebettet. In diesem Kontext befasst sich das HIF, gemeinsam mit seinen Partnern, mit der ressourcen- und energieeffizienten Nutzung von Rohstoffen. Der Schwerpunkt liegt hier insbesondere auf metallischen und mineralischen

Rohstoffen, die etwa bei der Transformation des Energiesystems, der Digitalisierung oder der elektrischen Mobilität eine wesentliche Rolle spielen. Dabei ist es ein besonderes gemeinsames Anliegen, die Ressourcen- und Energieeffizienz in einer nachhaltigen CE immer zusammen zu betrachten. So wird es möglich, die tatsächlich erreichbare Schließung von Rohstoffkreisläufen sowie die Potenziale der Nutzung derzeit nicht zurück-gewonnener Rückstände – wie

beispielsweise Seltene Erden – kritisch zu evaluieren und zu quantifizieren.

In diesem Kontext widmet sich das Institut der Entwicklung flexibel verschaltbarer, modular aufgebauter und agiler Technologien in Kombination mit digitalen Plattformen. Die weltweit einmalige **Kombination moderner Sensorsysteme mit Möglichkeiten des Maschinellen Lernens und der prädiktiven Prozessoptimierung** gestattet es, neuartige Technologiekonzepte zu entwickeln zur effizienteren Rückgewinnung von

- komplex zusammengesetzten und fein verteilten Rohstoffen bspw. aus Elektro- und Elektronikgeräten (Smartphones, Laptops, Batterien etc.),
- Schrotten (aus dem Recycling von Haushaltsgeräten, Kraftfahrzeugen etc.),
- feinstkörnigen Spülsanden (Bergbauhalden),
- polymetallischen Erzen (primäre Rohstoffgewinnung).

Durch die vollautomatisierte Erfassung und (Vor-)Sortierung der Wertstoffströme bereits vor der Weiterverarbeitung sollen technologisch bedingte Verluste weitestgehend vermieden und dadurch **bis zu 90 Prozent der bisherigen Rohstoffverluste dem Stoffkreislauf wieder zugeführt** werden.

Diese Fragestellungen erfordern transdisziplinäre Forschungsansätze mit Kompetenzen entlang des gesam-

Vernetzung und Internationalisierung

Innerhalb der am Institut sehr breit abgedeckten Wissensdomänen haben sich deutliche Kompetenzschwerpunkte herausgebildet (siehe Abbildung 33). Diese Kernkompetenzen ergänzen sich komplementär mit Forschungsbereichen, die an der TUBAF gut etabliert sind. Die Komplementarität und örtliche Nähe bieten ein reiches Fundament für eine Vielzahl an Kooperationsmöglichkeiten. Ähnliche Synergien haben sich mit Instituten des HZDR entwickelt – und hier insbesondere mit dem Institut für Fluidodynamik im Bereich dynamischer Prozesse am Dreiphasenkontakt – und den Instituten für Ressourcenökologie sowie für Ionenstrahlphysik und Materialforschung im Bereich der Charakterisierung von Rohstoffen bis in den Parts-per-trillion-Bereich (ppt). Eine wichtige aktuelle Initiative ist die angestrebte Einrichtung eines Center for Interface Studies, in dem zukünftig die grenzflächenbasierten Forschungen des gesamten Zentrums gebündelt werden sollen. Mit dem neu gegründeten CASUS-Institut sind vielversprechende Kooperationen in Anbahnung, etwa in den Bereichen

ten Wertstoffkreislaufs. Um abteilungsübergreifend intensiv zusammenarbeiten zu können, wurde mit der Gründung des Instituts im Jahr 2011 eine Matrix-Struktur geschaffen (siehe Abbildung 34). Die vier Säulen repräsentieren Abteilungen, welche spezifische Wissensdomänen entlang der Wertschöpfungskette mineralischer und metallischer Rohstoffe darstellen. Diese werden vernetzt über zwei transversal ausgerichtete Abteilungen zur Maximierung der Synergien und der Transdisziplinarität unserer Forschungsarbeiten. Diese Grundstruktur ist robust, gleichzeitig aber auch flexibel genug, um beim weiteren Ausbau des Instituts neue Kompetenzbereiche aufzunehmen.

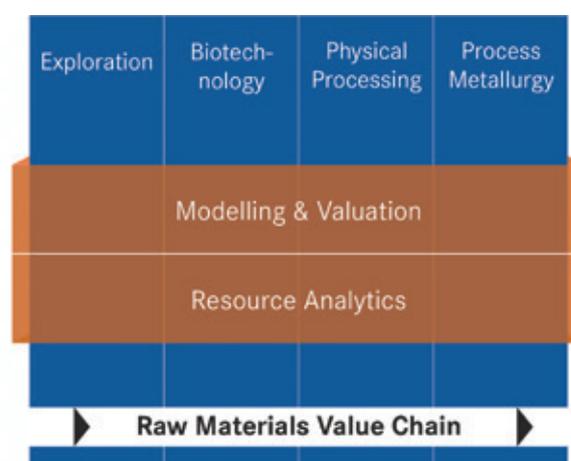


Abb. 34: Struktur des HIF: Sechs Arbeitsgruppen bilden eine Matrix, um transdisziplinäre Forschung zu ermöglichen.

des Maschinellen Lernens und der Künstlichen Intelligenz (ML/KI).

Weiterhin arbeitet das HIF häufig als **Koordinator in zahlreichen national geförderten Verbundforschungsprojekten** (BMBF, BMU/UBA, BMWi/ZIM) mit regionalen und überregionalen KMU und Wissenschafts- und Industriepartnern zusammen. An dieser Stelle soll das recomine-Konsortium beispielhaft genannt sein, welches mehr als 70 regionale Partner in Deutschland und Tschechien zu Fragestellungen der Nachnutzung von Rückständen aus der Rohstoffgewinnung und -verarbeitung zusammenbringt. Dieses Bündnis wird durch das HIF koordiniert.

Die erfolgreiche Einrichtung des **EIT Raw Materials** durch das HZDR im Jahr 2015 war ohne Zweifel das wichtigste Instrument, um die Arbeiten des HIF mit allen relevanten Partnern aus Industrie und Wissenschaft innerhalb der EU wirksam zu vernetzen. So entstand eine Vielzahl von Kooperationen, die vor allem

durch das Programm Horizont 2020 finanziert wurden. Auch über die Grenzen Europas hinaus konnte das HIF eine Vielzahl an Kontakten und Kooperationen mit Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft etablieren. Allerdings haben diese Kooperationen bisher zwar zu Drittmittelerfolgen, aber noch zu keinen produktiven strategischen Partnerschaften geführt. Eine Ausnahme bildet die enge Kooperation mit Partnern in Südamerika (v.a. Brasilien und Chile) sowie die enge Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern in Südafrika (z.B. CIMERA, Mintek). Es gilt also, gerade die globale Kooperation mit strategischen Partnern weiter zu stärken. Dies kann u. a. auch gemeinsam mit den Partnern am Standort Freiberg geschehen. Für das HIF stehen zwei konkrete Maßnahmen im Vordergrund:

- der Aufbau einer Helmholtz International Research School zum Thema Geometallurgie mit dem Center of excellence for Integrated Mineral and Energy Resource Analysis (CIMERA) in Südafrika
- Vereinbarung von mindestens einer strategischen Partnerschaft mit einem global führenden Partner aus der Rohstoffindustrie



Abb. 35: Darstellung der HZDR-internen, strategischen Verknüpfungen (farbig hervorgehoben) des Helmholtz-Instituts Freiberg für Ressourcentechnologie

Instrumente und Maßnahmen zur Strategieumsetzung

Im Rahmen der strategischen PoF-Begutachtung im Oktober 2019 haben die Gutachter empfohlen, die Forschung im Topic Ressourcen- und Energieeffizienz an einem stärker bedarfsorientierten Ansatz – im Gegensatz zur aktuellen Orientierung an der Kompetenz – auszurichten. Um dieses Ziel zu erreichen, hat das HIF den klaren Anspruch, innovative Technologien vom Labor- zum Pilotmaßstab mit Technology Readiness Level (TRL) von größer/gleich sechs zu entwickeln. Diese sollen gezielt getestet und zum Transfer in die Industrie vorbereitet werden. Dazu werden geeignet dimensionierte Forschungsinfrastrukturen benötigt.

Derzeit stehen zwei Forschungsinfrastrukturen im Pilotmaßstab im Fokus. Zum einen das **Technikum für metallurgische Prozesstechnik** zur thermischen, chemischen und biochemischen Aufbereitung und Rückgewinnung von metallischen und mineralischen Rohstoffen, das Ende 2021 in Betrieb genommen werden soll. Zum anderen ist ein **Technikum für die mechanische Aufbereitung von Rohstoffen in Planung**, das unter dem Arbeitstitel FlexiPlant auf der Helmholtz-Roadmap gelistet ist. Zusammen sollen diese beiden Forschungsinfrastrukturen zu einer weltweit einzigartigen Plattform für die flexible und agile Verarbeitung von mineralischen und metallhaltigen Rohstoffen avancieren. Im Rahmen des Maschinellen

Lernens (ML) und der prädiktiven Prozessoptimierung sollen beide Infrastrukturen weitgehend digitalisiert und automatisiert interagieren.

So wird es möglich, **sehr komplexe und bisher kaum recyclingfähige Rohstoffe mit maximaler Ressourcen- und Energieeffizienz aufzubereiten und einer neuen Nutzung** zuzuführen. Durch sauberes – bzw. in engen Grenzen vorsortiertes und differenziertes – Recyclingkonzentrat lässt sich der Energieaufwand für die pyro- und hydrometallurgische Rohstoff-Rückgewinnung um ca. 50 Prozent vermindern, beispielsweise durch ein Recycling, das die Qualität der Legierungen erhält – also kein Downcycling abbildet –, oder indem ermöglicht wird, die Anzahl der benötigten Reinigungsstufen zu reduzieren. Aus diesen Effekten ergeben sich hochgerechnet Einsparungen von ca. 20 Prozent des Primärenergiebedarfs der gesamten Rohstoffindustrie.

Die beiden Forschungsinfrastrukturen sind eingebettet in das Entwicklungsszenario zum **Forschungscampus für Ressourcentechnologie und Nachhaltigkeit** (Chemnitzer Straße 40 in Freiberg). Die weitere Entwicklung bzw. der Ausbau des Campus (siehe Abbildung 36) ist Grundvoraussetzung, um unsere Forschungsziele zu erreichen. Hier sind zunächst



Abb. 36: Übersicht über den Forschungscampus für Ressourcentechnologie und Nachhaltigkeit in Freiburg, der durch das HIF entwickelt werden soll

etliche bürokratische Hürden zu nehmen. Zudem soll das HIF über seine jetzige Personalstärke hinaus weiterwachsen: bis 2030 auf eine Personalstärke von ca. 200 Mitarbeiter*innen. Dieser personelle Zuwachs soll zunächst über die Nutzung von Förderprogrammen (HZDR, Helmholtz, BMBF, EU) sowie über eine zielgerichtete, strategische Zusammenarbeit mit der Rohstoffindustrie und der TUBAF erreicht werden. Die Einwerbung von Drittmitteln aus regionalen, nationalen und EU-Förderprogrammen gehört selbstverständlich ebenso dazu. Hier hat das HIF bereits in der Vergangenheit seine Stärke bewiesen.

Ein weiterer deutlicher, wenn auch eher indirekter Aufwuchs der Personalstärke wird vom Ergebnis des Technologietransfers am HIF erwartet. Im Zuge der Weiterentwicklung des Campus ist die Integration eines Inkubators geplant, wofür entsprechende Büroflächen bereitzustellen sind, die Spin-offs aus dem HZDR sowie weiteren Start-up-Unternehmen flexible Wachstumsmöglichkeiten und eine enge Anbindung an die Forschung des HIF bieten. Aktuell beschäftigen

bereits drei Firmen auf dem Campus in Freiburg ca. 50 Mitarbeiter*innen. Eine Verdoppelung dieser Zahl in den nächsten zehn Jahren erscheint mehr als realistisch. Damit ergibt sich eine Gesamtzahl von etwa 300 Arbeitnehmer*innen auf dem Campus bis 2030.

Initiativen, die einen wichtigen Beitrag zur Personalentwicklung beitragen werden, sind:

- Rekrutierung einer*s neuen Abteilungsleiters*in für die Prozessmetallurgie als gemeinsame Berufung mit der TUBAF
- Verstetigung von Arbeitsverhältnissen, um Mitarbeiter*innen im wissenschaftlichen und administrativ-technischen Bereich langfristig zu binden
- drei bis fünf international führende Wissenschaftler*innen des HIF sollen über Honorar- bzw. Gastprofessuren von geeigneten Universitäten gemeinsam berufen werden

Der angestrebte weitere Auf- und Ausbau des HIF trifft dabei auf ein sehr günstiges Umfeld. Der Standort Freiburg ist im nationalen Kontext der einzige Stand-

ort mit umfassenden Kompetenzen für eine ganzheitliche Betrachtung der Circular Economy. Das HIF ist ein integraler Teil dieses Ökosystems – und nimmt mit seiner Ausrichtung und seinem Kompetenz-Portfolio eine einzigartige Position in der außeruniversitären Forschungslandschaft ein.

Gleichzeitig ist der Aufbau einer nachhaltigen CE ein wesentlicher Bestandteil des europäischen Green Deal mit einer Vielzahl von Initiativen sowohl auf nationaler (z. B. Revision der nationalen Rohstoffstrategie im Januar 2020) als auch auf europäischer Ebene (z. B. Einrichtung der European Raw Materials Alliance im September 2020). Diese aktuellen Entwicklungen verdeutlichen

die große gesellschaftliche Relevanz unserer Forschung. Aufgrund der globalen geopolitischen Situation – die gekennzeichnet ist durch sich stetig verstärkende Rohstoffverbräuche und -konflikte –, des Klimawandels und der Energiewende erscheint es sehr wahrscheinlich, dass das bearbeitete Themenfeld in den nächsten zehn Jahren als eine noch viel drängendere Herausforderung begriffen wird. Deshalb will das Institut seine Beraterfunktion in Bezug auf Politik und Gesellschaft deutlich stärken – beispielsweise zum Umbau des Energiesystems und den dazu benötigten Rohstoffen.

Digitalisierung

Um die Forschungsziele zu erreichen, ist eine konsequente Digitalisierung unabdingbar. Das betrifft etwa die Daten zur partikelbasierten Rohstoff-Charakterisierung, die mittels multidimensionaler Datensätze

von einer Vielzahl komplementär agierender Sensoren gewonnen werden (siehe Abbildung 37). Diese müssen erfasst, geeignet korrigiert und überlagert, dann miteinander verschmolzen und interpretiert werden.



Abb. 37: Demonstrator für die multi-parametrische Charakterisierung von komplex zusammengesetzten Rohstoffen über Kamera- und Sensorsysteme. Oben: Schematische Visualisierung; unten: Foto der Versuchsanlage

Modernste Ansätze des ML und der KI sind hierfür im Einsatz. Ähnliches gilt für die rechenintensive Erstellung von geometallurgischen und systemischen Modellen, unabhängig davon, ob sie die effiziente Exploration, den Abbau und die Aufbereitung komplexer Erzkörper abbilden, die Entscheidung über den besten Recyclingprozess eines Elektro- und Elektronik-Schrottes vorbereiten oder die optimale Ausgestaltung einer

nachhaltigen CE berechnen sollen. Um diese vielversprechenden Forschungsansätze weiterzuentwickeln, strebt das HIF aktuell eine Kooperation mit CASUS an und nutzt verschiedene Digitalisierungsplattformen der Helmholtz-Gemeinschaft. Darüber hinaus muss eine geeignete digitale Infrastruktur vor Ort in Freiberg aufgebaut werden.

Neue Entwicklungen/Ausrichtungen

Das HIF will seine Stärken weiter zielgerichtet ausbauen und mit begleitenden Kompetenzen abrunden. Dazu gehören:

- die weitere Stärkung der Bereiche Erkundung, Charakterisierung und Rückgewinnung von (Recycling-)Rohstoffen (z. B. von derzeit kaum recyclingfähigen Elektronikschrotten aus globalen Quellen)
- die Rekrutierung und gemeinsame Berufung einer*s Metallurgin*en
- das Vorantreiben der Automatisierung und Digitalisierung (ML und KI) von Prozessen inklusive Datenmanagement
- die Umsetzung der Forschungsinfrastruktur FlexiPlant (siehe PreCDR)
- die Stärkung der beratenden Funktion hinsichtlich Politik, Gesellschaft und Wirtschaft (u. a. zum Umbau des Energiesystems und der dafür benötigten Rohstoffe)

Über die nächsten zehn bis fünfzehn Jahre stehen Investitionen von etwa 100 Mio. Euro an, die in der bereits vorliegenden Masterplanung konkret aufgeschlüsselt sind.

Zusammenfassung

Die Mitarbeiter*innen des HIF leisten in den folgenden Bereichen wichtige Beiträge zum Aufbau und Verständnis einer nachhaltigen Circular Economy (CE):

- Entwicklung innovativer und effizienter Ressourcentechnologien
- Schaffung eines die Wertschöpfungsketten übergreifenden Systemverständnisses
- Quantifizierung der Möglichkeiten und Grenzen einer nachhaltigen CE
- Erarbeitung von praktikablen Lösungen zur Umsetzung einer nachhaltigen CE gemeinsam mit Gesellschaft, Interessensgruppen und Entscheidungsträgern

Zentrale Maßnahmen zum Erreichen dieser Ziele sind der Ausbau des HIF-Forschungscampus in Freiberg sowie die Umsetzung des Zukunftsprojekts FlexiPlant.



Institut für Ressourcenökologie

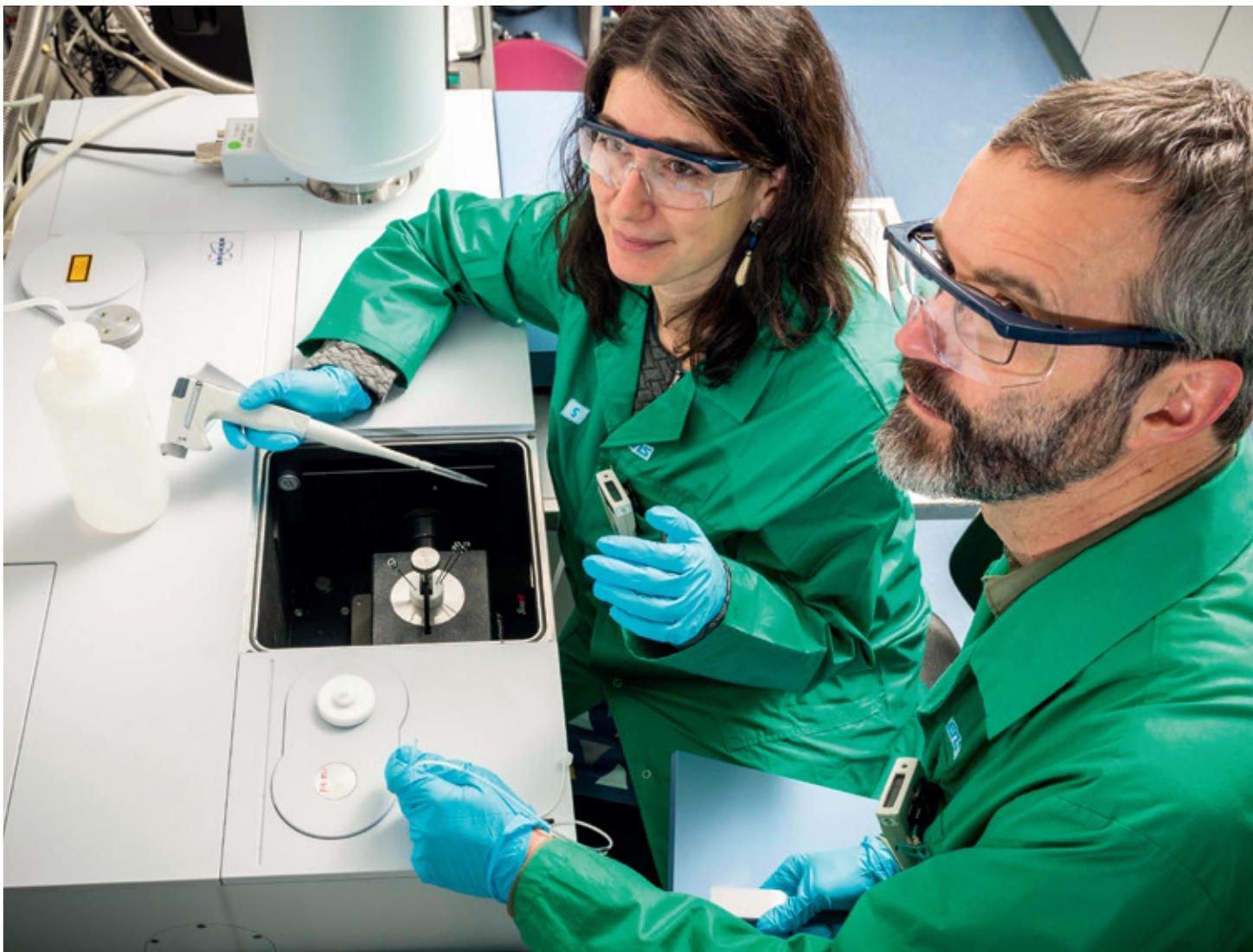


Mission

Das Institut für Ressourcenökologie betreibt angewandte Grundlagenforschung zum Schutz von Mensch und Umwelt vor den Auswirkungen radioaktiver Strahlung. Dafür schaffen wir molekulares Prozessverständnis mit modernsten Methoden der Mikroskopie, Spektroskopie, Diffraktion, numerischen Simulation, theoretischen Chemie und Systembiologie. Dies geschieht in einer institutsübergreifenden Forschungsumgebung am HZDR. Die gelebte Interdisziplinarität vereint Radiochemie, Geo- und Biowissenschaften

sowie Materialwissenschaften und Reaktorphysik. Dies generiert Erkenntnisse mit Anwendungen insbesondere für die Reaktor- und Endlagersicherheit sowie in der Radioökologie.

Wir erreichen diese Ziele mit einer einmaligen Infrastruktur, welche chemische und biologische Laboratorien sowie Heiße Zellen in entsprechenden Kontrollbereichen in Dresden, Leipzig und Grenoble umfasst. Um zukünftig skalenübergreifende Untersuchungen zu



Infrarotspektroskopisches In-situ-Experiment zur Untersuchung der Wechselwirkung von Actiniden an Mineral-Wasser-Grenzflächen.

ermöglichen, wird in Dresden die Infrastruktur um das Radiotechnikum HOVER erweitert. In Grenoble an der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) betreibt das Institut eine auch externen Nutzer*innen zur Verfügung stehende Beamline mit vier Experimentierplätzen für kontinuierlich weiterentwickelte Röntgen-Spektroskopie und -Diffraktion an radioaktiven Proben.

Wir setzen Schwerpunkte in der Geomaterialforschung mit experimentell-analytischen und numerisch-theoretischen Methoden in Leipzig. In Dresden entwickeln und validieren wir fortgeschrittene Rechenprogramme für die Störfallanalyse aktuell in Betrieb befindlicher Reaktoren sowie für innovative Reaktorkonzepte.

Darüber hinaus trägt das Institut aktiv zur Weiterentwicklung der vom HZDR betriebenen Strahlungsquellen bei; dies betrifft zum Beispiel Terahertz-Anwendungen in Biologie und Radiochemie.

Die national und international nachgefragte Expertise im Bereich nuklearer Sicherheitsforschung wird weiterwachsen. Dem werden wir in Form des aktiven Kompetenzerhalts und -ausbaus als eine der weltweit führenden Forschungseinrichtungen und wichtiger Impulsgeber im gesellschaftlichen Diskurs in Deutschland gerecht. Zukünftig werden wir darüber hinaus unsere Forschung in den Bereichen der grundlegenden Actinidenchemie und der Radioökologie deutlich ausbauen.

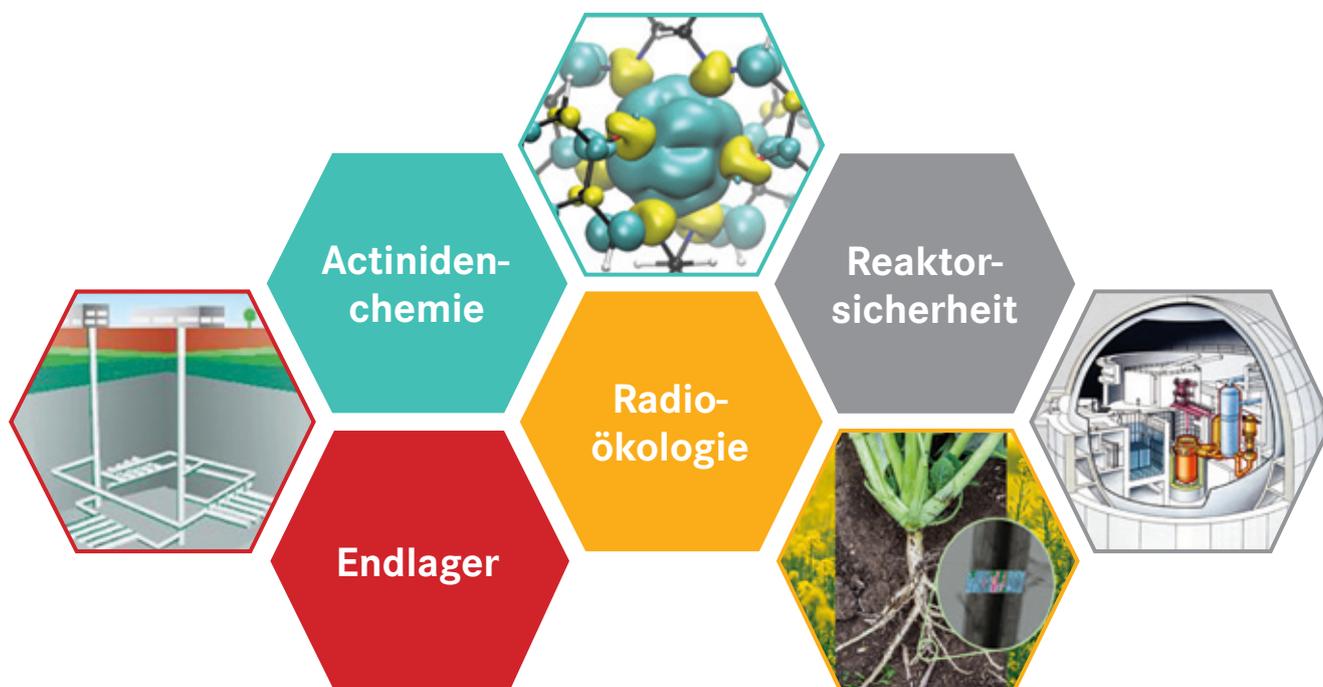


Abb. 38: Forschung zum Schutz von Mensch und Umwelt vor den Auswirkungen radioaktiver Strahlung.

Forschungsportfolio und Weiterentwicklung

Reaktorsicherheit

Mit Beendigung der Nutzung der Kernenergie für die Stromerzeugung in Deutschland im Jahr 2022 werden wir die Arbeiten im **Bereich Reaktorsicherheit** – wie auch im aktuellen Energieforschungsprogramm der Bundesregierung gefordert – vollständig auf internationale Sicherheitsaspekte konzentrieren. Das übergeordnete Ziel besteht darin, eine validierte Wissensbasis zu schaffen, mit der die Bewertung von international betriebenen Leichtwasser-Reaktoren der

Generationen II und III sowie der in Entwicklung befindlichen, innovativen Reaktorkonzepte (z.B. SFR – Sodium Cooled Fast Reactor, SMR – Small Modular Reactors) möglich wird. Wir fokussieren unsere Arbeiten dabei einerseits auf moderne Programmsysteme zur Reaktorphysik (3D-Neutronenkinetik gekoppelt mit Thermohydraulik sowie Reaktordosimetrie) und andererseits auf das Verhalten von Konstruktionswerkstoffen unter reaktortypischen Bedingungen.

Im Bereich der **Reaktorphysik/Reaktordynamik** werden wir neue Methoden der Sicherheitsanalyse entwickeln, die uns in die Lage versetzen, die Rechengenauigkeit und die räumlich-zeitliche Auflösung auf ein qualitativ neues Niveau zu bringen. Hier ist das Ziel, ein validiertes Werkzeug für die Sicherheitsanalyse von herkömmlichen und innovativen Reaktoren bereitzustellen unter Einsatz von Multi-Physik-Ansätzen. Diese sollen eine hochaufgelöste Neutronenkinetik mit modernsten Methoden der Computational Fluid Dynamics (CFD) und Berechnungen des Brennstabverhaltens koppeln. Möglich wird dies, indem wir eng mit dem Institut für Fluidodynamik kooperieren und speziell auf die dort vorhandene, große Expertise in der Entwicklung von CFD-Methoden zurückgreifen. Zusätzlich sind unsere Arbeiten sowohl durch die Nutzung des HZDR-Rechenclusters als auch durch gemeinsame methodische Entwicklungen u. a. im Doktorandenaustausch eng mit der Zentralabteilung Informationsdienste und Computing verbunden.

Im Bereich **Materialforschung** liegt der Fokus auf dem Bestrahlungsverhalten von Reaktordruckbehälter-Stählen und innovativer Werkstoffe für den zukünftigen Einsatz. Die am Standort verfügbaren Infrastrukturen, insbesondere die Heißen Zellen und das Ionenstrahlzentrum (IBC), stellen die Grundlagen für gegenwärtige und zukünftige Arbeiten dar. Wir wollen komplementäre Verfahren zur Charakterisierung der Nano- und Mikrostruktur und der mechanischen Eigenschaften einsetzen, um Zusammenhänge zwischen Strahlendefekten auf der Nanometerskala und makroskopischen Eigenschaftsänderungen zu erforschen. Schwerpunkte der künftigen, über die PoF-IV hin-

ausgehenden Entwicklung sind die Erweiterung des Methodenspektrums (APT – Atom Probe Tomography als komplementäre Methode zum vorhandenen Portfolio) sowie die Konzentration auf neue Materialklassen wie z. B. High Entropy Alloys.

Diese Legierungen stehen seit kurzem im internationalen Fokus der materialwissenschaftlichen Untersuchung und sind aussichtsreiche Kandidaten für die Anwendung in innovativen Reaktorsystemen.

Endlagerung radioaktiver Abfälle

Die sichere Entsorgung wärmeentwickelnder, radioaktiver Abfälle – und damit verbunden der Nachweis der langfristigen Sicherheit eines geologischen Endlagers für bis zu eine Million Jahre – ist eine der großen wissenschaftlich-technischen und gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit. Das Standortauswahl-Gesetz in Deutschland sieht vor, **Endlagerungskonzepte in verschiedenen Wirtsgesteinsformationen** – also Steinsalz, Kristallin- und Tongestein – mit dem Ziel bestmöglicher Sicherheit vergleichend zu untersuchen. Ein weltweit einmaliges Herangehen!

Wesentliches Ziel unserer Forschung ist ein **umfassendes Verständnis relevanter physikalischer, chemischer und biologischer Prozesse**. Damit lassen sich realitätsnahe Modelle auch für komplexe Systeme entwickeln, parametrisieren und Unsicherheiten quantifizieren. Dies wiederum ist Grundlage der Langzeit-Sicherheitsanalyse von Endlagersystemen und geht weit über die bisher angewandten, konservativen und vereinfachten Ansätze hinaus. Gemeinsam mit unseren Partnern in der Helmholtz-Gemeinschaft

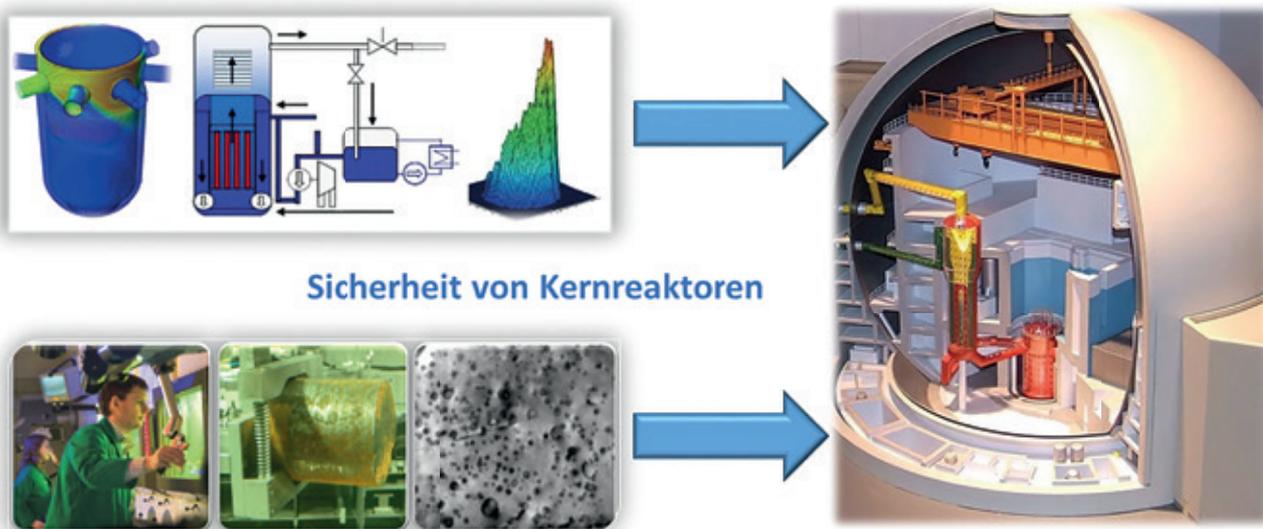


Abb. 39: Die Sicherheit von Kernreaktoren wird mithilfe von Berechnungsmethoden sowie an Heißen Zellen im Labor überprüft.

werden wir Prozesse mit zeitlicher und räumlicher Variation – letztere von der Nanometer-Skala bis zum regionalen Maßstab – berücksichtigen (Verbundprojekt iCross). Zur Validierung von Prozessmodellen und Parametrisierungen unter realistischen Randbedingungen dienen dabei die aktive Beteiligung an internationalen experimentellen Programmen im Untergrundlabor Mt. Terri (Schweiz: Opalinuston) und z. T. im Felslabor Grimsel (Schweiz: Kristallin) sowie zukünftig die Möglichkeiten im neuen Radiotechnikum HOVER.

Forschungsbedarf besteht zur **Speziationschemie der Actinide und der Spaltprodukte** in homogenen Lösungen, in Feststoffen sowie an Wasser-Mineral- und Wasser-Biota-Grenzflächen. Herausfordernd, auch zukünftig, sind dabei Tracer-Konzentrationen, hohe pH-Werte, Salinitäten und Temperaturen. Für die Charakterisierung von Retardationsprozessen werden Verteilungskoeffizienten an verschiedenen Gesteinen und Mineralen experimentell bestimmt, bewertet und in Modellierungen zur Schadstoff-Migration einbezogen. Bei der Untersuchung der Wechselwirkung von komplexen porösen Festkörpern mit Fluiden wird u. a. der Einfluss von Material-Heterogenitäten vom Nano- bis zum Zentimeterbereich berücksichtigt. Das geplante Radiotechnikum wird die Erweiterung bis in den Meterbereich erlauben. Die am Institut vorhandenen, unikal kontrollierten Bereiche und die enge Verzahnung von theoretischen und experimentellen Arbeiten sind dafür ebenso essenziell wie verschiedene radioanalytische Verfahren. Die experimentelle Ausstattung erlaubt u. a.:

- nichtinvasive, hochauflösende spektroskopische Methoden: Röntgenabsorption, Laser-induzierte Fluoreszenz, Infrarot- und Raman-Spektroskopie sowie kernmagnetische Resonanz
- diffraktometrische und mikroskopische Methoden: Licht- und Elektronenmikroskopie

Für realistischere Prognosen zur Schadstoff-Migration sollen reaktive Transportmodelle weiterentwickelt werden; ein Schwerpunkt ist hier die Variabilität der Oberflächen-Reaktivität. Neben orts aufgelösten Datensätzen mit der Herausforderung der systematischen Analyse großer Datenvolumina sind Verbesserungen in Numerik und Codes erforderlich. All diese Ergebnisse fließen in die Modellierung thermodynamischer Gleichgewichte für den reaktiven Transport ein und werden in Datenbanken (THEREDA, RES³T) international verfügbar gemacht.

Ein weiterer Forschungsaspekt ist die Identifizierung und Quantifizierung des Einflusses **biologischer Prozesse** auf die Endlagersicherheit. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Bestimmung der dort lebenden, biologischen Gemeinschaften und ihrer Stoffwechsel-Netzwerke sowie deren Auswirkungen auf die Integrität des Behälter- und Barriere-Materials und des Wirtsgesteins. Wichtige Teilprozesse betreffen die direkte Wechselwirkung von Radionukliden mit Mikroorganismen, Korrosions- und Gasbildungsprozesse sowie wiederum die Oberflächen-Reaktivität. Diese Untersuchungen gilt es, zukünftig für alle potenziellen Wirtsgesteine und Verfüllmaterialien durchzuführen;

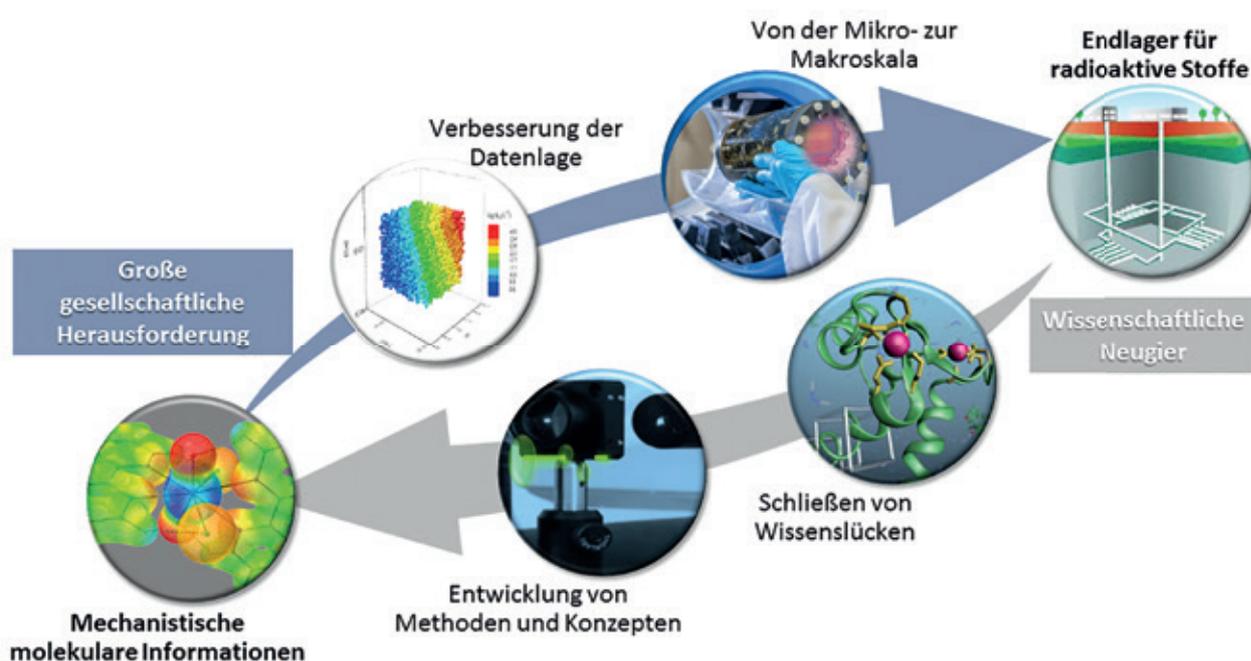


Abb. 40: Anwendungsorientierte Grundlagenforschung für ein sicheres Endlager

sie sind darüber hinaus auch von großer Relevanz für die mikrobielle Materialzerstörung.

Viele Arbeiten zur Endlagersicherheit profitieren direkt von der Grundlagenforschung und strahlen selbst wiederum in Thematiken der Radioökologie aus. Ein Beispiel ist die anvisierte Anwendung des smart-K_D-Ansatzes auf den Schadstofftransfer in Böden und Pflanzen.

Auf HZDR-Ebene ergeben sich zwischen unserem Institut insbesondere mit den Instituten für Fluidodynamik und für Ressourcentechnologie Synergieeffekte im Themenbereich Grenzflächenprozesse. Hier ist eine engere Verzahnung von Nachwuchswissenschaftler*innen und deren Forschungsarbeiten durch das angestrebte Center for Interface Studies (CIS) geplant.

Radioökologie

Neben Fragen der sicheren Endlagerung und der sicheren technischen Nutzung von Kernbrennstoffen ist für unsere Gesellschaft von wesentlicher Bedeutung, das Verhalten von natürlich vorkommenden und anthropogen freigesetzten Radionukliden in der Umwelt aufzuklären. Ein zentrales Ziel unserer Forschung ist es deshalb, die molekularen Prozesse, die der **Wechselwirkung von Radionukliden mit der Geo- und Biosphäre** zugrunde liegen, umfassend zu entschlüsseln. Damit tragen wir zum Schutz von Mensch und Umwelt vor den Auswirkungen radioaktiver Strahlung bei.

Von der (bio)molekularen Ebene bis zu vollständigen Organismen und deren Lebensgemeinschaften werden dabei alle Größen- und Komplexitätsskalen berücksichtigt. Damit schaffen wir die wissenschaftliche Grundlage, um eine Strahlenexposition zu minimieren und wirksame Maßnahmen zur Verhinderung des Radionuklid-Transfers in die Nahrungskette und damit die Aufnahme durch den Menschen zu entwickeln. Mit einem so generierten, molekularen Prozessverständnis ergeben sich vielfältige Kooperationsmöglichkeiten innerhalb des HZDR, vor allem mit den Instituten für Radiopharmazeutische Krebsforschung auf den Gebieten Strahlenforschung und Radioökologie sowie für Ressourcentechnologie hinsichtlich der Biotechnologie.

Ein weiterer wichtiger Schritt ist die **Implementierung biologischer Prozesse in bestehende reaktive Transportmodelle**. Hierfür sollen komplexe Stoffwechselprozesse ganzer Lebensgemeinschaften umfassend aufgeklärt, Schlüsselprozesse identifiziert und parametrisiert werden. Ziel ist es, darauf aufbauend zu numerischen Vorhersageverfahren für den Radionuklid-Transport aus einem Endlager und in verschiedenen Umweltkompartimenten unter Berücksichtigung biologischer

Prozesse – wie z.B. bei Modifikationen mineralischer Grenzflächen – zu gelangen. Die Herausforderung liegt darin, die zum Teil in den Umweltproben nur in Spurenkonzentrationen vorkommenden Radionuklide, die sich herkömmlicher Analytik entziehen, zu bestimmen. Dazu sollen durch eine intensive Zusammenarbeit im Bereich der Beschleuniger-Massenspektrometrie (AMS) mit dem Center for Interface Studies die zentralen Funktionen der Grenzflächen für den Austausch und die Reaktivität von Radionukliden in biologischen Systemen umfassend untersucht werden – gemeinsam mit dem Institut für Fluidodynamik und dem Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie. Das gewonnene Prozessverständnis ermöglicht belastbare Dosisabschätzungen, die Festlegung sicherer Grenzwerte für den Umweltschutz sowie die Entwicklung effizienter Sanierungsmaßnahmen.

Um diese ambitionierten radioökologischen Ziele zu erreichen, steht mit unseren Kontrollbereichen eine **einzigartige Infrastruktur** zur Verfügung, in der ein Umgang sowohl mit radioaktivem Material als auch mit gentechnisch veränderten Organismen möglich ist. Die Kombination modernster molekularbiologischer, mikroskopischer, spektroskopischer sowie biophysikalischer Methoden erlaubt es uns bereits heute, radioökologische Forschungsthemen zu bearbeiten.

Mit intensiver Terahertz-Strahlung lassen sich Hydratschichten und Hydrathüllen, die das Verhalten von Radionukliden und Biomolekülen an Grenzflächen entscheidend bestimmen, untersuchen. Hierfür ist am HZDR vielfältiges Know-how vorhanden. Im Bereich der Chemie der f-Elemente und der Biophysik sind wir führend, was den institutsübergreifenden Aufbau interdisziplinärer Forschung mit Terahertz-Strahlung angeht. Dazu richten wir in Zusammenarbeit mit den Instituten für Ionenstrahlphysik und Materialforschung sowie für Strahlenphysik und der TU Dresden eine **Nachwuchsgruppe zur „Physical Chemistry of Biological Condensates“** ein, die eine Tenure-track-Professur an der TU Dresden beinhaltet. Darüber hinaus wird zum strategischen Ausbau unserer Expertise eine W2-Professur in Zusammenarbeit mit der TU Dresden im Bereich der Radioökologie sowie mit der Universität Leipzig im Bereich Radiochemie und Radioökologie angestrebt. Eine signifikante Erweiterung der Infrastruktur ist zusätzlich im Hinblick auf das **Zentrum für Radioökologie und Strahlenforschung (ZRS)** geplant. Dies umfasst einerseits den Aufbau einer weltweit unikalen Forschungsplattform zur korrelativen, orts- und zeitaufgelösten Erfassung von Wechselwirkungsprozessen komplexer Umweltproben mit molekularer Detailgenauigkeit. Hier sind folgende Methoden zu nennen:

- chemische cryo-Mikroskopie
- Spektrometrie
- Spektroskopie
- Elektronenmikroskopie

Andererseits geht es um ergänzende Methoden zur Strukturaufklärung von Radionuklid-Komplexen mit niedermolekularen Bioliganden und biologischen Makromolekülen:

- Protein-Kernspinresonanzspektroskopie (NMR)
- Cryo-Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)

Grundlegende Actinidenchemie

Die Actiniden – und hier insbesondere die Transuranelemente Np, Pu und Am – bestimmen die Radiotoxizität von abgebranntem Kernbrennstoff über mehrere hunderttausend Jahre. Ein grundlegendes Verständnis ihres chemischen Verhaltens ist somit für den **Sicherheitsnachweis eines potenziellen Endlagers** unerlässlich. Gleichzeitig ist das Verhalten gerade dieser Elemente wenig untersucht, und selbst grundlegende chemische und physikalische Eigenschaften sind oft nur unzureichend verstanden.

Das Institut verfügt – als eine der ganz wenigen Einrichtungen in Deutschland – über verschiedene Kontrollbereiche, in denen mit wägbaren Mengen von Transuranen umgegangen werden kann. Deshalb zielt unsere Forschung auf das Verständnis der Bindungseigenschaften dieser Elemente mit verschiedenen Li-

ganden auf elektronischer Ebene. Darüber hinaus stehen fundamentale Reaktionen wie die Solvation und Hydrolyse, aber auch die Redoxchemie – insbesondere des Plutoniums – in Lösung und an Grenzflächen im Mittelpunkt unserer Arbeiten, um ein mechanistisches Verständnis sowie eine thermodynamische Quantifizierung zu erreichen. Besonders für Pu ist die Bildung von Nanopartikeln relevant, sogenannten Eigenkolloiden, die dessen Chemie in allen wässrigen Systemen erheblich mitbestimmen. Voraussetzung für solche grundlegenden Untersuchungen ist die Anwendung moderner Methoden zur Strukturaufklärung im Festkörper wie in Lösung in den Kontrollbereichen. Diese grundlegende Forschung soll zukünftig ausgebaut werden, um relevante Wissenslücken im Verhalten der Actiniden schließen zu können.

Die genannten experimentellen Ansätze werden durch Methoden der theoretischen Chemie komplementiert, die im Bereich der Actinidenchemie oftmals erst entwickelt werden müssen. In diesem Kontext wird die inhaltliche Einbindung der Professur für Theoretische Chemie an der TU Dresden in das Institut verstärkt. Die damit möglichen, grundlegenden Untersuchungen sind eine Voraussetzung für die sinnvolle Interpretation der angewandten Forschung am Institut. Für diesen Themenbereich wird eine gemeinsame W2-Professur mit der BTU Cottbus-Senftenberg angestrebt.

Transfer in die Gesellschaft, Vernetzung und Internationalisierung

Die Arbeiten des Instituts für Ressourcenökologie zum Schutz von Mensch und Umwelt vor den Auswirkungen radioaktiver Strahlung sind und bleiben von hoher gesellschaftspolitischer Relevanz. Dem tragen wir Rechnung mit unseren Aktivitäten in der Deutschen Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung (DAEF), dem Kompetenzzentrum Ost für Kerntechnik, dem Kompetenzverbund Kerntechnik, dem Kompetenzverbund Strahlenforschung (KVSF), der Entsorgungskommission (SEK-EL) und der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh). Zudem werden wir auch in der Zukunft einen intensiven Austausch mit der interessierten Öffentlichkeit und den politischen Entscheidungsträgern pflegen. Eine geeignete Maßnahme, die wir in diesem Kontext anstreben, ist die Gründung eines **Helmholtz-Kompetenzzentrums für Endlagerforschung**.

Die Ergebnisse unserer wissenschaftlichen Arbeiten gestatten uns eine kritische Begleitung der Entwick-



Abb. 41: Darstellung der HZDR-internen, strategischen Verknüpfungen (farbig hervorgehoben) des Instituts für Ressourcenökologie

lungen zu neuen Reaktoren, grenznahen Endlagerstandorten und zur Beurteilung von Störfällen im europäischen Ausland. In diesem Zusammenhang bringen wir unsere Kompetenzen in internationale Gremien wie beispielsweise der IAEA oder der Nuclear Energy Agency (NEA) der OECD ein. Unsere wichtigsten Partner sind die Institute des HZDR und die TU Dresden im Rahmen von DRESDEN-concept. Beispielhaft ist die Kooperation mit dem Institut für Strahlenphysik und der

TU Dresden im Exzellenz-Cluster Physics of Life (PoL), die aus Mitteln des Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft unterstützt wurde. Die Verstärkung dieser Vernetzung ist vertraglich gesichert. Der vereinbarte personelle Ausbau gemeinsamer Forschung und Lehre ist von direkter gesellschaftlicher Bedeutung und erhöht die Anziehungskraft Dresdens als modernen Wissenschaftsstandort mit unikalen Experimentiermöglichkeiten.

Instrumente und Maßnahmen zur Strategieumsetzung

Neben der schon bestehenden, starken nationalen und internationalen Vernetzung, die weiter vorangetrieben wird, unterstützt das Institut insbesondere die HZDR-Strategie, die Zusammenarbeit mit unseren osteuropäischen Partnern zu vertiefen. Um dabei das wissenschaftliche Profil entlang unserer strategischen Ziele zu schärfen, werden die Kooperationen mit den folgenden Einrichtungen eine entscheidende Rolle spielen:

- ÚJV Řež
- J. Heyrovský Institut für Physikalische Chemie Prag
- Masaryk-Universität Brno
- Technische Universität Liberec
- CEITEC Brno
- Jožef Stefan Institut Ljubljana
- Lomonossow-Universität Moskau

Bezüglich des Wissenstransfers wird angestrebt, Publikationstätigkeiten weiterhin hoch zu halten und insbesondere in hochrangigen Journalen zu publizieren.

Um die unter Forschungsportfolio und Weiterentwicklung beschriebenen, wissenschaftlichen Ziele zu erreichen, arbeiten Wissenschaftler*innen und wissenschaftsunterstützendes Personal aus den Fachbereichen Chemie, Physik, Bio-, Geo- und Ingenieurwissenschaft interdisziplinär zusammen. Der Anteil an Frauen sowie wissenschaftlichen Mitarbeiter*innen internationaler Herkunft beträgt jeweils rund 40 Prozent. Auch in Zukunft setzen wir auf eine möglichst hohe Diversität am Institut.

Nachwuchsförderung, Recruiting und Talentmanagement nehmen eine wichtige Position im Portfolio an Maßnahmen zur Strategieumsetzung ein. Eine Erfolgskomponente für das Recruiting exzellenten Personals ist unser nationales und internationales Netzwerk, weshalb großer Wert auf dessen weiteren Aufbau und Pflege gelegt wird. Kooperationsvereinbarungen zur Beschäftigung von Doktorand*innen gemeinsam mit anderen Forschungseinrichtungen ist eine von vielen

strategischen Maßnahmen in diesem Zusammenhang. Die Rekrutierung von Nachwuchswissenschaftler*innen erfolgt zum Großteil über die beiden an der TU Dresden angebotenen Professuren, die Beteiligung am Dresden International PhD Program (DIPP) im DRESDEN-concept sowie Gast-Vorlesungen an anderen Universitäten: Universität Leipzig, TU Bergakademie Freiberg, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Universität Granada oder Lomonossow-Universität Moskau. Wie bereits erwähnt, wird der Aufbau zusätzlicher W2-Professuren angestrebt. Weiterhin besteht eine enge Zusammenarbeit mit sächsischen Fachhochschulen, insbesondere der HTW Dresden, an der wir durch Vorlesungen präsent sind.

Zur Förderung exzellenten Nachwuchses unterstützt das Institut die Zentrumsstrategie und nutzt aktiv verschiedene Programme innerhalb der Forschungslandschaft, wie zum Beispiel die ERC Grants der EU, Nachwuchsgruppen und Weiterbildungsprogramme für Führungskräfte der Helmholtz-Gemeinschaft sowie das High-Potential-Programm und die Technikerakademie des HZDR.

Zur Umsetzung der wissenschaftlichen Ziele sind folgende Investitionen angedacht:

- Errichtung des Radiotechnikums HOVER
- Aufbau und Nutzung der Beschleuniger-Massenspektrometrie (AMS)
- Gründung des Zentrums für Radioökologie & Strahlenforschung (ZRS)
- Implementierung von W2-Professuren: Radioökologie, Geologie/Mineralogie, Actinidenchemie

Alle Maßnahmen zur Strategieumsetzung und Zielerreichung werden in regelmäßigen Besprechungen auf Abteilungsebene, Leitungsebene sowie jährlichen Strategieseminaren überprüft und bei Bedarf angepasst.

Digitalisierung

Im Rahmen der Helmholtz-Digitalisierungsinitiative wird am Institut eine Reihe bereits vorbereiteter Initiativen verstärkt, zugleich kommen neue Felder hinzu – in enger Kooperation mit der Zentralabteilung Informationsdienste und Computing. Im Bereich „Komplexe Systeme mit digitalen Methoden und Technologien erforschen“ steht die langfristige Entwicklung digitaler Zwillinge für Kernreaktoren und nukleare Endlager im Fokus. Einerseits werden wir hierzu mit dem Institut für Fluidodynamik zusammenarbeiten, andererseits wollen wir bei der Entwicklung und Adaption von Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) für die Endlagerforschung die Expertise folgender Einrichtungen nutzen:

- Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE)
- TU Braunschweig
- TU Bergakademie Freiberg
- Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH
- UFZ Leipzig

Zudem sind Modelle und Werkzeuge für skalenübergreifende Simulationen zu komplexen Grenzflächeneffekten unter Nutzung von Methoden der Geostatistik – in Kooperation mit dem HIF – und des Maschinellen Lernens notwendig. Dabei werden wir mittels KI-Ansätzen, wie

neuronalen Netzwerken oder Maschinellen Lernen, Surrogat-Modelle entwickeln.

Für „**Forschungsinfrastrukturen der HGF digitalisieren**“ legt das Institut Schwerpunkte auf FAIR Data Management, Open Data, Open Access, chemische Stoffdatenbanken wie RES³T und THEREDA sowie spektroskopische Datenbanken. Die „**Forschung durch Nutzung digitaler Werkzeuge fördern und stärken**“ umfasst vorrangig multidimensionale Unsicherheits- und Sensitivitätsanalysen, die quantitative Bildverarbeitung bzw. multispektrale Datenkorrelation in digitalisierten Workflows für die Spektroskopien sowie KI-unterstützte Daten- und Wissensextraktion aus unterschiedlichen Quellen. Digitalisierungsthemen zur Anwerbung zukünftiger Wissenschaftstalente sowie die Etablierung der digitalen Lehre an den Partnerhochschulen TUD und HTW Dresden integrieren sich im Programm „**Talent Hub und Wissenschaftsmagnet**“. Schließlich wird der Punkt „**Digital Cultural Change – den digitalen Wandel gestalten**“ neben der Digitalisierung von Wissen (z.B. Workpackage im EU-Projekt EURAD: „Knowledge Management – State of Knowledge Handbook“) auch durch dezidierte Beiträge zur Technikfolgenabschätzung adressiert.

Zusammenfassung

Schutz von Mensch und Umwelt vor den Auswirkungen radioaktiver Strahlung

Wissenschaftliche Schwerpunkte:

Um das Hauptziel zu erreichen, betreibt das Institut Forschung auf den folgenden Gebieten:

- Endlagerung radioaktiver Abfälle, um ein umfassendes Verständnis relevanter physikalischer, chemischer und biologischer Prozesse zu gewinnen und einen maßgeblichen Beitrag zur Langzeitsicherheit radioaktiver Abfälle in Deutschland zu leisten
- Grundlegende Actinidenchemie, um ein fundamentales Verständnis des chemischen Verhaltens von Actiniden, insbesondere der bisher wenig untersuchten Transuran-Elemente Np, Pu und Am, zu erhalten
- Radioökologie zur Aufklärung des Verhaltens von natürlich vorkommenden und anthropogen freigesetzten Radionukliden in der Umwelt
- Reaktorsicherheit mit dem Fokus auf internationale Sicherheitsaspekte, um eine validierte Wissensbasis zu schaffen, die die Sicherheitsbewertung von international betriebenen Leichtwasser-Reaktoren der Generationen II und III sowie der in Entwicklung befindlichen, innovativen Reaktorkonzepte ermöglichen

Maßnahmen:

Aufgrund der hohen gesellschaftlichen Relevanz der Forschungsgebiete hat der Wissenstransfer in die Gesellschaft eine besondere Bedeutung für das Institut. Zur Umsetzung der wissenschaftlichen Ziele sind konkret geplant:

- Errichtung des Radiotechnikums HOVER
- Aufbau und Nutzung der Beschleuniger-Massenspektrometrie (AMS)
- Gründung des Zentrums für Radioökologie & Strahlenforschung (ZRS)
- Implementierung von W2-Professuren: Radioökologie, Geologie/Mineralogie, Actinidenchemie



Institut für Fluidodynamik



Das Institut für Fluidodynamik widmet sich der Erforschung komplexer Stoffströme mit dem Ziel, die Energie- und Ressourceneffizienz industrieller Prozesse zu verbessern. Gemeinsam mit Kolleg*innen von der Zentralabteilung Informationsdienste und Computing werden Lösungen für die enormen Datenmengen, die während der Experimente anfallen, erarbeitet.

Mission

Das Institut für Fluidodynamik erforscht theoretisch und experimentell Prozesse in Industrie und Natur, die mit **komplexen Strömungen** verbunden sind. Ziel ist ein besseres Verständnis dieser Prozesse sowie ihre gezielte Optimierung gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie. Als komplex werden alle Strömungen betrachtet, die turbulent sind und typischerweise aus mehreren Phasen beziehungsweise Komponenten bestehen oder externen Feldern ausgesetzt sind, also magnetischen und elektrischen Feldern oder beispielsweise auch Ultraschall. Da hier Strömungsphänomene auf der Anlagenskala – typischerweise mehrere Meter – mit physikalisch-chemischen Phänomenen im Mikrometer-, teils auch im Nanometer-Bereich koppeln, ist eine skalenübergreifende Modellierung erforderlich.

Die angestrebte **Prozessoptimierung** setzt meist das Verständnis der Phänomene auf der Mikroskala vor-

aus. Dem muss experimentell und numerisch Rechnung getragen werden. Direkte numerische Simulationen solch komplexer Strömungen im Anlagenmaßstab mit dem Anspruch, alle relevanten Phänomene hinreichend aufzulösen, sind in den kommenden zehn bis 15 Jahren definitiv nicht möglich. Der erforderliche Erkenntnisgewinn kann nur durch die wechselseitige Weiterentwicklung numerischer Modelle und deren Validierung mit Modellexperimenten erreicht werden. Das Institut ist gezielt für diesen wissenschaftlichen Bedarf aufgestellt.

Unsere Forschung konzentriert sich auf Prozesse aus den Bereichen der Energieumwandlung, chemischen Verfahrenstechnik, Aufbereitung metallischer Ressourcen und Metallurgie. Im Fokus steht deren nachhaltige **Erhöhung der Energie- und Ressourceneffizienz**, teils in Kombination mit neuen Lösungen zur Energiespeicherung.

Forschungsportfolio und Weiterentwicklung

Die Arbeiten des Instituts basieren ganz wesentlich auf der **Entwicklung von Messtechniken** und der **Erarbeitung numerischer Modelle** für komplexe Strömungen. Aufbauend darauf untersuchen wir grundlegende Strömungsphänomene, führen – oftmals gemeinsam mit Industriepartnern – halb-industrielle Modellexperimente durch und erstellen numerische Simulationstools. Damit verfolgen wir einen deutlich methodischen Ansatz, wodurch wir insbesondere in der Energieforschung die regelmäßigen Schwankungen im Bedarf an F&E-Arbeiten für verschiedene Themen sehr gut adressieren und ausgleichen können.

Strömungsmesstechniken sind kommerziell vor allem für optisch transparente Fluide verfügbar. Sie basieren meist auf Lasertechniken und werden auch im Institut eingesetzt. Unser Interesse gilt aber vorrangig **Messtechniken für nicht-transparente Fluide** wie Mehrphasen- und Schaum-Strömungen oder flüssige Metalle, für die kommerziell kaum Lösungen existieren. Hierfür entwickeln wir räumlich wie zeitlich hochauflösende Röntgen-Techniken und kontaktlose, magnetotomografische oder auf Ultraschall basierende Techniken, die wir durch radiographische Messverfahren mit Synchrotron-, Gamma-, Neutronen-, Positronen- oder Myonen-Strahlung ergänzen. Das Portfolio an nutzbaren Messtechniken ist ein weltweites Alleinstellungsmerkmal des Instituts. Am Ausbau dieser Messtechniken wird kontinuierlich gearbeitet. Die Entwicklung numerischer Modelle für turbulente Mehrphasen-Strömungen ist auf innovative **Modellkonzepte und Schließungsmodelle für Euler-Euler-Simulationen** fokussiert, die für einen möglichst breiten Bereich industrieller Fragestellungen anwendbar sind und mit eigenen, hochaufgelösten Experimentaldaten validiert werden. Auf dieser Basis können dann auch komplexere Prozesse mit chemischen Reaktionen, thermischen Gradienten, Phasenumwandlungen durch Kondensation beziehungsweise Verdampfung oder mit kapillaren Phänomenen an Flüssig-Flüssig- oder Flüssig-Gas-Grenzschichten simuliert werden.

Aufbauend auf dieser methodischen Basis ist es dem Institut stets hervorragend gelungen, eine sehr gute Mischung von mittel- bis langfristigen (zehn bis 15 Jahre) und kürzerfristigen F&E-Vorhaben zu bearbeiten. Das wird wesentlich getragen durch Großversuchsanlagen mit einem Zeithorizont von bis zu 20 Jahren:

- TOPFLOW-Anlage zur Untersuchung von Mehrphasen-Strömungen mit Stoff- und Wärmeübergang unter hohen Drücken und Temperaturen

- TOPFLOW+ für Grundlagenexperimente zur Strömungsführung in technischen Apparaten und zur Abwasserbehandlung
- DRESHDYN: Europäische Plattform zur Untersuchung magnetohydrodynamischer Effekte mit geo- und astrophysikalischem Hintergrund

Hinzu kommt eine Palette an mittelgroßen Versuchsanlagen, die teils in die Großanlagen eingebunden sind:

- Hochleistungs-Röntgentomografen ROFEX und HECToR
- TERESA-Anlage zur Untersuchung von Zweiphasen-Phänomenen im Bereich nahkritischer Stoffwerte
- MULTIMAG zur Untersuchung magnetohydrodynamischer Phänomene
- Stahlguss-Modellanlage LIMMCAST
- Batterie-Labor zur Entwicklung neuer Stromspeicher mit Flüssigmetall-Elektroden

Die Weiterentwicklung unserer Versuchsanlagen ist ein fortwährender Prozess, wie die aktuellen Pläne für die neue Infrastruktur **Center for Resource Process Intensification and Interface Studies (CeRI²)** als auch die im Aufbau befindlichen, mittelgroßen Anlagen **CARBOSOLA** oder die **FlotSim-Flotationszellen** belegen:

- CeRI² hat für den Infrastruktur-Ausbau des Instituts hohe Priorität und ist für die Forschungen zur Flotation eng mit dem HIF abgestimmt.
- CARBOSOLA ist eine Versuchsanlage zur Nutzung von superkritischem CO₂ für energetische und Extraktions-Prozesse.
- An den modularen FlotSim-Zellen werden Modellexperimente zu klein- und mesoskaligen Phänomenen in Flotationsprozessen durchgeführt.

Unsere methodische Basis und **die gute Mischung aus unterschiedlich langen F&E-Projekten** ermöglichen es, regelmäßig neue Themen zu bewerten, nach entsprechender Analyse weiterzuentwickeln und gegebenenfalls als neue Gruppe oder gar Abteilung zu etablieren. Ein sehr erfolgreiches Beispiel hierfür ist die 2016 erfolgte Neugründung der Abteilung „Transportprozesse an Grenzflächen“, die sich ideal entwickelt hat.

Im Rahmen der Helmholtz-Programmforschung ist bis 2027 ein Großteil unserer Aktivitäten festgelegt, inklusive zahlreicher Kooperationen mit anderen Helmholtz-Zentren. So arbeiten wir im Forschungsbereich

ENERGIE im Programm „Materialien und Technologien für die Energiewende“ an neuen Flüssigmetall-Batterien im Topic „Elektrochemische Energiespeicher“ und vor allem gemeinsam mit dem HIF im Topic „Ressourcen- und Energie-Effizienz“. Die Grundlagenarbeiten zur Modellierung geo- und astrophysikalischer Prozesse sind mit ca. 15 Prozent der Institutskapazität im Forschungsbereich MATERIE angesiedelt. Etwa zehn Prozent sind im Bereich ENERGIE Beiträgen zur Sicherheit von Kernreaktoren gewidmet, insbesondere zur Entwicklung numerischer Berechnungsverfahren für Mehrphasen-Strömungen und deren Validierung für Fragen der Reaktorsicherheit.

Unsere methodische Basis resultiert darüber hinaus regelmäßig in neuen Ideen und Themen, die in den vergangenen beiden Jahren etwa zu einer Initiierung von Arbeiten zur **Wasserstoffelektrolyse** führten, die aktuell im Rahmen der Energieforschungs-Priorisierungen enorm stark nachgefragt werden. Es ist eine ausgesprochene Stärke des Instituts, auf solche Veränderungen der thematischen Randbedingungen flexibel und dynamisch zu reagieren. Sehr aktuelle Beispiele hierfür sind zwei neue Projekte zur **Covid-19-Forschung**. Das erste, bereits bewilligte Projekt widmet sich der Ausbreitung von virenhaltigen Aerosolen in Räumen sowie Verfahren zur effizienten Aerosolfiltration und Virendeaktivierung aus Luftströmungen. Das zweite Projekt betrifft ein Verbundvorhaben, in dem neue Therapieansätze mit hoher Wirkstoff-Effizienz für akute Virusinfektionen untersucht werden, wobei die im Institut verfügbaren Möglichkeiten zur Erforschung der dynamischen Adsorption oberflächenaktiver Substanzen – wie z.B. Lungentenside – an angeströmten Grenzflächen hierfür eine ideale Basis darstellen. Mit diesen beiden Forschungsprojekten wurden erstmals Kooperationen mit Wissenschaftler*innen im Gesundheitsbereich entwickelt, was sowohl innerhalb des HZDR als auch mit externen Partnern zukünftig sehr interessant und tragfähig sein könnte.

Beiträge zur Energieforschung sind meist den großen Themen unserer Zeit gewidmet: **effiziente und klimaneutrale Bereitstellung und Nutzung von Energie, nachhaltige technologische Lösungen, weitgehendes Schließen von Stoffkreisläufen**. Die systemischen Optionen hierfür mit den verschiedensten Sektorenkopplungen sind weltweit Gegenstand intensiver Forschungen und in weiten Teilen noch offen. Der Fokus auf Energie- und Ressourcen-Effizienz hingegen ist unstrittig und praktisch zeitlos. Das Institut setzt zunehmend Energiesystem-Analysen für die Bewertung der eigenen technologischen Arbeiten ein, wie z. B. für

die Systemintegration neuer Flüssigmetall-Batterien, die Einschätzung des Energieeinspar-Potenzials bei thermischen Trennprozessen, neuen Abwasseraufbereitungsverfahren oder im Metallguss.

Wir prüfen regelmäßig, ob wir uns zukünftig stärker und fokussierter an visionären Themen beteiligen sollten. Das übergreifende Konzept eines **Speicherkraftwerks mit Kohlenstoff-Kreislaufführung** wird z.B. gegenwärtig in einem Klimaforschungsprojekt gemeinsam mit dem GeoForschungsZentrum Potsdam und weiteren Partnern untersucht. Die Idee basiert auf der zeitweisen CO₂-Speicherung in vorhandenen Kavernen und umfasst die Elektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff, die Methanisierung mit dem CO₂, die Speicherung im vorhandenen Erdgasnetz, die anschließende Verstromung und Wärmebereitstellung sowie die Abtrennung und letztlich wieder unterirdische Zwischenspeicherung des CO₂. Wir können unmittelbare Beiträge zur Effizienzsteigerung bzw. zu neuen Lösungen für viele der Teilschritte leisten.

Die Arbeiten des Instituts erfolgen in den vier Abteilungen:

- Experimentelle Thermofluidodynamik
- Computational Fluid Dynamics (CFD)
- Magnetohydrodynamik (MHD)
- Transportprozesse an Grenzflächen

Die Leiter*innen der erst- und letztgenannten Abteilungen sind mit ihren W3-Professuren sehr intensiv in die Institute für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik sowie für Energietechnik an der TU Dresden eingebunden, wovon wir enorm profitieren.

Eine unserer Stärken ist der **Transfer der Forschungsergebnisse in die Industrie**, wofür die methodische Basis sowie die Konzentration auf Modellexperimente im halbindustriellen Maßstab eine ideale Basis darstellen. Beispielhaft sei hierfür auf langfristige Kooperationen mit Firmen wie Linde, Siemens oder Primetals verwiesen und das 2020 gestartete Helmholtz-Innovationslabor Clean Water Technologies (CLEWATEC) genannt, in dem Arbeiten zur Verbesserung von energieintensiven Abwasserbehandlungstechnologien gemeinsam mit Industriepartnern wie der Air Liquide GmbH erfolgen.

Die Abteilung **Experimentelle Thermofluidodynamik** widmet sich Fragestellungen der strömungsgekoppelten Stoff- und Wärmeübertragung in verfahrens- und energietechnischen Prozessen und leistet dazu experimentelle Beiträge an den Versuchsanlagen TOPFLOW und TOPFLOW+. Im Fokus der Forschung stehen ener-

gieintensive Mehrphasen-Prozesse – hier insbesondere thermische Trennverfahren und die biologische Abwasserbehandlung – sowie thermohydraulische Fragestellungen der Reaktorsicherheit. Für experimentelle Strömungsuntersuchungen werden neben dedizierten und umfassend instrumentierten Einzelversuchsständen selbstentwickelte, bildgebende Messverfahren mit internationalen Alleinstellungsmerkmalen, wie die Gittersensortechnik, die Gammatomografie und die ultraschnelle Röntgentomografie, eingesetzt (siehe in Abbildung 42) die Anlage HECToR für Objekte mit bis zu 400 mm Durchmesser). An der Versuchsanlage TOPFLOW, welche mit vier Megawatt Dampferzeugungsleistung die größte nicht-kommerzielle Thermohydraulik-Anlage in Deutschland darstellt, werden Wärmeübertragung und Strömungsphänomene für Dampf-Wasser-Strömungen bis 65 bar bei Sättigungsbedingungen untersucht. Die ursprünglich für die nukleare Sicherheitsforschung errichtete Anlage wird seit ca. zehn Jahren für die Bearbeitung nicht-nuklearer Forschungsarbeiten kontinuierlich ausgebaut. An der im Jahr 2020 in Betrieb gegangenen TERESA-Versuchsanlage stehen Zweiphasen-Phänomene im Bereich nahkritischer Stoffwerte im Fokus, die vor allem für die thermische Trenntechnik von Bedeutung sind. Zukünftig werden die Aktivitäten im Bereich neuer energietechnischer Prozesse mit überkritischem CO₂ an der im Aufbau befindlichen CARBOSOLA-Versuchsanlage erweitert.

Die Arbeiten der Abteilung **Computational Fluid Dynamics** (CFD) zielen darauf ab, numerische Simulationswerkzeuge für industrielle Mehrphasen-Strömungen zu entwickeln, die zuverlässige Vorhersagen der Strömungseigenschaften und damit verbundener Prozesse, wie Phasenübergänge oder chemische Reaktionen, ermöglichen. Schwerpunkte langfristiger Aktivitäten sind:

- die Konsolidierung der Euler-Euler-Modellierung durch die Definition physikalisch begründeter Standardmodelle und deren Weiterentwicklung
- die Erweiterung des Anwendungsbereichs durch innovative Konzepte
- anwendungsspezifische Modellentwicklungen
- Simulationen für Fragestellungen zu industriellen Prozessen

Die Arbeiten fokussieren dabei auf die quelloffene Programmbibliothek OpenFOAM. Eine effektive Modellentwicklung wird u. a. erreicht durch:

- konsequente Einbindung in eine moderne informationstechnologische Umgebung
- automatisierte Workflows einschließlich objektiver Bewertungsmaßstäbe für die Modellgüte
- Erstellung einer speziell auf die Modellentwicklung ausgerichteten, experimentellen Datenbasis

- Nutzung von direkt numerisch simulierten Daten (DNS) verschiedener Partner
- Einsatz von KI-Methoden

Ein kürzlich erstellter, verallgemeinerter Rahmen für die Multiskalen-Modellierung in OpenFOAM stellt eine ausgezeichnete Grundlage für zukünftige Arbeiten dar. Eine Zukunftsvision besteht darin, mit digitalen Zwillingen arbeiten zu können, indem industrielle Mehrphasen-Prozesse parallel zum realen Prozess am Computer simuliert und damit wichtige Informationen für die Prozessführung zugänglich gemacht werden.

Die Abteilung **Magneto hydrodynamik** (MHD) konzentriert sich auf die Fluidodynamik elektrisch leitfähiger Fluide – hierzu gehören Flüssigmetalle, Salzschnmelzen oder Elektrolyte – und deren Beeinflussung durch maßgeschneiderte elektromagnetische Felder.

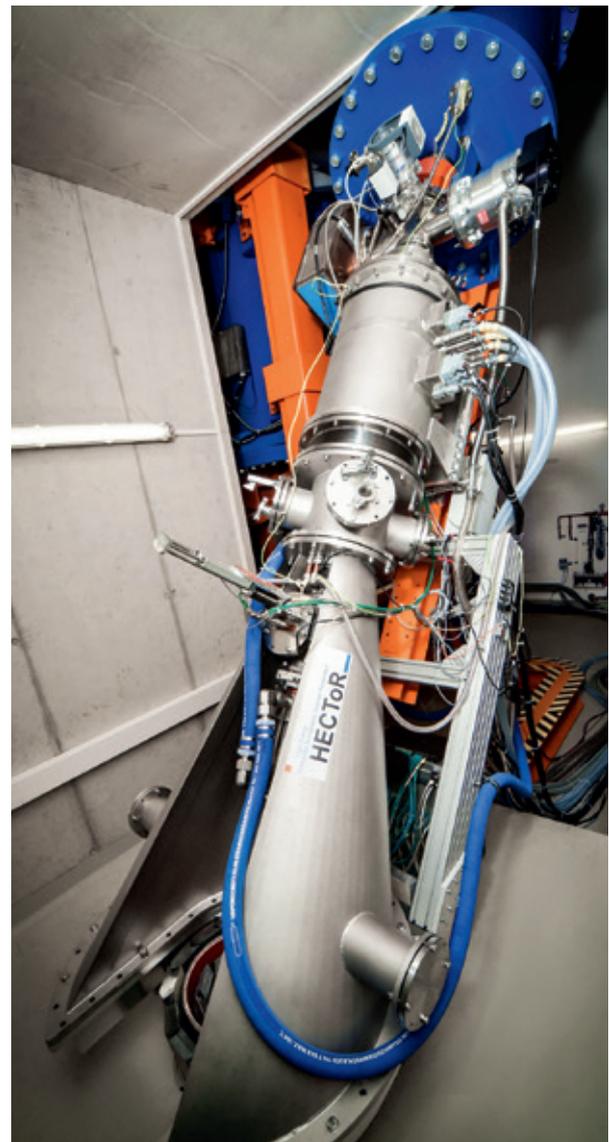


Abb. 42: Hochleistungs-Röntgentomograf HECToR

Der Schwerpunkt der Arbeiten liegt klar auf experimentellem Gebiet. Mit dem Flüssigmetall-Labor und der Großversuchsanlage DRESDYN besitzen wir eine weltweit unikale experimentelle Basis. Eine führende Rolle hat sich die Abteilung auch bei der Entwicklung und Nutzung leistungsfähiger Messtechniken für Flüssigmetall-Strömungen erarbeitet, die vor allem auf induktiven und Ultraschall-Methoden basieren und eine wesentliche Voraussetzung für Modellexperimente mit niedrigschmelzenden Metalllegierungen bis ca. 300° Celsius sind. Diese Modellexperimente haben sich als erfolgreiches Werkzeug zur Labor-Modellierung wichtiger Prozesse aus der Metallurgie, dem Metallguss, der Kristallzüchtung und der Elektrochemie erwiesen.

Ein Beispiel für solche Anlagen zeigt Abbildung 43 mit der LIMMCAST-Anlage (LIquid Metal Modelling of CASTing Processes) zur Modellierung des Stahlguss-Prozesses mit der bei 170° Celsius schmelzenden Legierung Zinn-Bismut. Ein visionäres Ziel besteht in der Kombination von kontaktloser Messtechnik und elektromagnetischen Aktuatoren für eine wirksame In-situ-Steuerung und -Prozesskontrolle. Erste Arbeiten dazu laufen im vom Institut koordinierten EU-Projekt TOMOCON.

Eine wichtige Aktivität im Hinblick auf den Umbau des Energiesystems betrifft die Entwicklung von Flüssigmetall-Batterien als stationäre, leistungsfähige und kostengünstige Energiespeicher. Die strömungsphysikalischen Vorgänge in diesen Batterien werden mit dem Ziel der Effizienzsteigerung und der Kontrolle von Instabilitäten untersucht. Die sehr gute internationale Vernetzung ist z.B. sichtbar an der Koordination des 2021 gestarteten EU-Projekts SOLSTICE zur Entwicklung neuartiger Flüssigmetall-Batterien.

Neben der anwendungsorientierten Forschung hat die Abteilung ein starkes Standbein in der geo- und astro-physikalischen Grundlagenforschung. Diese Aktivitäten sind vorrangig in DRESDYN angesiedelt und umfassen Arbeiten zum MHD-Dynamo, zu MHD-Instabilitäten, der Flüssigmetall-Konvektion oder der Erstarrung. Die internationale Anerkennung dieser Arbeiten spiegelt sich u. a. in der erfolgreichen Bilanz bei der Einwerbung von Drittmitteln, also des ERC Advanced Grant LEMAP sowie mehrerer DFG-Projekte, wider.

Die Abteilung **Transportprozesse an Grenzflächen** beschäftigt sich mit den Mehrphasen-Strömungen wichtiger Prozesse der Ressourcentechnologie, wie Flotation, Extraktion oder Elektrolyse. Das Ziel besteht in einem besseren Verständnis zentraler Mechanismen an den beteiligten Grenzflächen – beispielsweise



Abb. 43: Stahlguss-Modellanlage LIMMCAST

se wie sich Partikel-Blase-Aggregate ausbilden – und darin, Methoden zur Prozessintensivierung zu erarbeiten. Essenzielle Erkenntnisse, insbesondere zu Dreiphasen-Strömungen, werden durch die neuartige Kombination komplementärer Messtechniken erzielt. Neben der Anwendung optischer Verfahren sollen originäre, am Institut entwickelte Messverfahren – hier sind die Gittersensorik oder die kontaktlose induktive Strömungstomografie für Dreiphasen-Strömungen zu nennen – vorangetrieben werden. Hinzu kommt die Entwicklung neuer Messverfahren für partikelbeladene Schäume, wie die Bildgebung mit Neutronen, welche im Rahmen einer Emmy-Noether-Forschungsgruppe verfolgt wird. Kombiniert werden diese Arbeiten mit der gezielten Nutzung variabler Schwerkraftniveaus für den weiteren Erkenntnisgewinn im Rahmen von Parabelflug- und Raketen-Experimenten.

Für die relativ neue Abteilung ist der zeitnahe weitere Ausbau der Grundausstattung besonders wichtig. Erfolgreiche Mitteleinwerbungen bis hin zum vorgeschlagenen Center of Resource Process Intensification and Interface Studies (CeRI²) sind daher essenziell. Die Kombination von Grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung auf Basis einer einzigartigen Kombination von Messtechniken ermöglicht – gemeinsam mit dem HIF – ein weltweites Alleinstellungsmerkmal

Vernetzung und Internationalisierung

Das Institut profitiert von zahlreichen Kooperationen innerhalb des HZDR. Die intensivste Zusammenarbeit besteht mit den anderen Energie-Instituten. Mit dem HIF arbeiten wir sehr eng zu Themen wie Flotation und Metallurgie zusammen; als Beispiel sei die gemeinsame Koordination des großen EU-Projektes FineFuture zu Flotationsprozessen genannt. Mit dem Institut für Ressourcenökologie gibt es eine traditionelle Kooperation zur Reaktorsicherheit, insbesondere zur Kopplung von thermohydraulischen und Neutronenfeld-Berechnungen. Mit beiden Instituten haben wir gemeinsam die Idee des **Center for Interface Studies (CIS)** entwickelt.

Mit weiteren Instituten bestehen punktuell sehr interessante Kooperationen:

- zum Einbringen von Mikro- oder Nanopartikeln in Metallschmelzen und zu Alfvén-Wellen mit dem Hochfeld-Magnetlabor Dresden
- zur Myonen-Tomografie mit der Strahlenphysik
- zum Einsatz von KI-Methoden in Big-Data-Themen (Bildverarbeitung, CFD) mit der Zentralabteilung Informationsdienste und Computing sowie zukünftig dem CASUS – Center for Advanced Systems Understanding
- zur Coronavirus-Forschung mit dem Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung

Für die internationale Zusammenarbeit sei auf die laufende Koordination dreier EU-Projekte mit insgesamt mehr als 50 Partnern verwiesen. Mit der Jiao Tong University Shanghai ist die Gründung eines Joint Research Center in Vorbereitung, mit dem die Forschungsarbeiten insbesondere zu Umweltaspekten

auf dem Gebiet der Ressourcentechnologie. Damit wollen wir auch die bestehenden Industriekooperationen mit Anlagenbauunternehmen wie Maelgwyn Mineral Services oder FLSmidth in Richtung strategischer Partnerschaften ausbauen. Unsere Vision: mittels einer wissensbasierten Prozessintensivierung zu einer Verbesserung der Ressourcen- und Energie-Effizienz der oben genannten Prozesse beizutragen.



Abb. 44: Darstellung der HZDR-internen, strategischen Verknüpfungen (farbig hervorgehoben) des Instituts für Fluidynamik

der Stahlproduktion vertieft werden sollen. Unsere Beteiligung an dem federführend vom HIF geplanten Helmholtz International Lab mit Südafrika erscheint uns sehr attraktiv, da wir bereits eine erfolgreiche Kooperation mit der University of Cape Town betreiben.

Instrumente und Maßnahmen zur Strategieumsetzung

Wesentlich sind alle Aspekte der Personalentwicklung. Während für die Leitung der Abteilungen bis mindestens 2030 kein altersbedingter Änderungsbedarf besteht, kann die zwischenzeitlich anstehende Nachbesetzung der Institutsleitung gemeinsam mit der TU Dresden für neue Impulse oder Strukturüberlegungen genutzt werden. Das Institut sieht einen besonderen Schwerpunkt in der Etablierung von **Nachwuchsgruppen**, wofür die bestehenden Fördermöglichkeiten – hierzu gehören der ERC Starting Grant, das Emmy-Noether-Programm der DFG und durch Helmholtz oder HZDR geförderte Gruppen – bereits erfolgreich genutzt wurden, was zukünftig noch ausgebaut werden soll.

Für die experimentellen Arbeiten hat die Inbetriebnahme der beiden Anlagen **DRESDYN und CARBOSOLA** in den Jahren 2022 bis 2023 klare Priorität. Mittelfristig ist für die Stärkung unserer infrastrukturellen Basis die Einrichtung des Center of Resource Process Intensification and Interface Studies (CeRI²) von besonderer Bedeutung. CeRI² ist in der aktuellen FIS-Roadmap des Forschungsbereichs ENERGIE zwar ab 2026 geplant, eine frühzeitigere Realisierung wäre für das Leitthema Ressourcen- und Energieeffizienz aber enorm wichtig.

Digitalisierung

Zur Umsetzung der wissenschaftlichen Strategie verwenden wir zeitgemäße IT-Methoden. Das wird in Zukunft noch an Bedeutung gewinnen. So werden Methoden der Künstlichen Intelligenz zunehmend für die Auswertung experimenteller Daten sowie der Mustererkennung in diesen Daten genutzt, z.B. für Hochgeschwindigkeitsaufnahmen von Blasen- oder Schaumströmungen, Radiogrammen zum Dendriten-Wachstum oder Vorgängen in Rührkessel-Reaktoren. Auch zur Modellentwicklung auf der Grundlage hochauflösender Experimente und DNS-Daten ist der Einsatz solcher Methoden bestens geeignet. Zur Qua-

litätssicherung und für eine effektive Kommunikation der Mitarbeiter*innen werden mehr und mehr Arbeitsgänge in moderne informationstechnologische Umgebungen, wie GitLab, eingebunden. Auswertemethoden, Daten und Software werden für eine nachhaltige Entwicklung quelloffen über das Programm RODARE der Wissenschaftswelt zur Verfügung gestellt. Die Erstellung digitaler Zwillinge für Energiespeicher, den Präzessionsdynamo oder langfristig auch für industrielle Mehrphasen-Strömungen besitzt ein interessantes Potenzial zur Verbesserung von Effizienz und Ausbeute vieler Prozesse.

Zusammenfassung

Strategische Schwerpunkte:

- Ressourcen- und Energieeffizienz als Leitthema
- kontinuierliche Entwicklung von Messtechniken und numerischen Modellen als Basis
- nachhaltige Forschungsbeiträge in den Bereichen der Energieumwandlung und -speicherung, Wasserstoff-Herstellung, chemischen Verfahrenstechnik, Aufbereitung metallischer Ressourcen und Metallurgie
- intensive Industriekooperationen und Transfer der Forschungsergebnisse in die Industrie
- geo- und astrophysikalische Grundlagenforschung mit Flüssigmetall-Experimenten

Maßnahmen:

- Stärkung der Methodenvielfalt in der Fluidodynamik
- Inbetriebnahme der Versuchsanlagen DRESDYN und CARBOSOLA
- Infrastruktur CeRI²: Center for Resource Process Intensification and Interface Studies
- Ausbau der Forschung zu Flüssigmetall-Batterien
- Nachhaltigkeit in Softwareentwicklung und Forschungsdaten-Management durch Nutzung moderner IT-Tools



7.4. Forschungsinfrastrukturen

Das HZDR setzt als Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft seine Großgeräte und wissenschaftlichen Infrastrukturen ein, um gemeinsam mit Kooperationspartnern Lösungen für die großen Herausforderungen zu finden, vor denen Wissenschaft, Gesellschaft und Industrie heute stehen. Dabei dienen die Anlagen zum einen der anwendungsorientierten Grundlagenforschung in den Forschungsbereichen MATERIE, GESUNDHEIT und ENERGIE am Zentrum selbst, zum anderen stellen wir sie der internationalen Community zur Verfügung, wobei die Nutzer*innen von Universitäten, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und aus der Industrie kommen (Leitlinie Forschungsinfrastrukturen). Die Alleinstellungsmerkmale unserer Anlagen verleihen dem Zentrum internationale Strahlkraft und helfen uns dabei, gemäß unserer Leitlinie Rekrutierung exzellente Wissenschaftler*innen zu rekrutieren. Nicht zuletzt sind unsere Großgeräte in der Entwicklung und im Betrieb Technologietreiber und daher auch essenzielle Werkzeuge für den Transfer (siehe Kapitel 4.3. Transfer und Innovation).

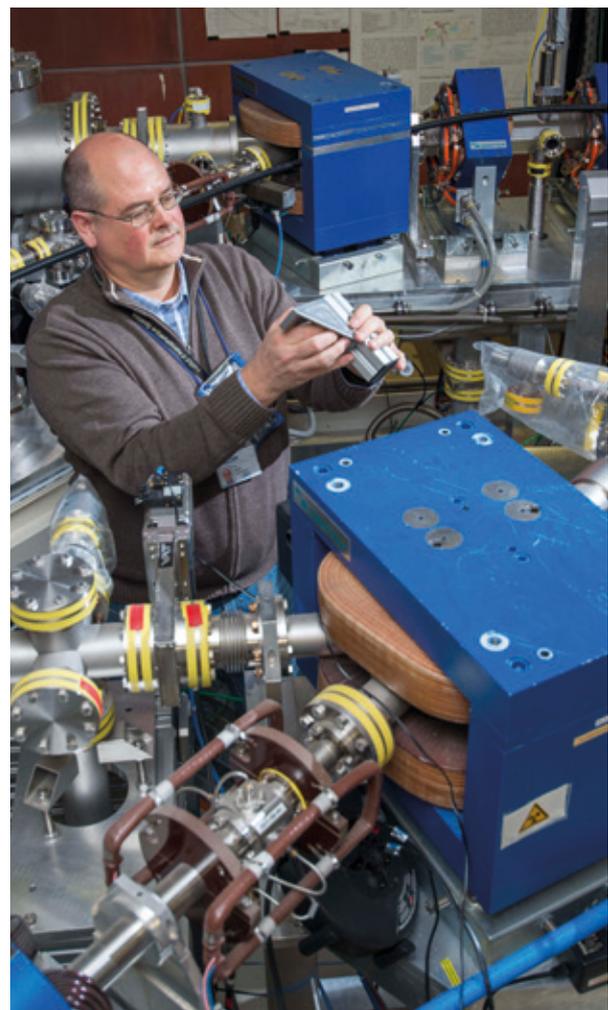
Wir haben den Anspruch, dass unsere Großgeräte einzigartig sind in der Welt, exzellente Forschung für externe Nutzer aus aller Welt ermöglichen und stets dem neuesten Stand entsprechen. Entsprechend arbeiten wir neben der Weiterentwicklung der bestehenden Strukturen auch an der Neukonzeption innovativer Anlagen. Die aus einem umfassenden Prozess im Jahr 2021 resultierenden sieben Infrastrukturprojekte werden im Kapitel 4.2. Hochmoderne Infrastruktur – Unsere Zukunftsprojekte separat vorgestellt.

Organisatorisch gehören die großen Infrastrukturen zu den HZDR-Instituten und sind dort auch inhaltlich und strategisch in die Forschungen eingebunden, aufgrund ihrer herausgehobenen Bedeutung stellen wir sie jedoch im Folgenden gesondert dar. Auf die übergeordneten strategischen Überlegungen wird im Kapitel 3.2. Handlungsfeld Hochmoderne Infrastruktur eingegangen.

Folgende Forschungsinfrastrukturen werden derzeit am HZDR betrieben, für die derselbe Anspruch gilt wie für unsere Zukunftsprojekte. Jede einzelne der aufgezählten Anlagen trägt dazu bei, die in unserer Mission formulierten Ziele umzusetzen.

- **ELBE** – Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen (Elektronen-Linearbeschleuniger für Strahlen hoher Brillanz und niedriger Emittanz)

- **IBC** – Ionenstrahlzentrum (Ion Beam Center)
- **HLD** – Hochfeld-Magnetlabor Dresden
- **HIBEF** – Helmholtz International Beamline for Extreme Fields am European XFEL
- **ATHENA** – Accelerator Technology HELmholtz iNfrAstructure
- **Felsenkeller-Labor**
- **ZRT** – Zentrum für Radiopharmazeutische Tumorforschung
- **DRESDYN** – DREsden Sodium facility for DYNamo and thermohydraulic studies
- **ROBL-II** – Rossendorf Beamline an der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF)
- **Technikum Metallurgie** am HIF
- **TOPFLOW** – Transient Two-Phase Flow Test Facility
- **HZDR-Rechenzentrum**



Der Beamline Scientist Dr. John Michael Klopff am Freie-Elektronen-Laser im ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen.



Supermikroskop in Fußballfeld-Größe – Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen ELBE

Das ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen ist eine weltweit führende Einrichtung zur Erzeugung von Licht- und Teilchenstrahlen mithilfe von beschleunigergetriebenen und laserbasierten Quellen. Sie unterstützt ein **breites Spektrum multidisziplinärer internationaler Nutzerforschung** und stellt Schlüsselkomponenten der Helmholtz-Infrastruktur für zukunftsorientierte Beschleunigerforschung bereit. Der ELBE-Beschleuniger ist der erste supraleitende Linearbeschleuniger überhaupt mit Dauerstrichmodus (CW – Continuous Wave) im Routinebetrieb. Für die Grundlagen- und angewandte Forschung in der Festkörperphysik, Kern- und Astrophysik, in den Materialwissenschaften und der Radiobiologie liefert er folgende brillante Strahlen:

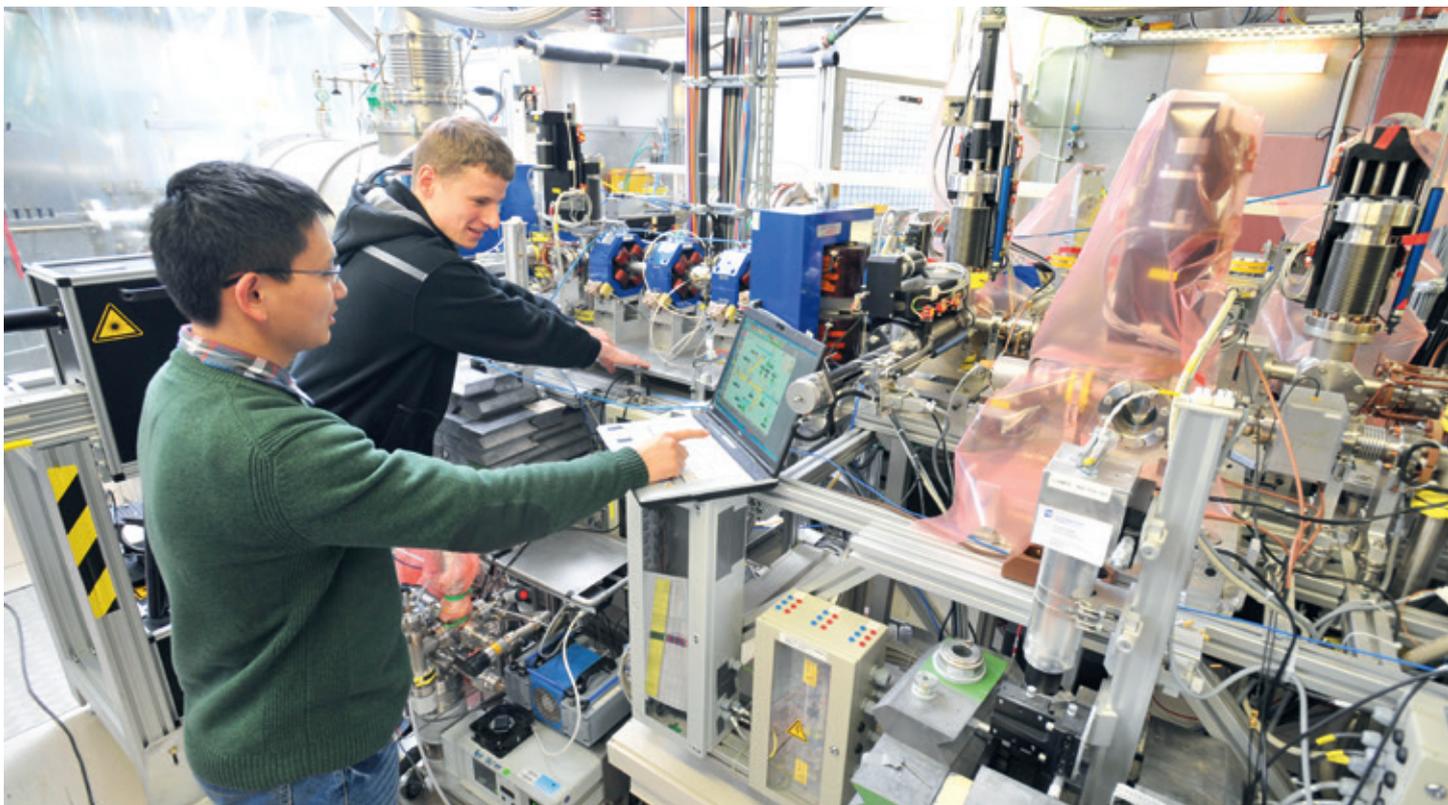
- Infrarot- und Terahertz-Strahlung
- harte Bremsstrahlung
- Elektronen, Positronen und Neutronen

Die Forschung zur Laserbeschleunigung von Elektronen- und Ionenstrahlen sowie Röntgenquellen mit dem **DRACO-Laser** und die neue, auf Helmholtz verteilte ATHENA-Anlage auf der Basis des **PENELOPE-Lasers** sind Vorreiter für die nächste Generation kompakter Beschleuniger mit den Schwerpunkten:

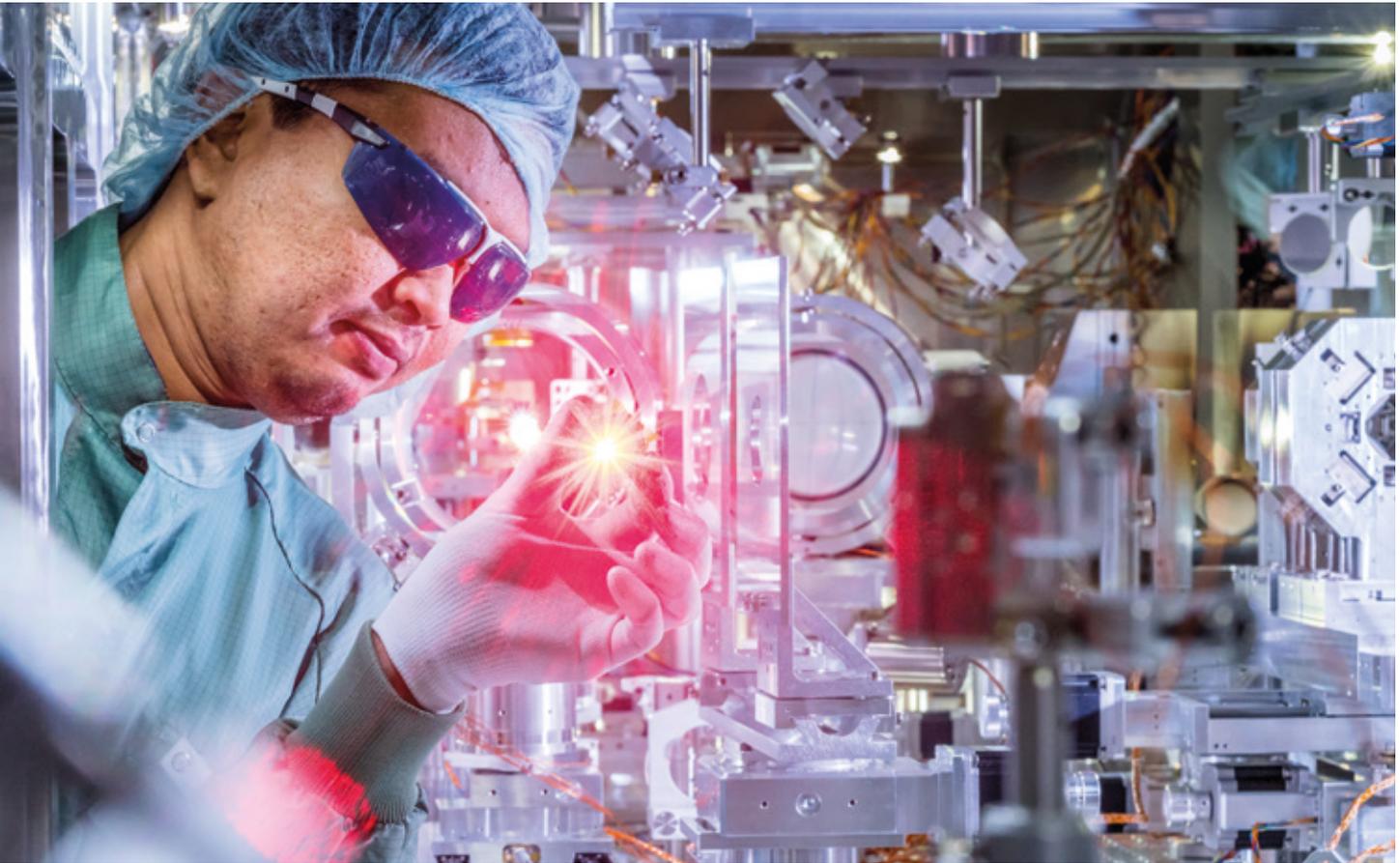
- Erforschung von Materie unter extremen Bedingungen
- ultraschnelle Dynamik
- Anwendungen in der Radiobiologie und Medizin

Von den beschleunigergetriebenen Quellen bieten die superradiante **Terahertz-Anlage TELBE** und der **Freie-Elektronen-Laser FELBE** einmalige Möglichkeiten zur Untersuchung ultraschneller Prozesse und starker feldgetriebener Phänomene, z.B. in magnetischen Materialien, korrelierten Elektronensystemen, chemischen Reaktionswegen und biomolekularen Kondensaten. Die Terahertz-Wissenschaft ist ein schnell wachsendes Forschungsgebiet mit zahlreichen, vielversprechenden Anwendungen und hat sich zu einem zentralen Schwerpunkt des ELBE-Nutzerprogramms und zur Hauptmotivation für das zukünftige DALI-Systemkonzept entwickelt.

Die ebenfalls unikalen Eigenschaften der **pELBE-Positronenstrahlen** und des neuen AIDA-II-Instruments für die Defektspektroskopie (in-situ und in-operando) versprechen auch ein neues Verständnis der Entstehung und Dynamik von Defekten in Materialien und ihrer Rolle für die Leistungsfähigkeit von Materialien.



Die superradiante Terahertz-Quelle TELBE wird von internationalen Nutzer*innen stark nachgefragt.



Experiment zur Laser-Elektronen-Beschleunigung am DRACO-Laser

Die traditionellen **kernphysikalischen Elektronen- und Neutronenstrahlen** sowie **Bremsstrahlung** werden breit eingesetzt in der multidisziplinären Forschung, angefangen bei der Astrophysik bis hin zur Radiobiologie.

ELBE-Wissenschaftler*innen koordinieren zudem die **Strahlenforschung und -ausbildung** in Europa mit transnationalem Zugang und Kerndaten. Die Weiterentwicklung der SRF-Elektronenquelle (Superconducting Radio Frequency Photo Electron Injector) ist international wegweisend für zukünftige beschleuniger-

getriebene Lichtquellen, und in Zusammenarbeit mit der Michigan State University wenden wir ELBE-Technologien für einen neuen Prototyp eines CW-Injektors für den LCLS-II-Röntgenlaser in Stanford (USA) an. Damit wird der ELBE-Injektor auch für höhere Pulsladungen weiterentwickelt, was die Leistung der bestehenden Terahertz-, Positronen- und Neutronenstrahlen verbessern wird und ein wichtiger Meilenstein für DALI darstellt. Das ELBE-Zentrum wird vom Institut für Strahlenphysik betrieben und unterstützt die Forschungsaktivitäten in weiteren Instituten. Damit ist es eine strategische Ressource für das gesamte Zentrum.

Kompetenzzentrum für ionenbasierte Materialforschung – Ion Beam Center (IBC)



Das IBC ist eine seit über 30 Jahren etablierte Großforschungseinrichtung für ionenbasierte Materialmodifikationen und Analytik. Nationale und internationale Nutzer*innen führen hier Experimente insbesondere in den Materialwissenschaften und der Festkörperphysik sowie in interdisziplinären Forschungsbereichen wie Archäometrie, Umweltwissenschaften oder Ressourcentechnologie durch.

Die Infrastruktur des IBC umfasst verschiedene elektrostatische Ionenbeschleuniger und -implanter, die Ionenstrahlen fast aller Elemente des Periodensystems in einem weiten Energiebereich von 100 Elektronenvolt (eV) bis 60 Megaelektronenvolt (MeV) bereitstellen, sowie spezialisierte Systeme für niederenergetische, hochgeladene und fokussierte Ionenstrahlen. Das IBC ist damit innerhalb Deutschlands einzigartig und komplementär zum GSI/FAIR Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung.

Auf europäischer Ebene zeichnet das IBC inzwischen zum wiederholten Male für die Leitung eines EU-Projektes für transnationalen Nutzerzugang zu europäischen Ionenstrahlzentren verantwortlich und koordiniert seit 2019 das EU-Projekt RADIATE. RADIATE hat sich mittlerweile zum umfassenden Netzwerk europäischer Ionenstrahlzentren erweitert und wirkt im Konsortium Analytical Research Infrastructures in Europe (ARIE) aktiv mit.

Als Großforschungseinrichtung der Helmholtz-Gemeinschaft hat das IBC zuvorderst die Aufgabe, seine Ionenstrahlanlagen für Nutzer*innen aus dem akademischen und industriellen Bereich bestmöglich zu betreiben und seine Methoden kontinuierlich weiterzuentwickeln. Mit den Kolleg*innen des Instituts für Ionenstrahlphysik und Materialforschung, des HZDR und anderer Helmholtz-Zentren arbeiten die Wissenschaftler*innen des IBC intensiv zusammen, um die Ziele des Forschungsbereichs MATERIE und weiterer Bereiche zu unterstützen. Für die interne Forschung und Innovationen spielen Ionentechnologien bei der Synthese und Modifikation von Halbleiter- und magnetischen Strukturen, den elektronischen Eigenschaften von 2D-Materialien sowie der Quanteninformation eine wichtige Rolle. Die Wissenschaftler*innen am IBC verfolgen dabei eigene Forschungsprojekte im Bereich der Wechselwirkung von hochgeladenen, niederenergetischen und fokussierten Ionenstrahlen mit Festkörperoberflächen, der Ionenstrahlanalytik und der Beschleuniger-Massenspektrometrie (AMS).

Um das Angebot für neue Nutzergruppen zu erweitern, werden bis 2025 methodische Weiterentwicklungen am IBC insbesondere in den Bereichen der Ionenstrahlanalytik an Flüssigkeit-Festkörper-Grenzflächen, der Analytik mit höchster Sensitivität und höchster lateraler Auflösung im Helium-Ionenmikroskop, der Dotierung von 2D-Materialien sowie der deterministischen Einzel-



Der 6-Megavolt-Beschleuniger am Ionenstrahlzentrum des HZDR



100-Kilovolt-Beschleuniger und MEIS-Kammer (links), Dr. René Heller an einer Elektronenstrahlionenfalle für hochgeladene Ionen (rechts)

ionenimplantation vorangetrieben. Ein dediziertes Labor für die Forschung mit niederenergetischen Ionen wird fertiggestellt und 2022 für den Nutzerbetrieb geöffnet. Für die AMS wird ein eigenständiger Beschleuniger im Jahr 2023 installiert. Durch effizientere Ionenquellen werden im Service-Angebot der Durchsatz für die Industrie erhöht, neue Forschungsgebiete erschlos-

sen und Innovationen ermöglicht. Langfristig soll am IBC ein Kompetenzzentrum für die Anwendung hochenergetischer und besonders intensiver Ionenstrahlen für AMS, Materialforschung und Neutronenanalytik aufgebaut werden (siehe Kapitel 4.2. Hochmoderne Infrastruktur – ACDC).

Ion Beam Center (IBC): interdisziplinäres Nutzer- und Kompetenzzentrum zur ionenbasierten Materialmodifizierung und -analytik für Forschung und Industrie





Höchste Magnetfelder für die Materialforschung – Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD)

Das Hochfeld-Magnetlabor Dresden (HLD) ist eine der weltweit führenden Einrichtungen für Forschung mit hohen Magnetfeldern – die einzige dieser Art in Deutschland. Als Gründungsmitglied und wichtiger Standort des Europäischen Magnetfeldlabors (EMFL), das seit 2016 den Landmark-Status des European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) besitzt, entwickeln wir die Technologie für gepulste und supraleitende Magnetfelder kontinuierlich weiter. Das HLD erzeugt die höchstmöglichen, zerstörungsfrei realisierbaren Felder, die es – zusammen mit einer hochmodernen Infrastruktur und Instrumentierung zur Durchführung von Experimenten unter extremen Probenbedingungen – Forscher*innen aus der ganzen Welt seit 2007 (in voller Kapazität nach Erweiterung seit 2017) zur Verfügung stellt. Die große Mehrheit der durchgeführten Forschungsprojekte zielt darauf ab, die grundlegenden Eigenschaften neuartiger Materialien zu entschlüsseln, um sie einerseits fundamental verstehen und die Materialien andererseits für zukünftige Anwendungen optimieren zu können.

Wir werden die internationale Sichtbarkeit des HLD weiter erhöhen, indem wir der lokalen, nationalen und weltweiten Nutzergemeinschaft die optimale experimentelle Infrastruktur für die Forschung in höchsten gepulsten Magnetfeldern zur Verfügung stellen. Im Einzelnen sind dabei folgende Maßnahmen geplant:

In den kommenden Jahren wird die experimentelle Infrastruktur erweitert, indem wir z. B. die Möglichkeit bieten, Materialien bis in den Submikrometer-Bereich mit Hilfe fokussierter Ionenstrahlen (Focused Ion Beam, FIB) zu strukturieren. Diese Tech-

nik, die in Zusammenarbeit mit dem Ionenstrahlzentrum (IBC) verfügbar ist, wird u. a. zur Strukturierung von Proben einschließlich elektrischer Kontakte eingesetzt, sodass die Proben in einer Druckzelle platziert und Hochdruck-Studien in gepulsten Magnetfeldern realisiert werden können (siehe Abbildung 45).

Eine wesentliche Aufgabe zur Erhaltung der Konkurrenzfähigkeit des HLD ist – neben Ersatz und Modernisierung veralteter Komponenten – die kontinuierliche Weiterentwicklung der angebotenen Pulsfeld-Magnete. Ein besonders herausforderndes Ziel ist dabei die Konstruktion und Realisierung eines 100-Tesla-Magneten. Ein mögliches Design basiert auf drei ineinander angeordneten Spulen, die es theoretisch möglich machen, Felder bis zu 105 Tesla zu erreichen, was ein neuer Weltrekord wäre (siehe Abbildung 46). Neben der Erzielung von Rekordfeldern wollen wir die Lebensdauer der Magnete erhöhen und gezielt Spulen entwickeln, die für dedizierte Anwendungen bzw. Parameterbereiche optimiert werden. Dies umfasst u. a. kompakte Kurzpuls-Magnete, die 70 Tesla erreichen, gleichzeitig kürzere Abkühlzeiten haben und damit schnellere Pulsfolgen erlauben.

Das HLD wird zudem den Zugang zu höchsten Magnetfeldern bei anderen großen Infrastrukturen ermöglichen. Durch die Weiterentwicklung und den Transfer unserer Technologie zum European XFEL können einmalige Hochfeld-Röntgenexperimente an der Helmholtz International Beamline for Extreme Fields (HIBEF) durchgeführt werden, wie zum Beispiel Messungen des magnetischen Zirkulardichroismus (XMCD) im 60-Tesla-Bereich. Eine bestehende Pulsfeld-Anlage an BESSY

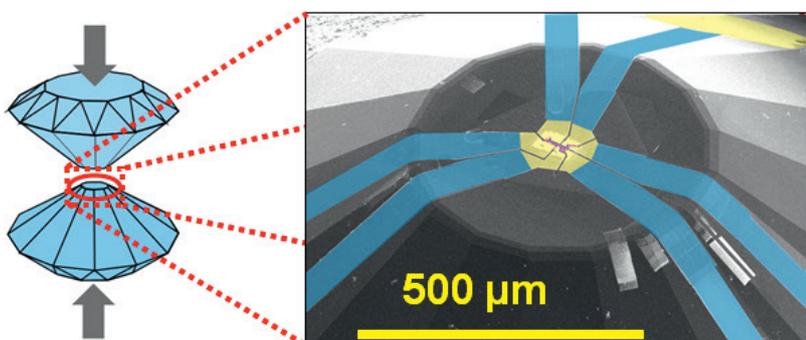


Abb. 45: Diamant-Druckzelle und mittels FIB (Focused Ion Beam) strukturierte Probe, vorbereitet zur Messung in höchsten gepulsten Magnetfeldern.

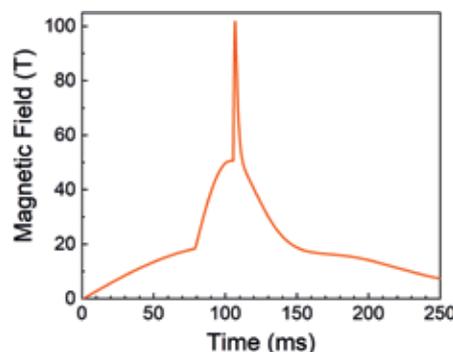


Abb. 46: Berechneter zeitlicher Verlauf des Magnetfeldes in einem Dreifach-Spulensystem für Felder jenseits von 100 Tesla.



Die weltgrößte Kondensatorbank speichert die Energie, die für die Erzeugung der hohen Magnetfelder zur Erforschung neuartiger Materialien benötigt werden.

wird im Rahmen einer deutsch-japanischen Zusammenarbeit weiter ausgebaut und zusammen mit dem Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) genutzt. Ebenso sollen Pulsfeld-Anlagen an weiteren existierenden und zukünftigen Forschungsanlagen in Kooperation aufgebaut werden, z. B. an FLASH bei DESY, aber auch an FELBE und den geplanten Anlagen DALI und ACDC im HZDR.

Eine längerfristige Entwicklungsperspektive ist die Erweiterung des Magnet-Portfolios hin zu supraleitenden Hybridspulen im Bereich von 40 Tesla. Diese aus konventionellen und Hochtemperatur-Supraleitern bestehenden Magnete erlauben den Nutzer*innen Messungen auch in statischen Feldern. Eine Designstudie

hierzu startete im Rahmen eines EU-Projekts im Jahr 2021. Die Realisierung solcher supraleitender Hybridmagnete wird zusätzliche Investitionsmittel erfordern.

Von besonderer Bedeutung für uns sind die Zusammenarbeiten mit den strategischen Partnern innerhalb von EMFL (CNRS und Radboud-Universität) sowie die vor Kurzem begonnene Kooperation mit den europäischen Forschungsinfrastrukturen im Rahmen von ARIE (Analytical Research Infrastructures in Europe), die in LEAPS, LENS, eDREAM, Laserlab Europe, RADIATE, INSPIRE und EMFL zusammengeschlossen sind.

Labor der Extreme – HIBEF: Helmholtz International Beamline for Extreme Fields am European XFEL



Die Helmholtz International Beamline for Extreme Fields (HIBEF) ist ein vom HZDR organisiertes und geleitetes **internationales Nutzerkonsortium**. Es stellt für das High-Energy-Density-Instrument (HED) am European XFEL ein Ensemble von Hochleistungslasern, gepulsten Magneten und Diamant-Hochdruckzellen zur Verfügung, mit denen sich **Proben unter extremen Bedingungen wie Druck, Temperatur und elektromagnetischer Feldstärke** untersuchen lassen. In Kombination mit den brillanten Röntgenstrahlen des European XFEL eröffnet HIBEF ein breites Spektrum der HED-Physikforschung:

- Der vom HZDR bereitgestellte Ultrahochintensitätslaser ReLaX ermöglicht die Untersuchung relativistischer Plasmen, intensiver Laser-Materie-Wechselwirkungen und der Physik starker Felder einschließlich der Struktur des quantenelektrodynamischen Vakuumzustands (QED-Vakuum).
- Mit der Diamond Anvil Cell (DAC) von DESY sind Untersuchungen der Hochdruckphasen von Materialien mit besonderem Fokus auf der Geophysik geplant.
- Das vom Science and Technology Facilities Council des UK Research and Innovation (STFC-UKRI) zur Verfügung gestellte CLF-Labor beherbergt den hochenergetischen Nanosekunden-Pulslaser DiPOLE D-100X. Damit lassen sich Proben dynamisch auf noch höhere Drücke und Temperaturen komprimieren, was den Zuständen im Inneren von Riesenplaneten und Exoplaneten entspricht.
- Ein vom HZDR (Hochfeld-Magnetlabor Dresden) und DESY gemeinsam etabliertes System aus gepulstem Magneten und Röntgenstreuung wird die Untersuchung von magnetisch-strukturellen Phasenübergängen in hohen Magnetfeldern erlauben.
- Zusätzliche Instrumente stammen von HIBEF-Partnern in Frankreich, USA, Russland und Deutschland.

Die HIBEF-Anlagen werden in enger Zusammenarbeit mit dem European XFEL von einem Team aus HZDR- und DESY-Mitarbeiter*innen vor Ort in Schenefeld betrieben, wobei die Instrumentierung und die HED-Trei-

ber sukzessive in Betrieb gehen sollen. Mitte 2021 fanden die ersten Experimente mit den DACs und dem ReLaX-Laser statt, an denen etwa 100 Wissenschaftler*innen aus über 30 Institutionen in neun Ländern beteiligt waren. Die Inbetriebnahme des DiPOLE-Lasers und der gepulsten Magnetsysteme soll 2022 erfolgen. Eine strategische Priorität für HIBEF für die nächsten Jahre ist, die **maximale wissenschaftliche Nutzung** für diese weltweit einzigartige Infrastruktur an einem Röntgen-FEL zu realisieren. Flaggschiff-Experimente zur relativistischen Laser-Materie-Wechselwirkung, zur Starkfeld-Quantenelektrodynamik und zur Erforschung neuer Phasen der warmen dichten Materie sind Meilensteine im PoF-IV-Forschungsprogramm MATERIE. Die erfolgreiche Demonstration des ReLaX-Lasers und der DAC-Experimente hat die Sichtbarkeit und das internationale Interesse an HIBEF erhöht.

Eine zweite strategische Priorität ist die **Einbindung des Nutzerkonsortiums in die Bereitstellung zusätzlicher Instrumente**, die das Ensemble von Röntgen-, Laser- und Druck-Temperatur-Diagnostiktechniken erweitern sollen, damit diese als breites Set von Standarddiagnostiken für viele weitere und unterschiedliche Experimente zur Verfügung stehen können. Dabei folgt dieser Ansatz einem erfolgreich in der Kurzpulslaser-Community erprobten Paradigma am DRACO-Laser. Eine dritte strategische Priorität ist die Maximierung des Austauschs von HIBEF-Experimenten mit Hochleistungssimulationen, Fortschritten im Maschinenlernen und mit „digitalen Zwillingen“ innerhalb unserer koordinierten **Digitalisierungsstrategie**.

HIBEF wurde ursprünglich als Plattform mit dem Ziel konzipiert, die **Komplexität der Laser-Materie-Wechselwirkungen** zu untersuchen, und zwar unter Verwendung der aufkommenden Röntgen-FEL-Fähigkeiten, und um ein **prädiktives Verständnis** sowohl der Laser-Materie-Wechselwirkungen als auch der extremen Bedingungen, die damit erzeugt werden können, zu entwickeln und zu validieren.



Aufbau des Hochleistungslasers ReLaX, einem von zwei optischen Lasern, mit denen HIBEF die High-Energy-Density-Plattform des European XFEL ausstattet.

Entwicklungsplattform für kompakte Plasmabeschleuniger: ATHENA



Blick in das Verstärkersystem des PENELOPE-Lasers

ATHENA steht für Accelerator Technology Helmholtz Infrastructure, eine gemeinsam mit dem Forschungsbereich MATERIE gestaltete Plattform für die anwendungsorientierte Entwicklung neuartiger kompakter Plasmabeschleuniger-Konzepte. Zwei Leuchtturm-Infrastrukturen an DESY und HZDR zeichnen die strategische Ausbaumaßnahme aus, die in Dresden mit dem Schwerpunkt auf Ionenbeschleunigung technisch und inhaltlich in das ELBE-Zentrum integriert wird und auf der Entwicklung des energieeffizienten Hochleistungslasers PENELOPE aufbaut (siehe Abbildung 47).

Eng vernetzt mit dem Programm an den Hochleistungslasern DRACO am HZDR und ReLaX an HIBEF, das ein tieferes Verständnis der grundlegenden relativistischen

Plasmaprozesse entwickeln soll, steht bei ATHENA der Anwendungs- und Nutzungsaspekt im Vordergrund. Die einzigartige Kombination aus Pulsenergie und Puls-wiederholrate des Petawatt-Lasertreibers PENELOPE soll Ionenpulse mit bisher unerreichter Energie und Intensität ermöglichen, die beispielsweise Hochdosis-Bestrahlungen biologischer Proben erlauben werden. Neben einem besseren Verständnis der die Ionentherapie von Tumorerkrankungen bestimmenden Prozesse versprechen Hochdosis-Bestrahlungen momentan eine verbesserte Verträglichkeit dieser Therapieform. Gemeinsam mit den Strahlen des DRACO-Systems erschließt das Labor eine Vielfalt an neuen Experimentiermöglichkeiten zur Untersuchung von Materie unter extremen Bedingungen.

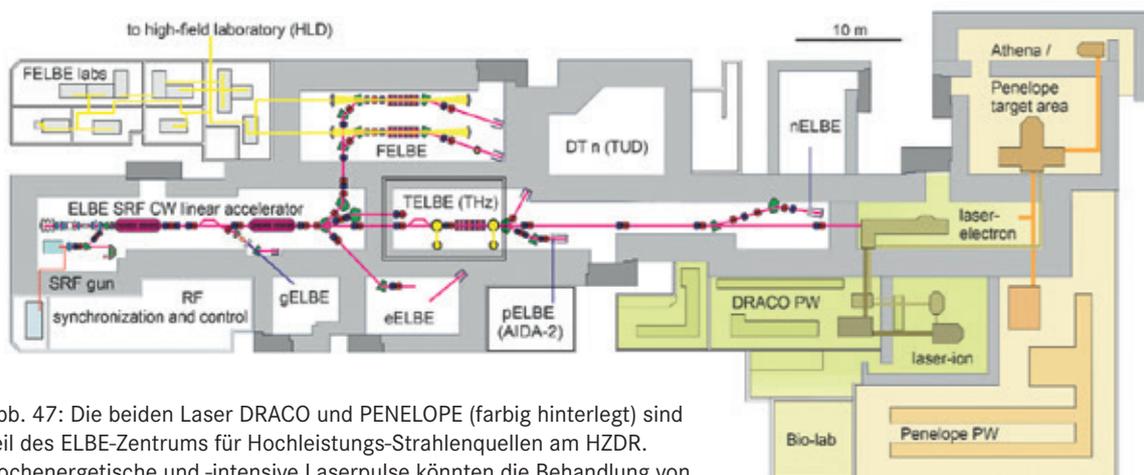


Abb. 47: Die beiden Laser DRACO und PENELOPE (farbig hinterlegt) sind Teil des ELBE-Zentrums für Hochleistungs-Strahlenquellen am HZDR. Hochenergetische und -intensive Laserpulse könnten die Behandlung von Krebserkrankungen ebenso verbessern wie sie jetzt schon die Untersuchung von Materie unter extremen Bedingungen vorantreiben.



Dem Urknall ein Stück näher – Das Felsenkeller-Labor

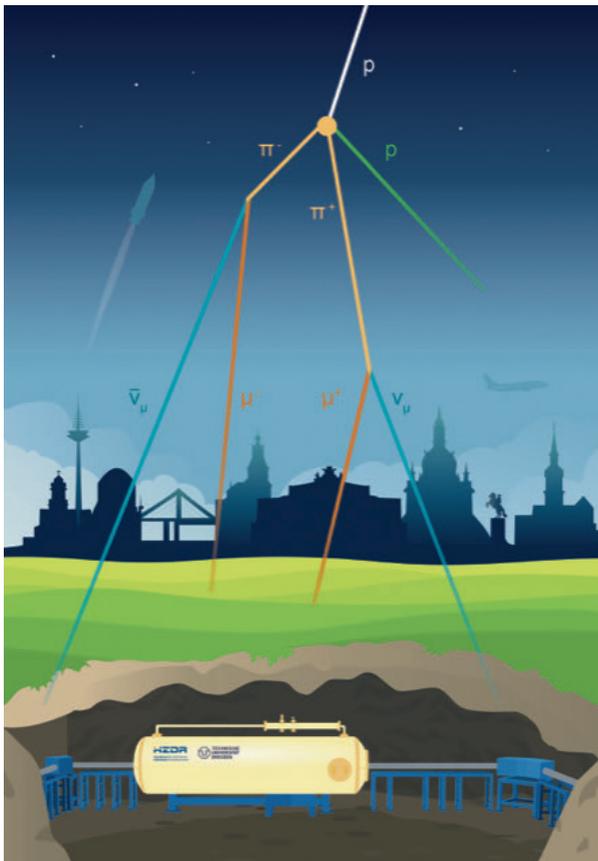


Abb. 48: Abgeschirmt unter 45 Metern massiven Gesteins entschlüsseln Physiker*innen, wie unsere Sonne und andere Sterne in ihrem Inneren Atomkerne miteinander verschmelzen und so schwerere Elemente erzeugen.

Der Beschleuniger im Felsenkeller wurde 2016 bis 2018 vom HZDR und der TU Dresden gemeinsam errichtet, gefördert unter anderem aus Exzellenzmitteln der TU Dresden, dem DFG-Großgeräteprogramm sowie HZDR- und Helmholtz-Mitteln. Ziel ist es, **extrem kleine Wirkungsquerschnitte von astrophysikalisch relevanten Kernreaktionen direkt in Beschleunigerexperimenten zu messen**. Durch den Aufbau des 5-Megavolt-Pelletrons (MV) in Stollen der ehemaligen Felsenkeller-Brauerei 45 Meter unter Tage wird die Höhenstrahlung um einen Faktor 40 unterdrückt.

Nach der Charakterisierung des verbleibenden Strahlungs-Untergrunds wird in einem Experiment die für den Urknall und die Sonne wichtige ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$ -Reaktion untersucht. Parallel wird der α -Ionenstrahl aus der neu installierten Terminal-Ionenquelle optimiert. Die Abbildung 49 zeigt ein γ -Signal aus dieser Kampagne, das nur unter Tage nachweisbar ist. Als nächstes soll sich ein Experiment zur ${}^4\text{He}({}^{12}\text{C},\gamma){}^{16}\text{O}$ -Reaktion anschließen, deren zeitumgekehrtes Pendant am R3B-Experiment von GSI/FAIR untersucht wird.

Der Felsenkeller ist nach LUNA am Gran-Sasso-Nationallabor (LNGS) der zweite Untertage-Beschleuniger in Europa. Das bisher größte EU-Projekt in der nuklearen Astrophysik, ChETEC-INFRA mit einer Fördersumme von fünf Millionen Euro über die Laufzeit 2021 bis 2025, wird vom Felsenkeller aus koordiniert. Es verfolgt einen interdisziplinären Ansatz unter Einbeziehung von Teleskopen, Großrechnern und Laboren. Perspektivisch soll die ChETEC-INFRA-Community um Plasma- und hydrodynamische Forschungen erweitert werden, um die Elemententstehung im Kosmos komplex zu bearbeiten.

Vor Ort am Felsenkeller werden neben apparativen Neuentwicklungen – z.B. fensterloses Gastargetsystem, Gasrezirkulierung und γ -Kalorimeter – Schritt für Schritt die Ionenstrahlparameter verbessert, begleitet von Experimenten zu Produktion (mit dem Beschleunigerlabor DREAMS am IBC) und Zerstörung (an CRYRING@FAIR) des Supernova-Nuklids ${}^{44}\text{Ti}$. Parallel erweitert die TU Dresden ihren Low-Background-Aufbau zum sensitivsten γ -Spektroskopiesystem Deutschlands. Neben der weiterlaufenden Eigenforschung von TU Dresden und HZDR werden auch externe Messgäste betreut, die ein wissenschaftliches Beratergremium mit Vertreter*innen aus Barcelona, Debrecen, Mailand und York vorschlägt.

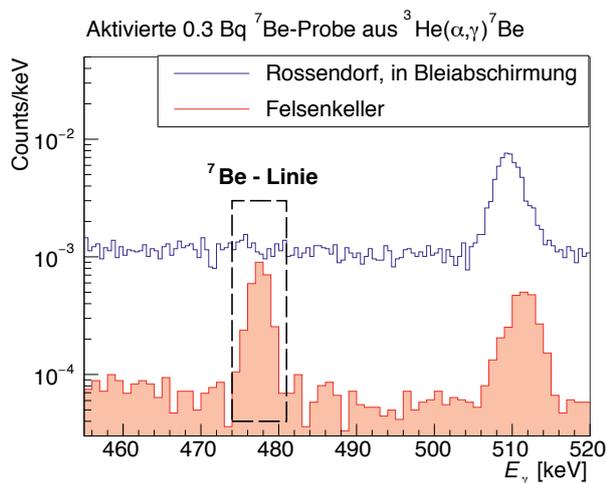
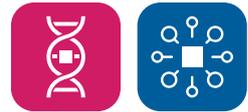


Abb. 49: γ -Signal

Radioaktivität im Einsatz gegen Krebs – Zentrum für Radiopharmazeutische Tumorforschung (ZRT)



Mithilfe der Kleintier-Bildgebung am Zentrum für Radiopharmazeutische Tumorforschung können neuartige radiopharmazeutische Arzneimittel und immuntherapeutische Ansätze getestet werden.

Das Institut für Radiopharmazeutische Krebsforschung arbeitet interdisziplinär an der Entwicklung und Evaluierung radioaktiver Arzneimittel für diagnostische Anwendungen in der molekularen Bildgebung und den Einsatz in der Tumorthherapie. Für diese Arbeiten steht dem Institut eine unikale Forschungsinfrastruktur in dem 2018 in Betrieb genommenen Zentrum für Radiopharmazeutische Tumorforschung (ZRT) zur Verfügung. Unter einem Dach befinden sich hier insbesondere die folgenden Einrichtungen:

- ein 30-Megaelektronenvolt-Hochstrom-Protonenzyklotron, welches auch Nichtstandard-Radionuklide für die Tracerentwicklung zugänglich macht
- hochmoderne Laboratorien für Arbeiten auf den Gebieten Radiochemie, nicht-radioaktive und medizinische Chemie, Biochemie und Biologie
- Laboratorien für die tomografische und optische Bildgebung von Kleintieren (PET/CT, PET/MR, SPECT, Optical Imaging, MR)
- eine nach neuesten Standards konzipierte Labortierhaltung

- eine radiopharmazeutische Produktionseinheit gemäß GMP-Standard (Good Manufacturing Practice) zur Bereitstellung von Radiopharmaka für den klinischen Einsatz
- eine leistungsfähige IT-Infrastruktur zur Bearbeitung rechenintensiver Aufgaben im Bereich der quantitativen molekularen Kleintier- und Humanbildgebung

Komplementär zum ZRT verfügt das Institut in seiner Außenstelle in Leipzig (Abteilung Experimentelle (Neuro-)Onkologische Radiopharmazie) über ein 18,5-MeV-Zyklotron und Laborbereiche für die Tracerentwicklung und -evaluierung im (neuro-)onkologischen Bereich. Überdies stehen dem Institut über seine Abteilung für Radioimmunologie entsprechende Labore auf dem Campus des Universitätsklinikums Dresden zur Entwicklung von Immuntherapeutika exklusiv zur Verfügung.



Das leistungsfähige Zyklotron (rechts) liefert die radioaktiven Ausgangssubstanzen, aus denen unter medizinischen GMP-Bedingungen Radiotracer zur Diagnose von Krebserkrankungen hergestellt werden können (links).

Insgesamt stellt diese Konzentration einer sehr leistungsfähigen, multidisziplinären Infrastruktur im ZRT und seinen Außenstellen – kombiniert mit unserer Expertise in den radiopharmazeutischen Wissenschaften, der Radiotheranostik, der (Immun-)Theranostik sowie der quantitativen funktionellen Bildgebung (PET und MRT) und den Datenwissenschaften – ein klares Alleinstellungsmerkmal des Institutes und damit in strategischer Hinsicht einen potenziellen kompetitiven Vorteil im internationalen wissenschaftlichen Wettbewerb dar. Dieser Vorteil lässt sich realisieren, sofern die For-

schungsanstrengungen auf Themen gerichtet werden, welche maßgeblich von den Synergien eines interdisziplinären Ansatzes profitieren. Dies ist das definierte Ziel des Instituts durch seine thematische Ausrichtung auf translationale Forschung auf dem Gebiet der Theranostik, bei dem sowohl Radiotracer für die Diagnostik und nichtinvasive Bildgebung als auch neuartige kombinierte Endoradio- und Immuntherapeutika für die Behandlung von Tumorerkrankungen entwickelt und evaluiert werden.

Künstlicher Erdkern zur Erforschung des Erdmagnetfeldes – DRESDYN: Versuchsanlage zur Untersuchung magnetohydrodynamischer Effekte mit geo- und astrophysikalischem Hintergrund



Die Infrastruktur DRESDYN (DREsden Sodium facility for DYnamo and thermohydraulic studies) ist in erster Linie der Untersuchung verschiedener magnetohydrodynamischer Effekte mit geo- und astrophysikalischem Hintergrund gewidmet. Das zentrale und aufwändigste Teilprojekt ist ein großes Dynamo-Experiment, in dem erstmals die Selbsterregung eines Magnetfeldes in einer präzedierenden, d. h. durch Rotation um zwei Achsen angetriebenen, Natrium-Strömung nachgewiesen werden soll (Abbildung 50 links). Erste Vor-Experimente mit Wasser zum Test des mechanischen Verhaltens der Anlage sowie zur Validierung der numerischen Strömungssimulationen haben im Jahr 2021 begonnen, der Start der Natrium-Experimente ist für 2022/23 geplant. In einer zweiten Anlage (Abbildung 50 rechts) werden verschiedene Varianten der astrophysikalisch bedeutsamen Magneto-Rotationsinstabilität (MRI) untersucht, die eine dominierende Rolle bei der Entstehung von Sternen aus kosmischen Akkretionsscheiben spielt. Erste Experimente hierzu sind für 2023/24 vorgesehen. Der Betrieb des Präzessionsdynamos und des MRI-Versuchsstandes ist bis ca. 2030 geplant.

Sobald das Präzessionsexperiment seine maximal möglichen Betriebsstunden erreicht haben wird, sollen zentrale Anlagenteile sowie das Containment für den Aufbau und den Betrieb eines großen Rayleigh-Bénard-Experiments unter dem Einfluss von Rotation und beliebig geneigten Magnetfeldern genutzt werden. Alle diese Aktivitäten erfolgen im Rahmen des Forschungsbereichs MATERIE und werden bis 2023 durch den ERC Advanced Grant „LEMAP“ unterstützt.

DRESDYN stellt zudem eine Plattform für verschiedene Aktivitäten im Forschungsbereich ENERGIE dar, wozu insbesondere der Test großer Flüssigmetall-Batterien sowie Untersuchungen von Natrium-Strömungen für solarthermische Kraftwerke gehören. Eine Konkretisierung der dafür zu installierenden Anlagen und durchzuführenden Experimente erfolgt jeweils in Abstimmung mit nationalen und internationalen Partnern.

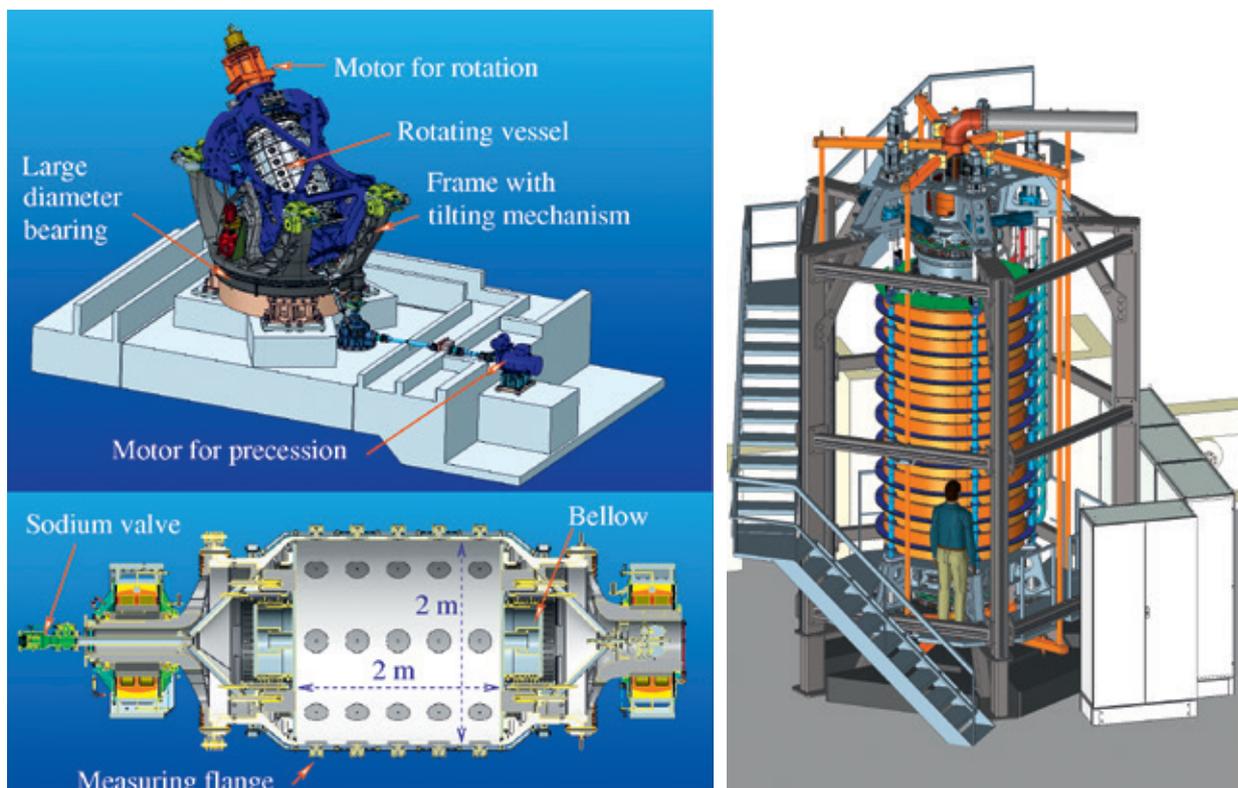


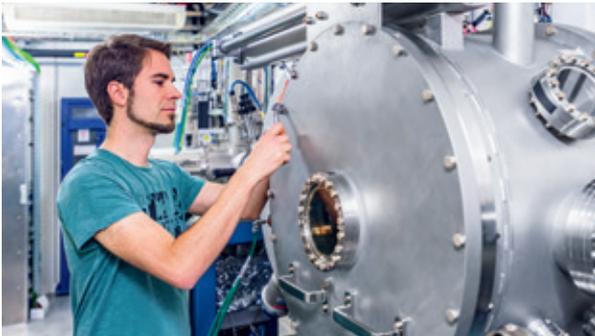
Abb. 50: Die beiden zentralen Experimente im Rahmen von DRESDYN: links: Präzessionsexperiment; rechts: Experiment zur Magneto-Rotationsinstabilität (MRI)



Radionuklide im Detail verstehen – Rossendorf Beamline ROBL-II

An der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in Grenoble (Frankreich) betreibt das Institut für Ressourcenökologie die Rossendorf Beamline, kurz ROBL. Forscher*innen aus aller Welt nutzen hier die von der ESRF zur Verfügung gestellte Synchrotron-Röntgen-

strahlung, um molekulare und elektronische Strukturen von Actiniden und anderen Radionukliden aufzuklären. ROBL-II trägt damit unmittelbar zum Forschungsportfolio in den Bereichen Endlagerforschung, Radioökologie und Actinidenchemie bei.



An insgesamt vier Experimentierplätze können an ROBL-II Untersuchungen an Radionukliden durchgeführt werden.

Vor diesem Hintergrund wurde ROBL in den letzten vier Jahren grundlegend erneuert, um an seinen vier Experimentierplätzen ein breites Spektrum an Spektroskopie- und Beugungsmethoden anbieten zu können. Die Weiterentwicklung der Beamline bezüglich Nachweisgrenzen und Auflösung erreicht nun die Grenzen des derzeit technisch Machbaren.

ROBL-II ging im September 2020 am neuen Speicherring der ESRF in Betrieb, der als weltweit erstes Synchrotron der 4. Generation bezüglich Photonenfluss, Strahldivergenz und Kohärenz die Lücke zwischen den bisher verfügbaren Synchrotronen der 3. Generation und den Freie-Elektronen-Lasern – z. B. European XFEL – schließt. ROBL-II ist daher sowohl in Bezug auf sein Methodenspektrum im radioaktiven Kontrollbereich wie auch auf die Röntgenquelle weltweit einzigartig. Aufgrund des modularen Aufbaus und der jetzt verfügbaren unikalen Strahlqualität werden zukünftig weitere Methoden wie die orts aufgelöste Spektroskopie (Spektromikroskopie) implementiert, um für Radionuklide ein molekulares und zelluläres Prozessverständnis zu erreichen.



Die ESRF in Grenoble: Der neue Elektronenspeicherring der 4. Generation ist innerhalb des ringförmigen Gebäudes mit ca. 1 km Umfang untergebracht. Er versorgt 40 Beamlines gleichzeitig mit Synchrotronstrahlung, eine davon ist die vom HZDR entwickelte und im User-Modus betriebene ROBL-II.

Aus alt mach neu: Rückgewinnung von Rohstoffen aus ausgesonderten Produkten – Technikum Metallurgie am HIF



Das neue Technikum Metallurgie am HIF wurde 2021 eingeweiht.

Mit dem neuen Technikum baut das Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF) in den nächsten Jahren seine **Forschungskompetenzen in den Bereichen Metallurgie und Recycling** – und damit in der Kreislaufwirtschaft – deutlich aus. Das Technikum Metallurgie ergänzt die vorhandenen Infrastrukturen am HZDR in hervorragender Weise, denn damit wird es möglich, Forschungsergebnisse zur Gewinnung und zum Recycling von metallischen und mineralischen Rohstoffen aus dem Labor in den Pilotmaßstab zu skalieren. Im Fokus stehen neue Technologien und automatisierte Prozesse, mit denen primäre sowie sekundäre Rohstoffe über pyro- und hydrometallurgische Prozesse – ergänzt durch physikalisch-chemische und hydrobiologische Verfahren – effizient und möglichst vollständig aufbereitet und einer (Wieder-)Verwendung zugeführt werden können. In Kombination mit der geplanten Forschungsinfrastruktur FlexiPlant gestattet das Technikum eine weitgehend vollständige Rückgewinnung der am Lebensende in den Produkten enthaltenen Rohstoffe. Dies betrifft insbesondere auch die Hochtechnologiemetalle.

Für die Bewertung der **Nachhaltigkeit innerhalb der Kreislaufwirtschaft** spielt das neue Technikum ebenfalls eine wichtige Rolle: Wissenschaftler*innen kön-

nen hier Simulationsmodelle überprüfen, mit denen der Material- und Energieverbrauch von Technologien und Produkten quantitativ bewertet werden kann. Nur so lässt sich die industrielle Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit von innovativen Technologiekonzepten oder die Nachhaltigkeit bei der Gestaltung neuer Produkte beurteilen.

Auf ca. 1.100 Quadratmetern werden Anlagen und Geräte zur Verfügung stehen, die die ganze Breite metallurgischer Forschung **von der Pyro- bis hin zur Hydrometallurgie** abdecken. Forscher*innen können zukünftig Materialströme zwischen einem und 500 Kilogramm einsetzen und so Experimente vom Labor- bis zum Industriemaßstab durchführen. Durch die Kombination von Prozessen und flexiblen Anlagen sowie durch parallele Verarbeitungsstränge wird es möglich, die (Rück-)Gewinnung von Metallen umfassend im Pilotmaßstab zu untersuchen.

Das Technikum Metallurgie ist ein weiterer Meilenstein in der Entwicklung des HIF; es wird die Kooperationen in der Forschung mit kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) und mit der Industrie auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene vertiefen und erweitern.



Komplexen Strömungen auf der Spur – TOPFLOW: Transient Two-Phase Flow Test Facility

TOPFLOW ist eine unikale und großskalige thermohydraulische Versuchsanlage für Zweiphasen-Strömungen mit Stoff- und Wärmeübergang. Es werden Strömungsvorgänge unter Bedingungen untersucht, die für verfahrens- und energietechnische Anlagen von Bedeutung sind.

Dies betrifft zum einen Wasser-Dampf-Strömungen bis 70 bar Druck und 286 Grad Celsius Sättigungstemperatur, die in **thermischen Kraftwerken** eine Rolle spielen. Strategische Zielstellung ist es hier, ein verbessertes Verständnis von Kondensations- und Siedeprozessen bei hohen Drücken zu erhalten und Daten für die Validierung von CFD-Codes (Computational Fluid Dynamics) für Anwendungen in der Prozessindustrie zu qualifizieren. Dabei stehen insbesondere passive Systeme der Wärmeübertragung im Fokus zukünftiger Arbeiten. Zum Zweiten werden an der im Jahr 2020 in Betrieb genommenen Versuchsanlage TERESA Zweiphasen-Strömungen mit dem Kältemittel 3M™ Novec™ 649 bis ca. 15 bar untersucht. Dies ist für **industriellrelevante**

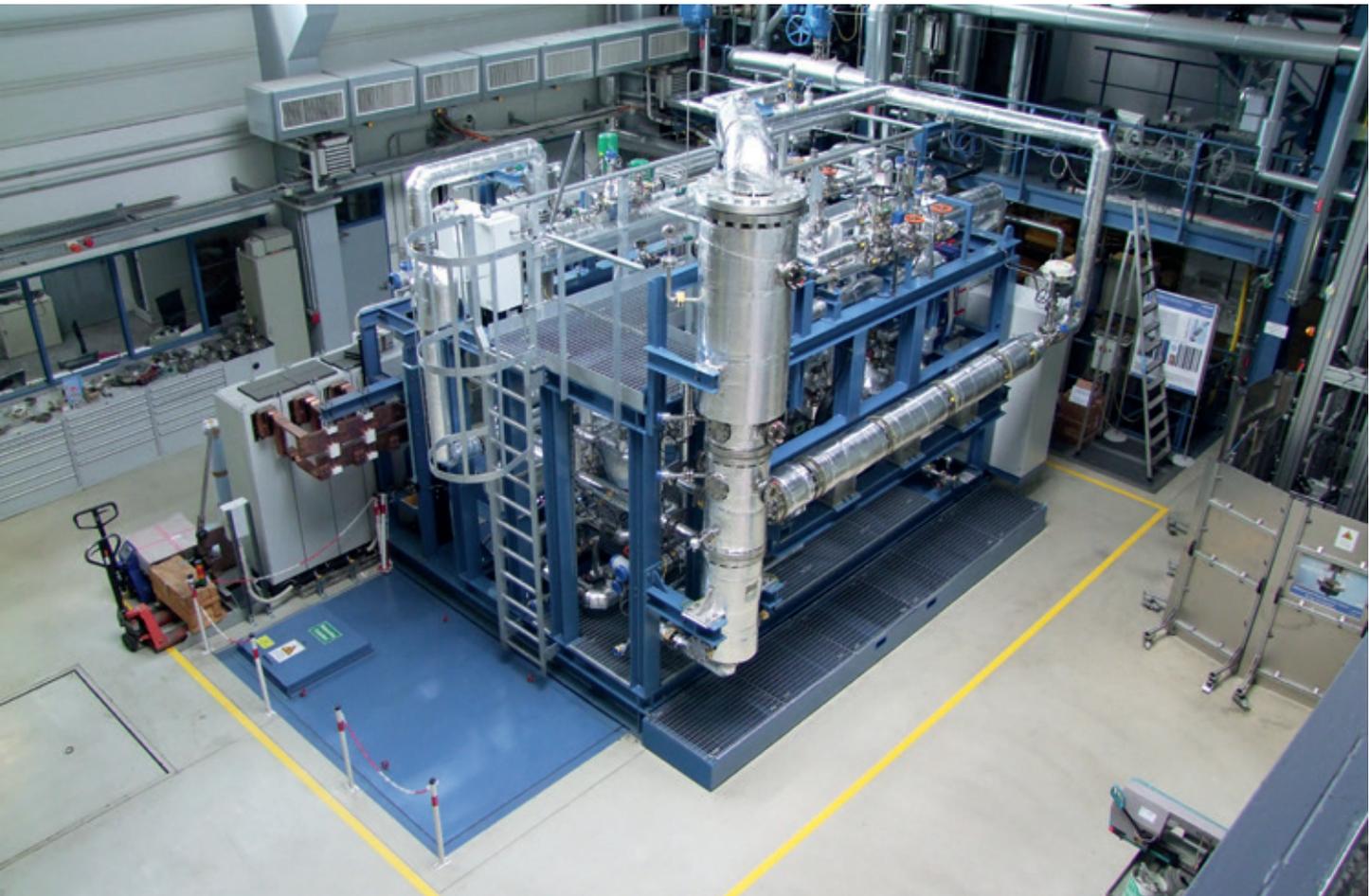
Fragestellungen der thermischen Stofftrennung für organische Fluide und CO₂ von erheblicher Relevanz, da bei solchen Systemen sehr kleine Dichteunterschiede zwischen Dampf- und Flüssigphase zu besonders kritischen Prozesszuständen führen können. Forschungsschwerpunkte der kommenden Jahre sind Nassdampf-Zustände, Tropfen- und Filmströmungen sowie Tropfenabscheidung im verfahrenskritischen Stoffwertebereich.

Zukünftig wird TOPFLOW durch die **Versuchsanlage CARBOSOLA** ergänzt, an welcher Experimente mit trans- und überkritischem CO₂ durchgeführt und Fragestellungen zu effizienten thermischen Kraftwerksprozessen, zur Abwärme-Nutzung, zu geothermischen Energieprozessen mit transkritischem CO₂ und zur Hochtemperatur-Wärmespeicherung adressiert werden.

Unikal an TOPFLOW ist auch die Ausstattung mit Messtechnik für Mehrphasen-Strömungen bei hohen Drücken und Temperaturen. Dazu zählen Gittersensor-



TOPFLOW-Anlage: Drucktank (links), ROFEX-Scanner (rechts)



TOPFLOW-Anlage mit dem TERESA-Versuchsstand

Technik, Gamma-Tomografie und schnelle Röntgen-Tomografie mit der am HZDR entwickelten ROFEX-Reihe (ROssendorf Fast Electron beam X-ray Tomograph). Diese Technik wird zukünftig um die weltweit einzigartige, ultraschnelle Hochleistungs-Tomografie mit 1-MeV-Elektronenbeschleuniger (HECToR) ergänzt, mit der sich völlig neuartige Experimentiermöglichkeiten für Strömungskanäle mit mehr als 200 Millimeter Durchmessern, für Strömungen in druckfesten Komponenten und großen Wirbelschichten eröffnen. Spezielle Versuche können in einem Drucktank mit 33 m³ Innenvolumen im Druckausgleich bis 50 bar realisiert werden.

In der Cold-Flow-Versuchshalle TOPFLOW+ werden grundlegende Experimente zur Strömungsführung in technischen Apparaten sowie zur effizienten Abwasser-Behandlung durchgeführt. Für Letztere steht ein Bio-Labor (Biologische Schutzstufe BSL2) mit großen Belebtschlamm-Säulen zur Verfügung, welches im Helmholtz Innovation Lab CLEWATEC (Clean Water Technologies) in den kommenden Jahren vor allem für Industrieforschung genutzt wird.

TOPFLOW hat einen wissenschaftlichen Nutzungshorizont bis mindestens 2035 und eine wichtige Funktion für den Technologietransfer. Alle Vorhaben an TOPFLOW werden in Zusammenarbeit mit strategischen Industriepartnern durchgeführt, oftmals unter Einbindung weiterer KMUs.

Riesige Datenmengen schnell berechnen und speichern – Das Data Center des HZDR



Das Data Center ist ein Hochleistungsrechenzentrum, das neben den Systemen für die IT-Infrastruktur vor allem umfangreiche Speicher- und Rechenkapazitäten für das wissenschaftliche High Performance Computing (HPC) und die Aufnahme der riesigen Datenmengen aus den wissenschaftlichen Experimenten und Simulationen von mehr als 300 Nutzer*innen am HZDR und anderen Helmholtz-Zentren bietet. Viele Forscher*innen sind in ihrer Arbeit auf die Verfügbarkeit und den stetigen Ausbau dieser Kapazitäten angewiesen.

Das bestehende Data Center wurde 1982 erbaut, 2011/12 erweitert und wird derzeit am Kapazitätslimit betrieben. Auf Basis einer detaillierten Anforderungsprognose wurde 2018 die Entscheidung für ein neues Data Center gefällt und das Projekt 2019 gestartet. Der Bau des Rechenzentrums mit einer nutzbaren Leistung von ca. einem Megawatt und einer Stellfläche für 80 Racks soll 2024 abgeschlossen sein, die Planung wurde eingereicht (siehe Abbildung 51), der Rohbau startet 2021.

Mit dem neuen Data Center werden die infrastrukturellen Voraussetzungen für das notwendige Wachstum der Computing- und Speicher-Ressourcen bis mindestens 2035 geschaffen, vor allem auch für Anforderungen aus strategischen Projekten wie beispielsweise DALI oder DRESHDYN. Ein wesentliches Ziel ist eine hohe Energieeffizienz für den nachhaltigen Betrieb des Data Centers. Mithilfe von Haushalts- und Projektmitteln werden die notwendigen innovativen Kapazitäten für Storage und Computing ab 2023 nach den jeweils neuesten Spezifikationen schrittweise ausgebaut.

Das Zentrum nimmt in der Helmholtz-Gemeinschaft eine Vorreiterrolle ein beim Thema Grafikprozessoren-Computing (GPU) und bei der Entwicklung von Bibliotheken für heterogene Hardware-Plattformen. Es wird diese Rolle weiter ausbauen. Mit dem neuen Data Center kann das HZDR Rechenkapazitäten anbieten, die mit denen größerer Helmholtz-Zentren vergleichbar sind. Für Spitzenanforderungen werden die Kooperationen mit den Höchstleistungszentren des Forschungszentrums Jülich, der TU Dresden und des Oak Rich National Lab (ORNL) in den USA fortgeführt.

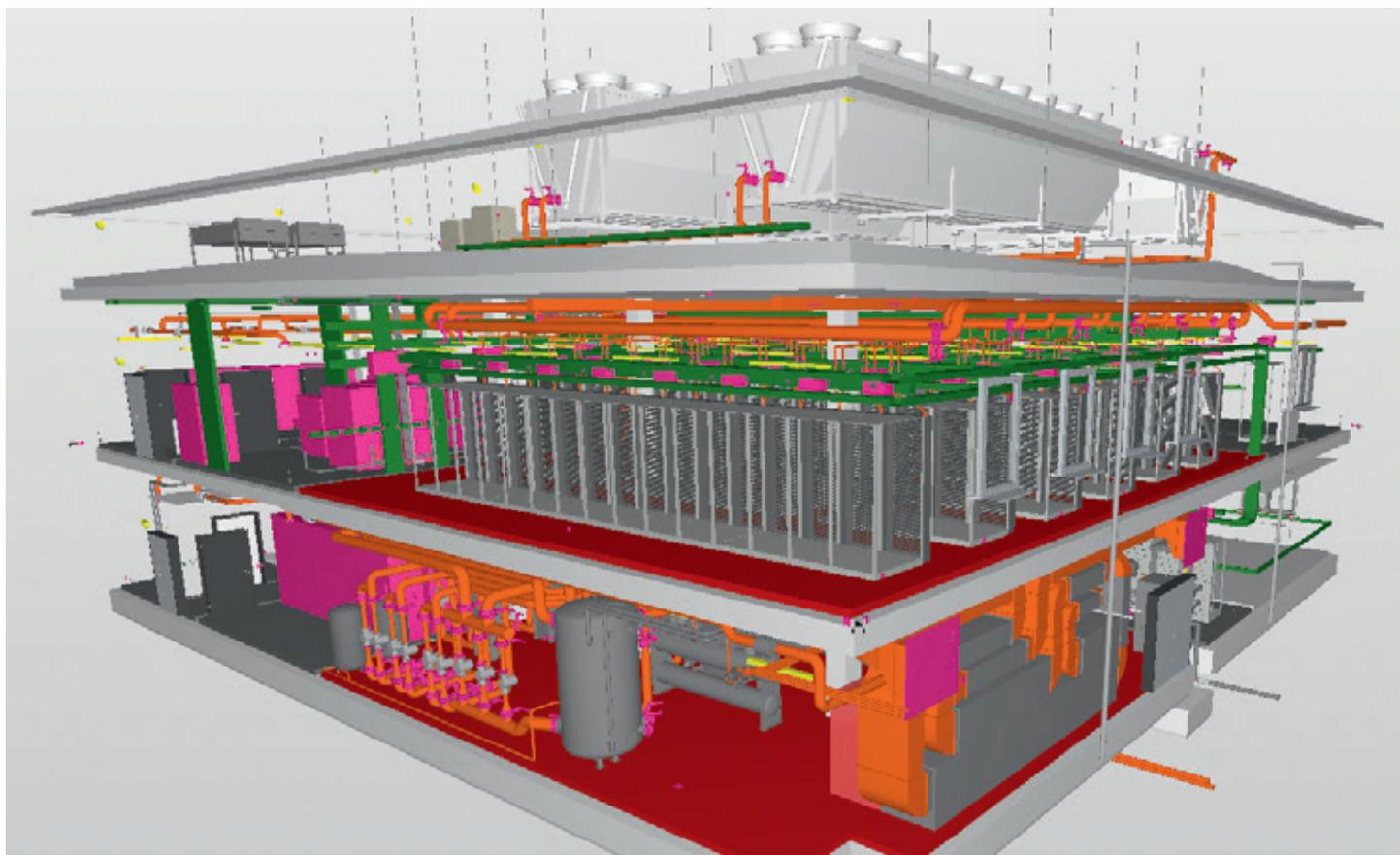


Abb. 51: 3D-Modell des neuen Data Center am HZDR

7.5. Wissenschaftliche Zentralabteilungen

Zentralabteilung Informationsdienste und Computing



Die strategische Aufgabe der Zentralabteilung Informationsdienste und Computing ist die Schaffung optimaler Rahmenbedingungen für Forschung und Innovation sowie den Betrieb der Großgeräte an den Standorten des HZDR. Dafür sind die Integrität, Vertraulichkeit und Verfügbarkeit von Daten, Software und IT-Diensten si-

cherzustellen sowie Innovation und nachhaltiger Betrieb zu gewährleisten. 2015 wurde die Zentralabteilung mit wissenschaftlicher Ausrichtung gegründet und seitdem entlang dieser Aufgabe strategisch neu ausgerichtet. Wir sind ein Motor und Koordinator der Aktivitäten im strategischen Handlungsfeld Digitalisierung.

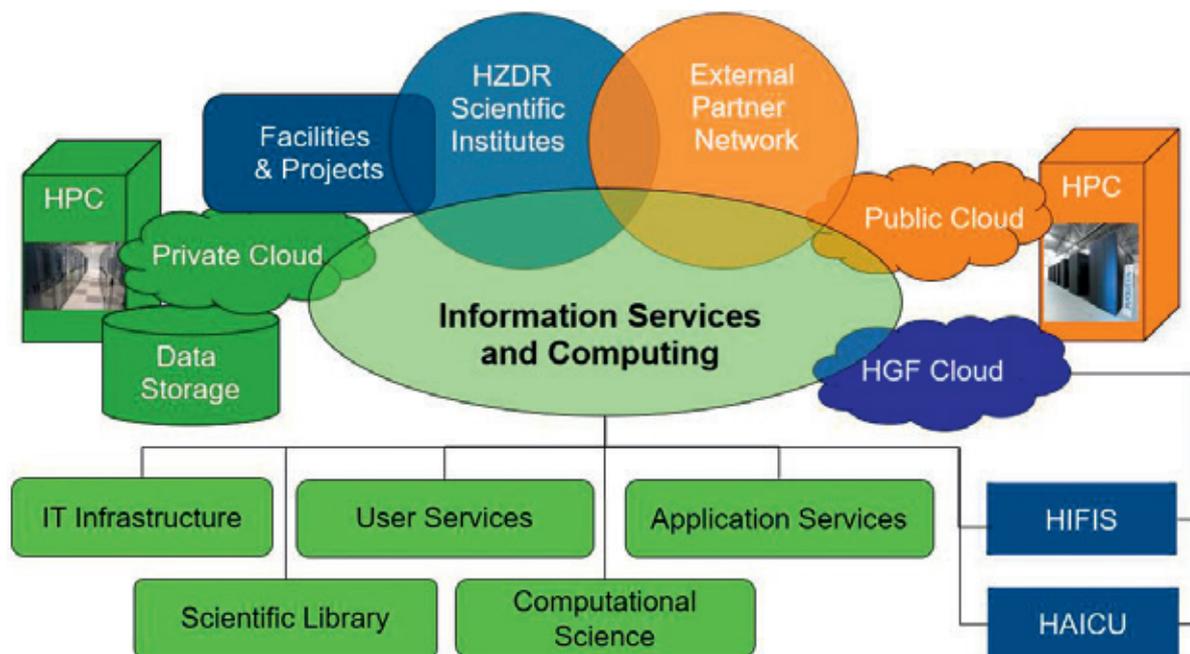


Abb. 52: Einbettung der Zentralabteilung Informationsdienste und Computing

Mission

- Wir stellen allen Mitarbeiter*innen, Gästen und wissenschaftlichen Communities an den Standorten des HZDR eine hochverfügbare, innovative und nachhaltige IT-Infrastruktur auf der Basis eines Hochleistungs-Rechenzentrums und leistungsstarker Datennetze zur Verfügung.
- Gemeinsam mit unseren Partnern betreiben wir professionelle, innovative IT-Services und Support-Strukturen. Wir entwickeln Lösungen für ein benutzerfreundliches und nachhaltiges Serviceangebot.
- Wir unterstützen die Forscher*innen mit innovativen Dienstleistungen in den Bereichen Informations-, Dokumentations- und Publikationsmanagement mit dem Ziel, Publikationen, Forschungsdaten und Software auffindbar, zugänglich, interoperabel und wiederverwendbar zu machen.
- Wir entwickeln innovative Lösungen für angewandte Mathematik und Künstliche Intelligenz (KI) sowie für das Management von wissenschaftlichen Daten und Forschungssoftware und stellen diese bereit. Wir etablieren Workflows und Software für den Zugang und die optimale Nutzung von Rechenressourcen für alle Forscher*innen.
- Wir entwickeln und betreuen durchgängige IT-Anwendungen für nahtlose digitale, wissenschaftliche und administrative Prozesse am HZDR.



Leiter des Helmholtz.AI Consultant Teams am HZDR, Dr. Peter Steinbach, mit Kollegin Neda Sultova. Das Team will Wissenschaftler*innen dazu befähigen, Methoden des Machine Learning auf wissenschaftliche Problemstellungen anwenden zu können.

Forschung und Innovation

Die strategische Ausrichtung basiert auf Entwicklung und Betrieb von hochverfügbaren Kernsystemen auf der einen sowie von experimentellen und agilen Applikationen auf der anderen Seite. Beide Aufgaben erfordern einen ständigen Wissenstransfer und eine enge Vernetzung der Teams, um gleichzeitig Stabilität und Innovation zu gewährleisten. In der Forschung sind wir Projektpartner der wissenschaftlichen Institute und seit der PoF IV auch mit eigenen Forschungsaktivitäten im Forschungsbereich MATERIE auf dem Gebiet **Data Management and Analysis** aktiv.

Wir nehmen dabei stets Bezug zur kontinuierlichen Innovation der einzigartigen Infrastrukturen, der wissenschaftlichen Methoden sowie der akademischen Community. Kernthemen unserer Forschungsarbeit sind datengetriebene sowie theoriegetriebene Modellierung, Simulation und Analyse. Dafür ist Data Science zentraler Bestandteil und erfordert die umfassende Anwendung von High Performance Computing (HPC),

Machine Learning (ML) und FAIR Data Management. Wir werden kontinuierlich die notwendige Expertise entwickeln und ausbauen.

Die Unterstützung von Schlüsselkomponenten für Anwendungen des High-end High Performance Computing umfasst im Besonderen:

- skalierbare und reproduzierbare Workflows (Simulation, Data Science und ML)
- Beteiligung an der Entwicklung von übergreifenden Software-Bibliotheken
- Performance Engineering von zentralen Applikationen mit aktuellen Programmiermethoden und Werkzeugen sowie Adaption an neueste Hardware-Plattformen
- Mitarbeit an internationalen Benchmark-Paketen als Standardisierungswerkzeug, Wissensplattform und Werkzeug für die Analyse neuer Architekturen
- Evaluierung und Einsatz von Zukunftstechnologien (u. a. des Quantencomputing)

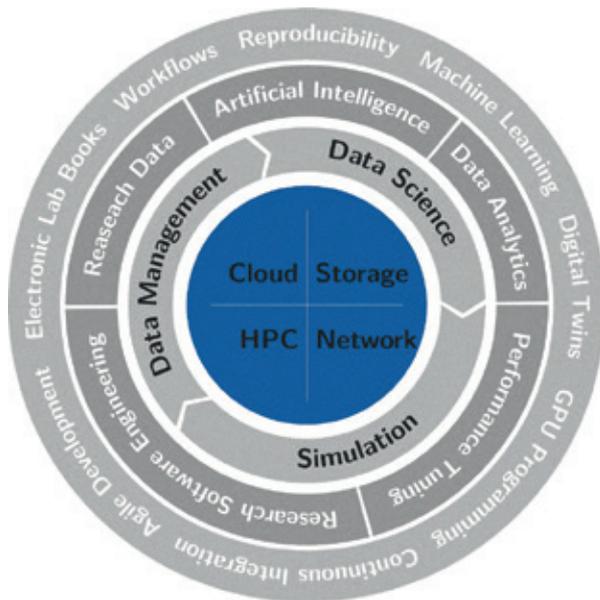


Abb. 53: Wissenschaftliche Arbeitsschwerpunkte der Zentralabteilung Informationsdienste und Computing

Unter Beachtung der wissenschaftlichen Strömungen und aktuellen Projekte ergeben sich folgende zukünftige Arbeitsschwerpunkte mit Bezug zu Machine Learning (ML) und Künstlicher Intelligenz (KI):

- Mustererkennung und Klassifikation mit modernen Methoden des ML mit Bezug auf die Forschungsthemen des HZDR ausbauen und weiterentwickeln
- Vertrauenswürdigkeit von ML-Lösungen im Hinblick auf Stabilität, Unsicherheit, Nutzbarkeit und Erklärbarkeit quantifizieren
- generische Modelle zur Approximation von rechenintensiven Simulationen entwickeln, um experimentelle Studien und Daten zu vervollständigen sowie die Erstellung von digitalen Zwillingen zu unterstützen
- Design, Erprobung und Validierung nachhaltiger Ausbildungsmethoden zur Unterstützung der Forscher*innen (Carpentry-Kursangebote, wissenschaftliche Foren, neue Ausbildungsformen)
- Optimierung von Data-Science-Lösungen für Big-Data-Anwendungen (Skalierung, Algorithmik, Benchmarks)

Aber nicht nur die wissenschaftliche Arbeit steht im Mittelpunkt unserer Aktivitäten. Für eine ganzheitliche Unterstützung der Anwender*innen am HZDR mit seinen Partnern werden digitale Lösungen zur nahtlosen und möglichst automatisierten Aufnahme und Verarbeitung von Informationen benötigt. Konkret umspannt dies:

- Realisierung einer strategischen IT-Architektur für wissenschaftliche und administrative Basisdienste mit dem Ziel der Nutzerfreundlichkeit, Standardisierung und Komplexitätsreduzierung
- kontinuierliche Datenerfassung mit offenen Schnittstellen, eingebettet in komplette Workflows (u. a.

Verbindung der Datenquellen mit elektronischen Laborbüchern und Forschungsdaten-Repositorien)

- ausfallsicherer Betrieb der Datenservices mit langfristiger Archivierung und Schutz der Sicherheit und Integrität der Daten und Services
- Betreuung/Hilfestellung für Nutzer*innen bei der Verwendung dieser Services

Hinzu kommen notwendige Vernetzungsaktivitäten auf verschiedenen Ebenen:

- Unterstützung durch einen Data Librarian für die Etablierung von Datenmanagement-Plänen von der Dokumentation der Experimente bis zur Publikation von Forschungsdaten
- Einbeziehung der Beamline Scientists für den Wissensaustausch bei der Experimentsteuerung sowie Datenverarbeitung
- Aufbau und Moderation von Communities von Forscher*innen und Power-Usern für die Etablierung und Umsetzung von Standards zur Vereinheitlichung von Metadaten
- enge Zusammenarbeit mit den Mitarbeiter*innen in den Stabs- und Verwaltungsabteilungen sowie den administrativen Power-Usern in den Instituten

Für alle genannten Arbeitsschwerpunkte ist eine Software-Entwicklung auf State-of-the-Art-Niveau essenziell. Dies umfasst Angebote zur:

- Bereitstellung von Entwicklungs- und Engineering-Plattformen inkl. Continuous Integration & Test
- Beratung zu Methoden und Tools der Software-Entwicklung für wissenschaftliche und administrative Anwendungen
- Unterstützung zur Etablierung nachhaltiger Open-Source-Aktivitäten und Software-Communities

Maßnahmen:

- Insgesamt sind über 75 Prozent der Abteilung Computational Science projektfinanziert und somit an die meist serviceorientierten Projekte gebunden. Über 90 Prozent unserer Mitarbeiter*innen sind in service- und anwendungsorientierten Bereichen tätig. Eine notwendige stärkere Profilierung und Forschung auf einigen Spezialgebieten der Computational Science erfordert die Schaffung von zusätzlichen finanziellen und personellen Freiräumen.
- Um die anspruchsvollen wissenschaftlichen Themen auch adäquat untersetzen zu können, benötigen wir Zugang zu Doktorand*innen und Diplomand*innen. Strategisches Ziel ist es, in den nächsten Jahren dafür eine gemeinsame Informatik-Professur möglichst an der TU Dresden zu etablieren.

Vernetzung und Internationalisierung

Die Zentralabteilung konnte in den letzten Jahren durch die intensive Vernetzung mit Partnern in der Region, in der Helmholtz-Gemeinschaft sowie auf nationaler und internationaler Ebene zu einem sichtbaren und erfolgreichen Mitglied der Data Science Community werden.

- Im HZDR selbst erfolgt die Vernetzung über die IT-Kommission, die HZDR-Arbeitsgruppe Digitalisierung sowie die Beamline und Data Scientists in den Instituten. Im Zuge der digitalen Transformation sind wir in die konzeptionelle Arbeit aller Forschungsbereiche am Zentrum eingebunden und vertreten diese in den Gremien und Task-Forces der Helmholtz-Gemeinschaft.
- Entsprechend der HZDR-Leitlinien ist die TU Dresden unser wichtigster Forschungspartner zur Weiterentwicklung der Methodenkompetenz. Im Rahmen des regionalen Zentrums für KI namens SCADS.AI ist das HZDR bereits fester Partner. Gemeinsam können Aktivitäten und Ressourcen für das Exascale Computing entwickelt werden.
- In der Helmholtz-Gemeinschaft sind wir eine treibende Kraft des Inkubators Information and Data Science und haben gemeinsam mit DESY und HZB die Verantwortung zum zentralen Aufbau der Plattform Helmholtz Federated IT Services (HIFIS) sowie für das Consulting für den Forschungsbereich MATERIE in der Plattform Helmholtz.AI. Dadurch kann das HZDR zusätzliche Mittel einsetzen, um die eigene Forschung, aber auch die Forschungsbereiche zu unterstützen. Gleichzeitig verbessern diese Aktivitäten die Vernetzung und Kollaboration. Eine zentrale Herausforderung ist die nachhaltige Entwicklung von Forschungssoftware unter Einbeziehung

der Erfahrungen und Kompetenzen anderer Helmholtz-Zentren wie etwa dem DLR.

- International sind wir in mehreren EU-Projekten (CALIPSOplus, ExPaNDS, LEAPS-Innov) und der European Open Science Cloud (EOSC) aktiv und unterstützen die Institute bei entsprechenden Aktivitäten. Auf nationaler Ebene erfolgt die Arbeit u. a. in der Allianz der Wissenschaftsorganisationen und der Nationalen Forschungsdaten-Initiative (NFDI).
- Wir sind in vielfältigen Gremien vertreten, so u. a. in den Steering Boards der Inkubator-Plattformen und verschiedener EU-Projekte, in der Ausbildung über „The Carpentries“ und in der Standardisierung (OpenACC, SPEC).

Maßnahmen:

- Eine noch engere Kooperation mit der TU Dresden ist von strategischer Bedeutung und soll mit einer gemeinsamen Professur ausgebaut werden.
- Wichtig für die nächsten Jahre ist die weitere Stärkung gemeinsamer Aktivitäten mit CASUS und der Abteilung für Theoretische Physik am HZDR.
- Gemeinsam mit den Instituten müssen die Profile des Data Scientists und des Research Software Engineers als Schlüsselfiguren einer erfolgreichen Forschung etabliert und z. B. durch Nachwuchsgewinnung über die Professur mit hochqualifizierten Personen besetzt werden.
- Die Finanzierung der Helmholtz-Plattformen über den geplanten Zeithorizont 2023 hinaus ist von grundlegender Bedeutung für die Abteilung Computational Science und die digitale Transformation in der Helmholtz-Gemeinschaft.

Digitalisierung

Die Digitalisierung der Prozesse betreffen Forschung und Administration in gleichem Maße. Wir sind selbst Betreiber vieler Anwendungen, aber gleichzeitig auch Koordinator weiterer Lösungen und müssen die Prozesseigentümer befähigen und unterstützen, diese aktiv umzusetzen. Ein Ziel der digitalen Transformation ist der schrittweise Übergang zu cloudbasierten, skalierbaren Diensten, welche die Forschungs-Communities gemeinsam entwickeln und betreiben können. Dabei muss die digitale Souveränität gewahrt bleiben. Self-Service und Mandantenfähigkeit sind wichtige Randbedingungen. Die angebotenen Dienste werden nach modernen, kundenorientierten IT-Service-Management-Verfahren betrieben. Um die digitale Trans-

formation effektiv voranzubringen, wurde im Februar 2021 eine koordinierende wissenschaftliche Arbeitsgruppe Digitalisierung am HZDR berufen.

Die Zentralabteilung ist in diesem Handlungsfeld auf vielen Ebenen aktiv, u. a.:

- im Helmholtz Inkubator Information and Data Science, u. a. in der Umsetzung mit Helmholtz.AI und HIFIS
- in den Task Forces der Forschungsbereiche zur Helmholtz-Digitalisierungsstrategie
- in den Projekten zur Realisierung der Transformation des Portfolios der kaufmännischen Anwendungen zu einer Cloud-Architektur gem. SAP S/4 HANA (Programm Administration 4.0)

- in den Projekten und Arbeitsgruppen zu European Open Science Cloud (EOSC) und Nationalen Forschungsdaten-Initiative (NFDI)
- mit der Schaffung von Technologien, Training- und Supportangeboten für eine professionelle Software-Entwicklung
- in den Gremien zur Erstellung und Umsetzung von Regelungen zu Open Science und zur Definition von Indikatoren zur Messung und Motivation des Erfolgs
- in der Bibliothek, die zur Zentralabteilung gehört, wird der digitale Transformationsprozess schon einige Jahre gelebt und mit neuen, digitalen Arbeitsgebieten weiterentwickelt

Die digitale Transformation erfordert nachhaltige Software-Entwicklung in allen Bereichen, diese ist gleichzeitig unverzichtbarer Bestandteil des wissen-

schaftlichen Erkenntnisprozesses und wichtiger Teil guter wissenschaftlicher Praxis. Wir verfolgen die Etablierung einheitlicher Regularien (Data und Software Policy) und entwickeln Leitlinien und Werkzeuge zur Umsetzung. Das Thema Open Source wird besonders unterstützt.

Die Umsetzung der digitalen Transformation bindet erhebliche Ressourcen auf Seiten der Prozess-Eigentümer und der unterstützenden IT. Vor allem die Verfügbarkeit von Power-Usern in den Fachabteilungen, sowohl im administrativen als auch im wissenschaftlichen Bereich, war bisher ein blockierender Faktor für die Umsetzung. Weder für Fachabteilungen noch für IT-Expert*innen können größere Transformationsprojekte „nebenbei“ umgesetzt werden – und auch ein nachhaltiger Wissenstransfer ist Voraussetzung für den Erfolg.

Instrumente und Maßnahmen zur Strategieumsetzung

Mit der Gründung der Zentralabteilung wurden wichtige Strukturen für die bessere Unterstützung der Forschung und für den Betrieb der Großgeräte geschaffen. Die Rahmenbedingungen dafür waren:

- Schaffung eines forschungsnahen Bereichs Computational Science
- Integration der wissenschaftlichen Bibliothek und deren Transformation zum Dienstleister für digitale Informationsbeschaffung und sämtliche Publikationen inkl. Daten und Software
- Stärkung des HPC mit der Entscheidung für ein neues Hochleistungsrechenzentrum, welches 2024 in Betrieb gehen soll
- Trennung und stärkere Fokussierung der Anwendungsentwicklung und des IT-Nutzerservice
- (Re-)Integration der administrativen IT zur gemeinsamen Bewältigung der digitalen Transformation

Im Rahmen dieser Strukturen ist die Zentralabteilung mit neuen Aufgaben deutlich gewachsen und näher an Kernprozesse der Forschung und Verwaltung gerückt. Der mit externen und internen Expert*innen besetzte, wissenschaftliche IT-Beirat hat diese Entwicklung von Anfang an unterstützt. Begleitet wurde das durch Instrumente wie den Doktorandenaustausch und verschiedene Bottom-Up-Initiativen, u. a. zu den Themen Grafikkarten-Computing (GPU), ML, Laborbuch und Software-Entwicklung. Vor allem durch die notwendige, umfassende Digitalisierung aller Prozesse ist das Talentmanagement und die Bereitstellung der Ressourcen eine große Herausforderung.

Maßnahmen:

- Von strategischer Bedeutung ist das Gewinnen und Halten von Data-Science/KI-Expert*innen auf dem sehr umkämpften Markt. Dafür ist die Möglichkeit der eigenen Doktorand*innen-Ausbildung eine wichtige Komponente. Eine Data-Science-Graduiertenschule in der Region mit starker HZDR-Beteiligung würde den Zugang zu Nachwuchswissenschaftler*innen erweitern und einen besseren Data-Science-Einstieg für Doktorand*innen am HZDR ermöglichen.
- Mit dem Bau des neuen Data Centers werden die Voraussetzungen für den Aufbau innovativer HPC-Lösungen geschaffen, wobei die Aspekte der nachhaltigen Energieversorgung beachtet werden. Dazu wird eine HPC-Strategie entwickelt. Das HZDR ist führend beim Thema GPU-Computing und bei der Entwicklung von Bibliotheken für heterogene Hardware-Plattformen (Bsp. ALPAKA). Die große Nutzerbasis am HZDR (mit Nutzer*innen am Helmholtz-Institut Jena und am HZB) trägt zur Vorreiterrolle in der Anwendung massiver Parallelisierung bei. Spezialisierte Hardware für Neuromorphic Computing oder Quantum Computing steht zunächst noch nicht im Fokus der Strategie, jedoch deren Simulation und Anwendung.
- Für die Realisierung einer FAIR-Data-Strategie sollten dafür in den Instituten und an den Großgeräten Data Scientists benannt werden, die als zentrale Ansprechpersonen und Treiber der Digitalisierung zur Verfügung stehen. Die Gründung der wissenschaftlichen Arbeitsgruppe Digitalisierung mit hervor-

genden Expert*innen des HZDR war ein wichtiger Schritt.

- Die wissenschaftliche Software-Entwicklung als Innovationsmotor für die Forschung in den Instituten benötigt eine nachhaltige Verankerung in den Planungen. Es wird dafür die Beschäftigung wissenschaftlicher Software-Entwickler*innen (RSE) als „Infrastruktur“ in den Instituten empfohlen, die gleichzeitig als zentrale Ansprechpersonen für

dieses Thema fungieren. Größere Projekte werden dabei in der jeweiligen Forschungs-Community umgesetzt – wie die Gruppe „Advanced Modelling of Multiphase Flows“ im Institut für Fluidodynamik oder die Gruppe „Artificial Intelligence for the Future Photon Science“ im Institut für Strahlenphysik.

- Der Transfer der Ergebnisse, vor allem von (Open-Source-)Software, ist ein integrativer Bestandteil dieser Entwicklungsaktivitäten.

Zusammenfassung

Die Zentralabteilung Informationsdienste und Computing schafft optimale Rahmenbedingungen für die Forschung sowie den Betrieb der Großgeräte an den Standorten des HZDR und sichert die Integrität, Vertraulichkeit und Verfügbarkeit von Daten, Software und IT-Diensten. Sie ist Motor der Aktivitäten im Handlungsfeld Digitalisierung.

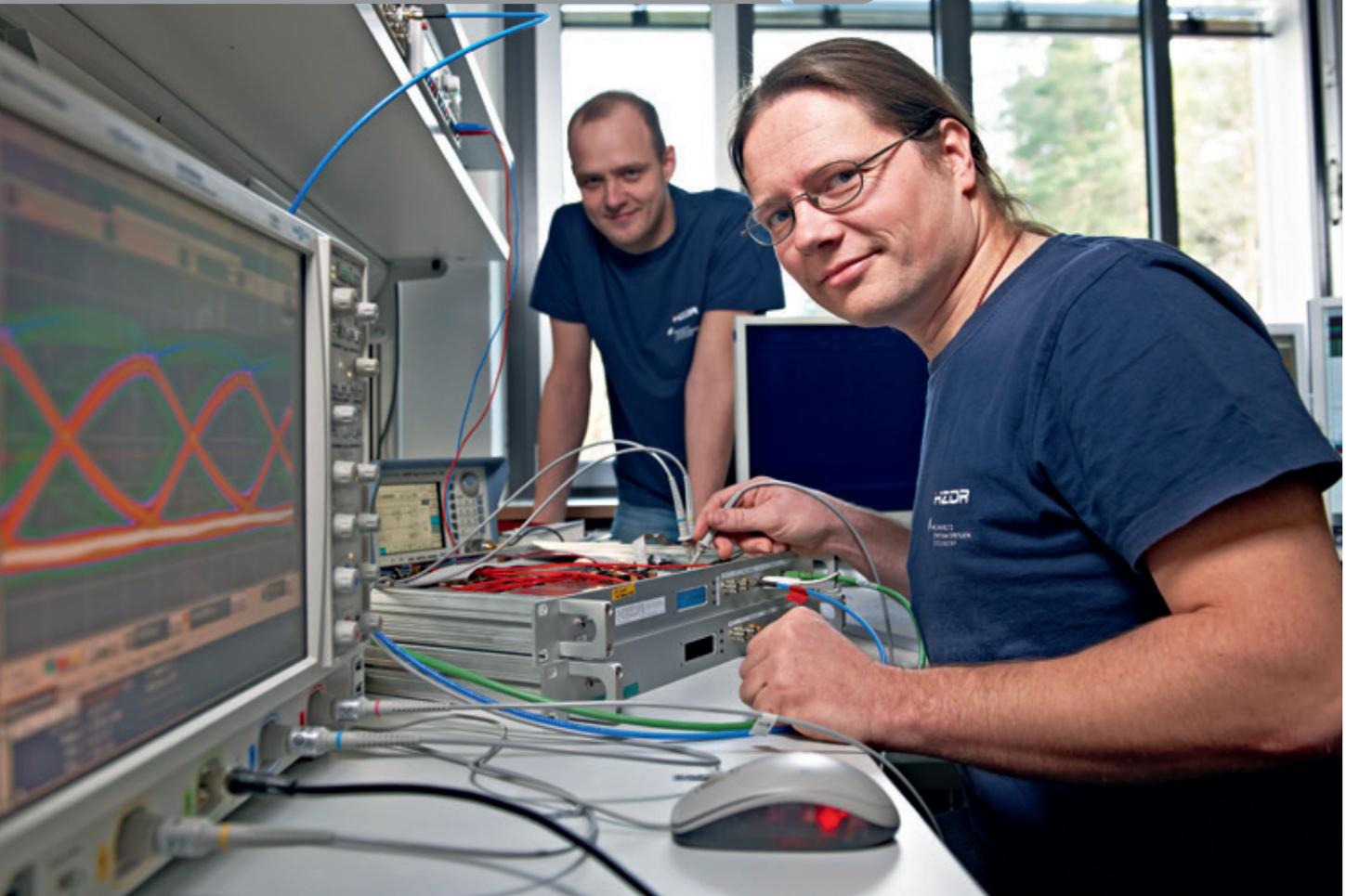
Strategische Schwerpunkte:

- Aufbau und Betrieb innovativer Lösungen für das High Performance Computing und für Datennetze auf Basis einer neuen Computing-Strategie
- Entwicklung von Lösungen der angewandten Mathematik und Künstlichen Intelligenz für die Simulation und Analyse, für das Management von Daten sowie die Entwicklung von Forschungssoftware
- Bereitstellung von Software und Workflows zur optimalen Nutzung von Rechen- und Speicherressourcen für Anwendungen der Forschung und Administration
- Unterstützung der Forscher*innen, um Publikationen, Forschungsdaten und -software nach dem FAIR-Prinzip zu entwickeln und zu publizieren

Auswahl der geplanten Maßnahmen:

- Bau eines nachhaltigen Rechenzentrums am Standort Dresden-Rossendorf
- Ausbau digitaler (Cloud-)Plattformen für die wissenschaftliche Arbeit am HZDR und im Rahmen der Inkubator-Plattformen (HIFIS und Helmholtz.AI)
- Stärkung der Methodenentwicklung durch verstärkte Zusammenarbeit und Etablierung einer Informatik-Professur an einer Partner-Universität (vorzugsweise TU Dresden)
- Schaffung moderner, nahtloser digitaler Anwendungen und Workflows für die administrativen Prozesse durch Umsetzung des Programms Administration 4.0
- die Bibliothek wird zum Kompetenzzentrum für Metadaten entwickelt
- Verbesserung der Vernetzung und der Aktivitäten zur Rekrutierung von wissenschaftlich-technischem Personal und Expert*innen im Umfeld SAP

Zentralabteilung Forschungstechnik



Entwicklungen in der elektronischen Messtechnik werden von allen Instituten des HZDR stark nachgefragt, ebenso wie die Expertise der Forschungstechniker*innen auf den Gebieten Instrumentierung, Konstruktion und mechanische Fertigung.

Mission

Kernaufgabe der Zentralabteilung Forschungstechnik ist die Errichtung und Weiterentwicklung spezialisierter Experimental-ausrüstung für die Großgeräte des HZDR. Hochmoderne Forschungsinfrastrukturen verdanken ihre Leistungsfähigkeit oft komplexen Komponenten oder Systemen. Bei deren Bau verstehen wir uns als Dienstleister und Entwicklungspartner für die HZDR-Institute. Exzellente Forschung, insbesondere an LK-II-Infrastrukturen, braucht eine performante, robuste und nachhaltig entwickelte Technik. Handlungsmaxime der Forschungstechnik sind daher Professionalität, Effizienz und Transparenz. Die dazu erforderliche Expertise entwickeln und bauen wir kontinuierlich auf Technologie- und Prozessebene aus.

Unsere Projektinhalte variieren in verschiedener Hinsicht (siehe Abbildung 54):

- Detaillierungsgrad: Beratung bis Realisierung
- Gewerke: Mechanik, Elektronik, Firmware und Software
- Organisation: technische Unterstützung bis Projektleitung
- Verantwortung: Fertigungsdienstleistung bis zur kompletten Experimentieranlage
- Lebenszyklus: konzeptionelle Untersuchungen bis zur Produktpflege

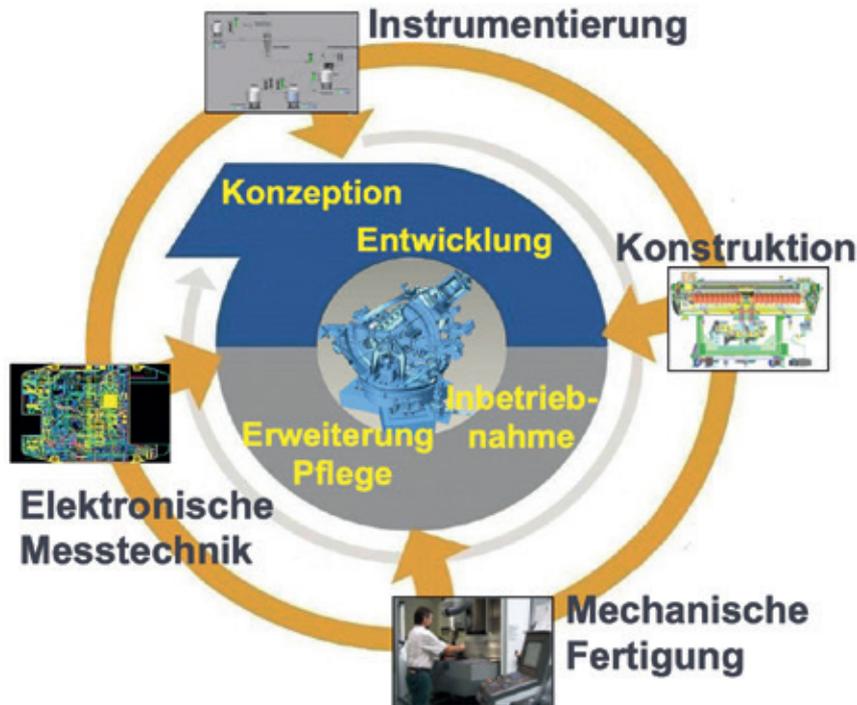


Abb. 54: Entwicklung von Experimentalausrüstung

Geräte- und Anlagenentwicklungen unterliegen gesetzlichen Anforderungen zur Produktsicherheit, die einzelfallbezogen und pragmatisch abzusichern sind und deren Erfüllung zu dokumentieren ist. Bei eigenen Leistungen erstellen wir die erforderlichen Dokumente wie Risikobeurteilungen und EG-Konformitätserklärungen oder Einbauerklärungen. Unser CE-Koordinator begleitet diesen Dokumentationsprozess. Bei Bedarf (beispielsweise für den Technologietransfer) werden Kunden mit entsprechenden Dienstleistungen unterstützt.

Darüber hinaus stellen wir verschiedene CAD-Werkzeuge (Computer Aided Design) für die mechanische Konstruktion, mechanische Fertigung (inklusive CAM: Computer Aided Manufacturing), Elektroplanung oder den Leiterkartenentwurf bereit. Beim Einsatz dieser Werkzeuge leisten wir Support für Anwender*innen im HZDR.

Im Bereich der Entwicklungs- und Fertigungsprozesse etablieren wir innovative Methoden und Engineering-Workflows zur Optimierung der Projektarbeit und planen, diese im HZDR zur Verfügung zu stellen.

Technologisches Portfolio, Organisation sowie deren Weiterentwicklung

Die multiprogrammatische Aufstellung des Zentrums führt zu heterogenen Anforderungen an den wissenschaftlichen Gerätebau. Für uns haben sich folgende technische und organisatorische Schwerpunkte etabliert, in denen dauerhaft ein hohes Kompetenzniveau benötigt wird:

- Engineering-Methoden (Mechanik, Elektronik, Firm- und Software)
- technische Ausrüstung, insbesondere Fertigungsanlagen und Messtechnik
- Einsatz digitaler Entwurfs-, Qualitätssicherungs- und Fertigungsworkflows
- gewerkeübergreifendes, nachhaltiges Produktdatenmanagement
- Projektmanagement für Produktentwicklungen

In diesen Bereichen werden digitale Werkzeuge und Systeme zunächst im Entwurfs- und Fertigungsprozess genutzt. In vielen Fällen sind programmierbare intelligente Systeme zudem fester Bestandteil der entwickelten Produkte. Die Digitalisierungsstrategie tangiert daher beide Bereiche und fördert das Bestreben, Bereiche hoher Anwendungsrelevanz zu systemfähigen Komponenten und letztlich zu Gesamtlösungen auszubauen. Herausforderungen im wissenschaftlichen Gerätebau sind teilweise nur durch ineinandergreifende Modellierung, Simulation und experimentelle Verifizierung auf Komponenten- und Systemebene lösbar. Dies ist auf einem Niveau zu leisten, das die Anforderungen von LK-II-Geräten erfüllt.

Die Forderung nach hoher Agilität in Kombination mit einer wachsenden Komplexität und Vielfalt der Entwicklungswerkzeuge sowie begrenzten Ressourcen beschränkt sich nicht auf die Forschungstechnik; macht aber hier einen Fokussierungs- und Vernetzungsprozess erforderlich, der 2019 eingeleitet wurde. Damit gewinnt die Definition digitaler Plattformen unter Einhaltung von Systemschnittstellen für die Geräte- und Kontrollsystem-Entwicklung stark an Bedeutung.

Zur Gewährleistung einer nachhaltigen Entwicklung haben wir 2020 Workflows zur Sicherung wichtiger Arbeitsergebnisse definiert und 2021 in wichtigen Bereichen umgesetzt. Gerade in den vergangenen Jahren wurden diese Aktivitäten auf neue Technologien erweitert, sodass heute für unterschiedlichste Geräteentwicklungen praktische Erfahrungen in der gewerkeübergreifenden Digitalisierung von Designdaten vorliegen. Eine Steigerung der Digitalisierungsabdeckung erscheint zur Effizienzsteigerung sinnvoll.

Perspektivisch können Entwicklergruppen in den HZDR-Instituten von unseren Erfahrungen in Entwicklungs- und Fertigungsworkflows profitieren. Insbesondere für komplexe Implementierungstechnologien mit längeren Iterationszyklen, wie Elektronik- und FPGA-Entwicklung (Field Programmable Gate Array), erscheint es sinnvoll, die Forschungstechnik als zentralen Partner zu positionieren. Dies stärkt die Nachhaltigkeit von Entwicklungen in der Projektabschlussphase durch konsequente Archivierung der Designdaten und Dokumentation der Gerätesicherheit. In Bereichen, die durch Elektronik und Software geprägt sind, hätte die Kooperation im Rahmen von Technologieplattformen das Potenzial, auf Helmholtz-Ebene auszustrahlen.

Eine ähnliche Konstellation liegt bei der Erschließung neuer Fertigungstechnologien vor. Hier soll die Bildung einer Werkstatt-Kommission einen Rahmen zur Koordination von Themen aus dem Bereich der mechanischen Fertigung schaffen.

Organisation/Projektbearbeitung

Die Zusammenarbeit mit der Forschungstechnik ist durch die Bearbeitung von Projekten geprägt. Hierbei stimmen die Kund*innen mit uns Arbeitspakete ab, die vor der operativen Bearbeitung den in Abbildung 55 dargestellten Genehmigungsprozess durchlaufen müssen, um einen Abgleich der Spezifikation und unseren Möglichkeiten sicherzustellen¹⁷. Die Priorisierung der Aufgaben findet nicht in der Forschungs-

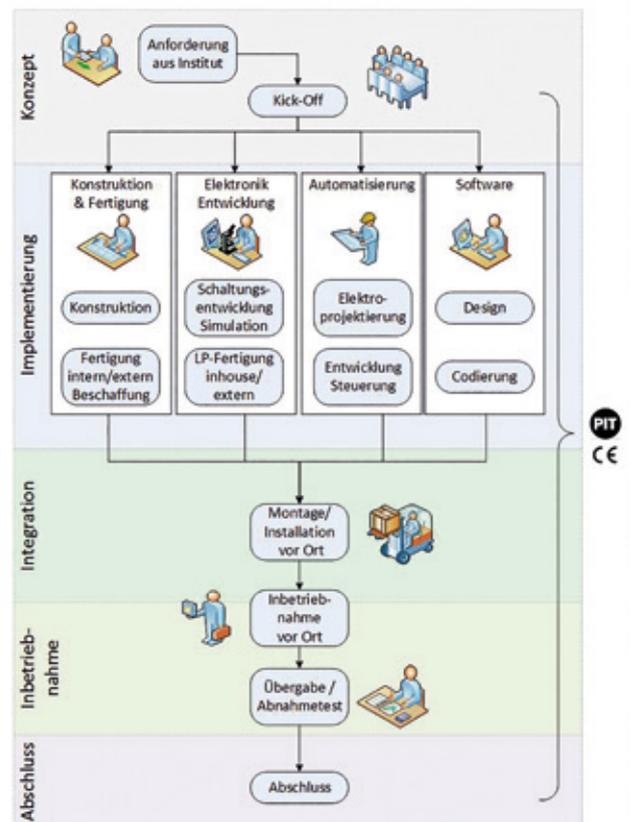


Abb. 55: Projektbearbeitung in der Zentralabteilung Forschungstechnik

technik statt. Anfragen mit einem Aufwand über 50 T€ werden durch den Vorstand freigegeben.

Begründet durch limitierte Ressourcen, begrenzte Entwicklungsgeschwindigkeit sowie der Forderung nach Effizienz kann die Forschungstechnik nicht für alle Kundenwünsche die notwendigen Ressourcen bezüglich Know-how oder Ausstattung bereitstellen bzw. aufbauen.

Eine zuverlässige rollierende Kapazitätsplanung ist mit erheblichem Aufwand verbunden, daher erfolgt die wöchentliche Projektsteuerung durch das Leitungsteam der Forschungstechnik unter Identifikation des Veränderungsbedarfes und der aktuellen Ressourcensituation sowie der Situation in Konfliktprojekten. Zur Vermeidung ungeplanter Aktivitätsspitzen ist eine stärkere Einbindung der Forschungstechnik in PoF-Aktivitäten und Drittmittelanträge sowie eine Priorisierung aller Aktivitäten sinnvoll. Hier sind wir noch unzureichend mit den wissenschaftlichen Kernprozessen verzahnt. Jährliche Planungsgespräche können Risiken zwar nicht vermeiden, bieten jedoch eine verbesserte Realisierungssicherheit.

¹⁷ Entwicklung wissenschaftlicher Geräte durch die Zentralabteilung Forschungstechnik, HZDR-Anweisung M111, 2018

Technologietransfer

Aufgrund einer hohen Auslastung durch die Institute bis Ende 2022 sind wir am Technologietransfer nur schwach beteiligt. Die bisher etablierte Zusammenarbeit erfolgt auf verschiedenen Ebenen und birgt durch die technische Bandbreite und die Erfahrung der Forschungstechnik im Bereich der Serienentwicklung ein hohes Potenzial:

- fachliche Ergänzung institutsbasierter Transferaktivitäten
 - Lieferung von Technologiebausteinen
 - Prüfung von Produkten
 - Unterstützung bei CE-Konformitätserklärungen
- Transfer von Entwicklungen der Forschungstechnik
- Patentieren von Erfindungen

Wir beabsichtigen, den Technologietransfer künftig stärker zu unterstützen. Kompetente fachliche Bearbeitung und Nutzung etablierter Werkzeuge und Workflows sind dazu geeignet, Abläufe zu optimieren und nachhaltig ein hohes Qualitätsniveau sicherzustellen.

- Steigerung der Erfindungsmeldungen und stärkere Verwertung von Entwicklungen durch Einbezug in den Projektbearbeitungsprozess
- Bereitstellung von Werkzeugen, Bibliotheken und Workflows
- Kompetenz-Ergänzung wissenschaftlicher Gruppen bei frühzeitiger Abstimmung mit der HZDR Innovation GmbH
- Bei Geräteentwicklungen für Institute, die Kandidaten für eine Vermarktung sind, gilt es, geeignete Kooperationsmodelle zu definieren. Wichtige Voraussetzung hierfür ist die Klärung der Verrechnung von Leistungen und der Verfügbarkeit bzw. Bereitstellung personeller Ressourcen oder Bibliotheken. Eine denkbare Variante ist die fachliche Einbindung von Mitarbeiter*innen der HZDR Innovation GmbH in die Strukturen der Forschungstechnik.

Vernetzung

Durch Lehrveranstaltungen ist die Forschungstechnik sehr intensiv mit der HTW Dresden verbunden. Hiervon profitieren Rekrutierungsmaßnahmen für Ingenieur*innen in starkem Maße. Darüber hinaus wird angestrebt, zentrale Entwicklungsfelder im Technologieportfolio durch Vernetzung zu stärken. Verbindungen in der Helmholtz-Gemeinschaft, zu weiteren deutschen Hochschulen sowie den lokalen Dresdner Leibniz-Instituten bilden eine Ausgangsbasis hierfür. In der PoF-III konnten wir durch Leitung des Arbeitspaketes „Intelligent Programmable Electronics“ ebenfalls fruchtbare Verbindungen herstellen, die weiter inten-

siviert werden sollen. Gerade hier entsteht durch die zunehmende Vernetzung des HZDR die Möglichkeit, wissenschaftliche Ausrüstung an verschiedenen Standorten in unterschiedlichen Experimentierumgebungen zu nutzen.

- Entwicklung komplexer und aufwendiger Technologien gemeinsam mit Partnern
- Vernetzung und verbesserte Sichtbarkeit als wichtige Faktoren für die Gewinnung kompetenten Personals – mit deutlichem Handlungsbedarf v.a. bei der Rekrutierung wissenschaftlicher Mitarbeiter*innen

Instrumente und Maßnahmen zur Strategieumsetzung

Die aktuellen Diskussionen zur Großprojekte-Roadmap und zur Digitalisierungsstrategie des HZDR bestätigen diese Ausrichtung, da sie zeigen, dass eine Forschungstechnik mit guter interner Organisation und hoher fachlicher Qualifikation die Institute bei der Bewältigung wissenschaftlicher Herausforderungen auch künftig in starkem Maße unterstützen kann. Eine erste Stufe des erforderlichen Kompetenzaufbaus innerhalb der Forschungstechnik ist durch Fokussierung und Stärkung der internen Vernetzung möglich. Aktivitäten zur Verlagerung von fertigungsnahen Aufgaben hin zu

Entwicklertätigkeiten müssen diesen Prozess begleiten. Zur Vorbereitung der strategischen Ausrichtung haben wir unterstützende Maßnahmen identifiziert, die sich bis Ende 2022 innerhalb der Forschungstechnik bearbeiten lassen:

- Erarbeitung einer Roadmap für digitale Plattformen und Systeme
- Positionierung der Fertigungstechnologien (Mechanik, Elektrik, Elektronik)
- Stärkung der externen Vergabe elektrischer Fertigungsdienstleistungen

- Erweiterung des Angebots im Bereich von Methoden und Workflows zur Geräteentwicklung
 - Sicherung der Prozesse zur Einhaltung der Produktkonformität
 - Unterstützung des Elektronik-CAD-Werkzeugs Altium
- Schließen der Lücken im Engineering-Workflow
- Implementierung einer HZDR-Werkstattkommission zur strategischen Steuerung folgender Aspekte
 - Entwicklung mechanischer Fertigungstechnologien
 - Implementierung von CAD-/CAM-Workflows
 - Weiterbildung zu CAD-/CAM-Werkzeugen
 - Organisation der mechanischen Auftragsbearbeitung

Letztlich bedarf das Erreichen der strategischen Ziele zusätzlicher Maßnahmen, die sich nur in Zusammenarbeit mit anderen Organisationseinheiten realisieren lassen. Um diese komplexen Themen dauerhaft adäquat bearbeiten zu können, ist der Zugang zu qualifiziertem Personal, insbesondere an Promotionen und Diplomarbeiten, unverzichtbar. Eine Einbindung in die PoF-Planung würde die Projektarbeit technologisch und personell stärken.

- Stärkung des Engineering-Anteils im wissenschaftlich-technischen Aufgabenspektrum, ggf. flankiert durch Betreuung gemeinsamer Dissertationen mit Instituten
- Stärkung des Technologietransfers durch geeignete Kooperationsmodelle
- Etablieren von Abstimmungsgesprächen mit den Zentralabteilungen und Instituten (technische Koordination, Einbindung in PoF-Aktivitäten und Drittmittelprojekte)
- Stärkung der internen Ausbildung zur Gewinnung qualifizierter Facharbeiter*innen und BA-Ingenieur*innen
- Neubesetzung der Abteilungsleitungen für Elektronische Messtechnik und Mechanische Konstruktion bis Mitte 2022
- Die gemeinsame Betreuung von Doktorand*innen gerade in Verbindung mit PoF-orientierten Aktivitäten soll die Verbindung mit den wissenschaftlichen Prozessen verbessern und einen nachhaltigen Kompetenzaufbau und -erhalt unterstützen
- Stärkung der Vernetzung (Helmholtz, Hochschulen und Universitäten)



Mitarbeiterin der Abteilung Instrumentierung im ELBE-Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen

Digitalisierung

Die Digitalisierung von Forschungsinfrastrukturen gehört zu unseren Kernaufgaben. Im Zuge der digitalen Transformation fällt uns darüber hinaus die Aufgabe zu, auch die daran anschließenden Digitalisierungsprozesse zu unterstützen. Die dabei betrachteten Datenworkflows erstrecken sich typischerweise von der Konfiguration der Datenerfassung bis zu Labor-Management-Systemen (LIMS). Wir arbeiten in der HZDR-Arbeitsgruppe Digitalisierung mit und haben bereits erste Ansätze implementiert, um eine Integrationsfähigkeit der eigenen Systeme vorzubereiten.

Der wissenschaftliche Erkenntnisprozess erzeugt bisweilen Paradigmenwechsel, die bis in die elektronische Hardware der Datenerfassung zurückwirken können. Leistungsfähige, erweiterbare Plattformen mit klar definierten Schnittstellen weisen bei solchen Paradigmenwechseln oder beim Betrieb an externen Einrichtungen klare Vorteile gegenüber Ad-hoc-Entwicklungen auf. Wir entwickeln daher Plattformen zur Digitalisierung experimenteller Infrastrukturen, die auf Modularität und Skalierbarkeit ausgerichtet sind und in denen digitale Datenworkflows durch System-schnittstellen unterstützt werden.

Der Einsatz digitaler Werkzeuge ist fester Bestandteil der Entwicklungs- und Fertigungsprozesse. Daher hat die digitale Transformation in der Forschungstechnik

das Potenzial zur Effizienzsteigerung und Befähigung zu kollaborativen, institutsübergreifenden Entwicklungen. Ziel ist eine stärkere IT-Unterstützung in den Workflows und die Stärkung unserer Supportleistungen für Geräteentwicklungen in den Instituten. Designwerkzeuge für den wissenschaftlichen Gerätebau führen in der Regel zu Workflows hoher Komplexität, die kontinuierlich weiterzuentwickeln sind. Hierzu planen wir, Leitlinien zu erarbeiten, die das Portfolio der unterstützten Plattformen methodisch ergänzen. Durch Schaffung von Serviceangeboten für diese Designmethoden lassen sich Geräteentwicklungen im HZDR professionalisieren. Entscheidend ist dabei die Akzeptanz der dezentralen Entwicklergruppen.

Die Realisierung der digitalen Transformation erfordert erhebliche personelle Ressourcen. Eine Stärkung der Vernetzung in Verbindung mit einem verbesserten Zugang zu Doktorand*innen und Diplomand*innen kann dies massiv unterstützen.

- Ausbau von DAQ-Systemen zur Integration in Labormanagement-Systeme
- Entwicklung digitaler Plattformen für typische Geräteentwicklungen
- Ausbau der geschaffenen Workflows für instituts-übergreifende Entwicklungen
- Schaffung von Angeboten für Training und Support bei der Geräteentwicklung

Zusammenfassung

Die Zentralabteilung Forschungstechnik ist zentraler Partner bei der Errichtung von hochmodernen Forschungsinfrastrukturen und von HZDR-Zukunftsprojekten.

Strategische Schwerpunkte:

- Erhalt und Ausbau der Kompetenz zur Errichtung und Erweiterung von Experimentalausrüstung für die Großgeräte des HZDR. Dies bedingt Professionalität in den Bereichen:
 - Technologie (Software, Elektronik, mechanische Konstruktion, Fertigung)
 - Entwicklungsmethoden
 - Projektmanagement
- Einbinden dezentraler Entwicklergruppen im HZDR
- Intensivierung des Technologietransfers

Maßnahmen:

- Definition digitaler Plattformen
- Stärkung der Methodenentwicklung
- Etablieren durchgängiger digitaler Entwicklungs-Workflows
- Etablieren einer Werkstattkommission am HZDR
- Einbindung der Forschungstechnik in die PoF-Planung zur Verbesserung der Projektkoordination
- Definition geeigneter Kooperationsmodelle für den Technologietransfer
- Verbesserung der Vernetzung zur Rekrutierung wissenschaftlichen Personals und zur gemeinsamen Entwicklung von Plattformen

8. Kaufmännischer Geschäftsbereich

Mission

Damit das Zentrum Spitzenforschung zur Lösung der großen Herausforderungen unserer Zeit betreiben kann, ist es auf eine reibungslos funktionierende Administration ebenso angewiesen wie auf herausragende Infrastrukturen, die Spitzenforscher*innen aus aller Welt anziehen. Der wirtschaftliche und nachhaltige Ausbau von (Forschungs-)Infrastrukturen sowie die administrativen Prozesse am HZDR liegen in der Verantwortung des Kaufmännischen Geschäftsbereichs (GB), zu dem die Verwaltungsabteilungen Personal, Finanzen, Finanzcontrolling und Drittmittel sowie Vergabe- und Beschaffungswesen ebenso gehören wie die Zentralabteilung Technischer Service.

Der Kaufmännische Geschäftsbereich hat sich zur Aufgabe und zum Ziel gesetzt, durch die optimale Gestaltung aller die Administration und Infrastruktur betreffenden Prozesse Forschung auf höchstem Niveau sowie

den Transfer der Ergebnisse in die Gesellschaft langfristig zu ermöglichen. Kernpunkt ist die ideale Verzahnung von Anforderungen zur bestmöglichen Unterstützung wissenschaftlicher Exzellenz bei Einhaltung aller gesetzlichen Anforderungen und Rahmenbedingungen. Die Anforderungen der externen Partner und Stakeholder sind dabei jeweils zu berücksichtigen.

Im Mittelpunkt sämtlicher Prozesse steht ein kundenorientierter Service, der über die reine Bearbeitung von Anforderungen hinausgeht. Vielmehr sollen abteilungs- und bereichsübergreifend Angebote bereitgestellt werden, die allen Beschäftigten am HZDR ein produktives sowie kreatives Arbeiten ermöglichen und sie in ihrer Entwicklung fördern. Ein besonderer Fokus liegt auf Verständlichkeit, Transparenz, Lösungsorientierung und Nachhaltigkeit.

Ziele

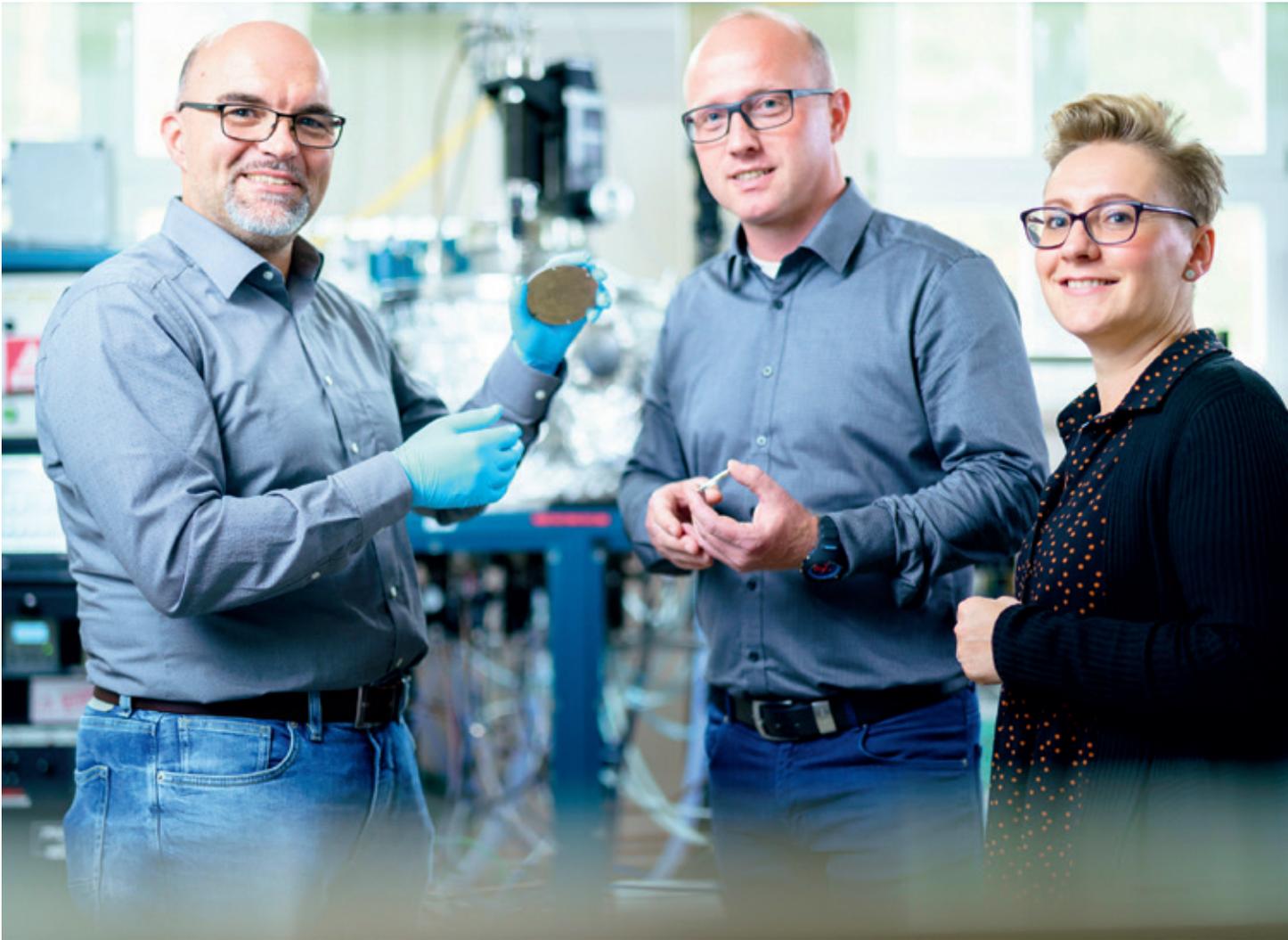
Die strategischen Ziele des Kaufmännischen Geschäftsbereichs stehen im Einklang mit der Vision des HZDR. So sind Spitzenforschung, Diversität und digitaler Wandel auch in administrativen und infrastrukturellen Fragen auf **transparente, nachvollziehbare sowie zielgerichtete Prozesse** angewiesen. Deshalb streben wir deren kontinuierliche Weiterentwicklung an. Es gilt, Aufgabenzuordnungen weiter zu schärfen, damit Zuständigkeiten und Ansprechpartner*innen klar definiert sind. Darüber hinaus sind fachliche Fokussierung und Nutzerorientierung zu gewährleisten. Gleichzeitig wollen wir die interdisziplinäre Zusammenarbeit stärken, um gemeinsame Lösungen für eine effiziente Realisierung von Infrastruktur- und die Wissenschaft unterstützenden Projekten zu entwickeln.

Eine anwender- und kundenorientierte Begleitung der Forschungstätigkeit ist nur möglich, wenn die unterstützenden Systeme an sich **wandelnde Anforderungen** angepasst werden. Dies reicht von der Digitalisierung analoger Services und Prozesse über die Modernisierung veralteter Systeme bis zur zunehmenden Verknüpfung über Abteilungsgrenzen hinweg. Dabei dürfen nicht nur aktuelle, sondern müssen proaktiv auch zukünftige Anforderungen berücksichtigt werden, bei gleichzeitiger Beachtung von Datenschutz und Cybersicherheit.

Um die **Internationalität und Diversität** des HZDR zu fördern, müssen auch dessen unterstützende Funktionen internationaler werden. Daher werden wir die Mehrsprachigkeit von Mitarbeiter*innen im Kaufmännischen Geschäftsbereich (GB) fördern. Gleichzeitig werden wir Prozessbeschreibungen, Betriebsvereinbarungen, Regelungen und andere Informationen für Beschäftigte in englischer Sprache anbieten.

Um den wissenschaftlichen Bereich bei der Planung und Realisierung von Forschungs- und Technologieprojekten zu unterstützen und zu entlasten, ist eine frühzeitige Einbindung des Kaufmännischen GB notwendig, um lösungsorientiert Angebote und Alternativen erarbeiten zu können. Die kaufmännischen und technischen Abteilungen bringen mit ihrem Fachwissen die wissenschaftlichen Anforderungen in Einklang mit wirtschaftlichen, rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen.

Unser Ziel ist die **Etablierung einer vertrauensvollen Kultur** sowohl innerhalb des Kaufmännischen Geschäftsbereiches als auch geschäftsbereichsübergreifend. Indem wir die Zusammenarbeit fördern, können wir Herausforderungen bei der Realisierung von Projekten und die Erfüllung unterschiedlichster Anforderungen gemeinschaftlich meistern.



Frank Steiniger (Leiter Einkauf) und Cynthia Eißner (Zoll-, Import-/Exportmanagement und Frachtenmanagement) haben den Speichertechnologie-Experten Prof. Olav Hellwig (links) tatkräftig dabei unterstützt, über eine Online-Auktion seine ehemalige Forschungslaboreinrichtung aus dem Silicon-Valley in den USA zu ersteigern. Mit Erfolg!

Das HZDR lebt von seiner multithematischen Forschung über mehrere Standorte hinweg. Unter Berücksichtigung der strategischen wissenschaftlichen Ziele gehen damit auch für den Kaufmännischen Geschäftsbereich Herausforderungen einher. Mit Blick auf ein kollaboratives Arbeitsumfeld ist es uns wichtig, **Akzeptanz zu schaffen**.

Mit dem Ausbau von Angeboten und der Weiterentwicklung von Prozessen wie Mehrsprachigkeit oder digitale Services parallel zum operativen Geschäft wachsen die Anforderungen an unsere Beschäftigten. Daher müssen einerseits effektive Werkzeuge der Personalgewinnung greifen, andererseits sollen bestehende Personalkapazitäten effizienter als bisher genutzt werden.

Aus der dargestellten Mission sowie den Zielen und Herausforderungen lassen sich vier Schwerpunkte für die nächsten Jahre ableiten:

- Weiterentwicklung der Prozesse unter besonderer Berücksichtigung von Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Nachhaltigkeit
- Digitalisierung
- Internationalisierung und Qualifizierung
- frühzeitige Begleitung von wissenschaftlichen Projekten und Themen

Mit welchem Selbstverständnis und welchen Maßnahmen diese Schwerpunkte in den jeweiligen Fachbereichen in den nächsten Jahren umgesetzt werden sollen, wird in den folgenden Kapiteln dargestellt. Das Thema Digitalisierung wird vorangestellt, da unabhängig von den Abteilungszielen eine übergeordnete Modernisierung der eingesetzten IT-Systeme notwendig ist.

Digitalisierung im Kaufmännischen Geschäftsbereich

Das kaufmännische Arbeitsumfeld ist gekennzeichnet durch umfassende, sich stetig wandelnde bzw. erweiternde gesetzliche Rahmenbedingungen und Anforderungen, bei einem gleichzeitig dynamischen Fachkräftemarkt sowie sich ändernden Erwartungen an Arbeitsbedingungen. In Verbindung mit dem Anspruch einer modernen Verwaltung an Prozess-, Kunden- und Serviceorientierung sind Veränderungen in der Arbeitsweise und den Arbeitsabläufen innerhalb des Geschäftsbereichs und darüber hinausgehend zwingend notwendig.

Mit der Initiierung des **Programms Administration 4.0** werden die bestehenden Prozesse und IT-Lösungen in den nächsten Jahren transformiert. Damit sollen für alle Beteiligten durchgehende, nachvollziehbare und transparente Prozesse bereitstehen, die eine vollständig digitale Bearbeitung über Systemgrenzen hinweg gewährleisten.

Ziel ist es, die Forschungstätigkeiten unserer Wissenschaftler*innen durch eine Verbesserung der Prozessqualität und -geschwindigkeit im administrativen Bereich bestmöglich zu unterstützen. Darüber hinaus soll die Komplexität der IT-Landschaft durch eine zielgerichtete IT-Bebauung reduziert werden. Hierfür werden wir vorhandene IT-Lösungen wie SAP ERP zu SAP S/4 HANA strategisch weiterentwickeln und Geschäftsprozesse konsequent abbilden. Dies beinhaltet ebenfalls die Anbindung von weiteren Fachanwendungen an zentrale Basis-Systeme wie das Dokumenten-Management-System. Weiterhin soll durch die Digitalisierung der Geschäftsprozesse ein schnelleres, flexibleres und effizienteres Agieren möglich gemacht werden.

Am HZDR konnten bisher zahlreiche Handlungsfelder identifiziert werden, die in den nächsten Jahren für eine zukunftsfähige Ausrichtung des Geschäftsbereichs einem digitalen Wandel unterliegen müssen. Dieser er-

streckt sich von der Digitalisierung von Workflows und Dokumenten – bspw. Personal- oder Projektakten – bis hin zu einem vollständigen Re-Design von Prozessen.

Es ist absehbar, dass die Durchführung des Programms Administration 4.0 in den nächsten fünf bis sieben Jahren umfangreiche Kapazitäten sowohl in den Fachabteilungen als auch in der IT binden wird und dass zudem umfassende Investitionsmittel benötigt werden.

Entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung ist, neben einer Selbstverpflichtung aller Beteiligten, die konsequente Betrachtung aller bekannten und im Bearbeitungsverlauf neu identifizierten Aufgaben und Anforderungen. Deshalb werden in einer Roadmap sämtliche Projekte und Teilprojekte in plan- und umsetzbare Arbeitspakete strukturiert. Durch Schulungs- und Testphasen für neue Anwendungen und Services stellen wir die erfolgreiche Implementierung sicher.

Mit der Umsetzung des Programms Administration 4.0 sollen im Kaufmännischen Geschäftsbereich die folgenden Ziele erreicht werden:

- Steigerung der Effektivität und verstärkte Konzentration auf strategische Aspekte sowie komplexe fachliche Besonderheiten – durch digitalisierte Prozessabläufe
- Steigerung der Effizienz – durch Eliminierung von Schwachstellen und Engpässen
- Fehlerminimierung – durch Automatisierung von (manuellen) Routinetätigkeiten
- Schaffung von Transparenz hinsichtlich Prozessabläufen, Bearbeitungsständen und Anforderungen
- Datensicherheit und Compliance – durch automatisierte Datenverarbeitung und -speicherung
- Nachhaltigkeit – durch Einsparung von Materialien (u. a. Papier und Müll) und Energie (z. B. durch weniger Transporte und Reisen)
- Steigerung der Agilität

Umsetzung der Ziele in der Administration

Abteilung Personal

Die Abteilung Personal befindet sich seit 2020 in einem generalistischen Change-Prozess, der mehrere Ziele verfolgt:

Die Mitarbeiter*innen der Personalabteilung sind zukünftig für die umfassende Beratung und Betreuung aller Beschäftigten hinsichtlich sämtlicher Personalprozesse zuständig. Dies steht stellvertretend für den Grundsatz, dass Personalarbeit von Personalern ge-

leistet werden muss, nicht von Mitarbeiter*innen der Institute und Zentralabteilungen. Dies betrifft etwa Tätigkeitsbewertungen, Eingruppierungen oder die Beurteilung von Stellen und Rahmenbedingungen im Gesamtkontext des HZDR.

Weiterhin wird eine deutliche Erweiterung des Dienstleistungsangebotes angestrebt, z. B. in Form der aktiven Teilnahme und Unterstützung am Einstellungs-

und On-Boarding-Prozess sowie der umfassenden Beratung entlang des gesamten Berufslebens. Die Personalabteilung wird sich durch aktives, lösungsorientiertes und engagiertes Handeln mit in- und externen Kund*innen auf Augenhöhe auszeichnen. Weitere wesentliche Ziele sind eine spürbare Verkürzung von Bearbeitungszeiten sowie das Vorantreiben der Digitalisierung in allen Prozessen.

Zu diesem Zweck wird das bisher vorhandene System der Personalsachbearbeitung umgewandelt in ein System sogenannter Human-Ressource-Business-Partner (HR-Business-Partner). Diese sind als direkte Ansprechpartner*innen und Betreuer*innen für die Institute vor Ort tätig und werden im Back Office von Sachbearbeiter*innen unterstützt.

Die Personalabteilung wird ihre Arbeit in den nächsten Jahren immer wieder reflektieren und die eigenen Prozesse und Angebote flexibel auf die sich ändernden Anforderungen hin anpassen, also agil agieren. Zu diesem Zweck wird es unterschiedliche, teamübergreifende Aktivitäten geben, sodass die Schnittmengen zwischen den Gruppen transparenter werden. Durch individuelle Fördermaßnahmen tragen wir zu aufgeschlossenen Mitarbeiter*innen bei mit Freude an der eigenen Weiterentwicklung, mit Interesse daran, Dinge voranzutreiben und „um die Ecke“ zu denken sowie mit Neugier auf neue Themen, um in der Personalarbeit am Puls der Zeit zu sein.

Ziele des Kaufmännischen GB und Maßnahmen der Personalabteilung:

(1) Weiterentwicklung der Prozesse sowie Transparenz und Nachvollziehbarkeit
Aufgrund und mithilfe der organisatorischen Änderungen innerhalb der Personalabteilung hin zum Modell der HR-Business-Partner werden unsere Mitarbeiter*innen in die Arbeit der Institute und Zentralabteilungen integriert. Sie sollen an organisatorischen Meetings teilnehmen und regelmäßige Termine mit den Führungskräften wahrnehmen. Dies fördert eine fortlaufende Abstimmung hinsichtlich der sich wechselnden Anforderungen an die Personalarbeit. Die so gewonnenen Kenntnisse werden im Rahmen regelmäßiger interner Abstimmungen im Team Personalberatung und -betreuung gebündelt. Die bestehenden Prozesse können hinsichtlich dieser Kenntnisse fortlaufend evaluiert und bei Bedarf angepasst werden. Weiterhin wollen wir per Intranet verstärkt über Serviceangebote und wichtige Änderungen, aber auch über aktuelle Projekte und deren Fortschritte informieren.

(2) Digitalisierung

Das Programm Administration 4.0 sieht zahlreiche Digitalisierungsprojekte für die Personalabteilung vor. In einem ersten Schritt erfolgen die Einführung der digitalen Personalakte sowie die Digitalisierung ausgewählter Prozesse und Formulare. Mit dieser Umstellung ist ein umfassender Überprüfungsprozess verbunden, um etwa die Bearbeitungszeiten zu minimieren und Transparenz im Bearbeitungsstand zu schaffen. Weitere Digitalisierungsprojekte betreffen die Ablösung des SharePoint Reportings, die Einführung eines neuen Zeitwirtschaftssystems, die Integration der Entgeltabrechnung sowie der Personalkostenplanung in die SAP-Umgebung, die Anpassung des Reisekostenprozesses sowie die Verbesserung des Bewerbungsmanagements und der Recruiting-Aktivitäten.

(3) Internationalisierung und Qualifizierung

Das International Office des HZDR ist in der Personalabteilung angesiedelt. Hier werden internationale Bewerber*innen und Mitarbeiter*innen umfangreich beraten und betreut. Das International Office wird zunehmend die HR-Business-Partner und das Bewerbungsmanagement begleiten und gemeinsam unterschiedliche zielgruppengerechte Maßnahmen entwickeln. Dazu gehören z.B. die Ansprache internationaler Spitzenkräfte oder die Organisation von Zentrumsveranstaltungen zur Verbesserung des Verständnisses unterschiedlicher Kulturen und damit verbundener Werte.

(4) Frühzeitige Begleitung von wissenschaftlichen Projekten und Themen

Durch die aktive Vernetzung der HR-Business-Partner in den jeweiligen Instituten kann eine frühzeitige Einbindung der Personalabteilung erreicht werden, sodass Lösungsorientierung und Revisionsicherheit optimal miteinander verbunden werden können.

Abteilung Finanzen, Finanzcontrolling und Drittmittel

Die Abteilung Finanzen, Finanzcontrolling und Drittmittel ist für das Finanzmanagement des HZDR verantwortlich. Ziel ist es, sachgerechte finanzwirksame Entscheidungen zu ermöglichen. Dafür stellt die Abteilung Informationen über die finanzielle Lage für den Vorstand, die Aufsichtsgremien, für die Organisationseinheiten und alle prüfungsberechtigten Institutionen zur Verfügung. Die Aufbau- und Ablauforganisation ist dabei darauf ausgerichtet, eine stabile, transparente und revisions-sichere Finanzierung zu garantieren sowie jederzeit tagesaktuelle Finanzinformationen bereitzustellen. Dadurch werden die situationsbezogene Planung und Steuerung der Finanz- und Zahlungsströme gewährleistet.

Ziele des Kaufmännischen GB und Maßnahmen der Finanzabteilung:

- (1) Weiterentwicklung der Prozesse sowie Transparenz und Nachvollziehbarkeit
Zur Steigerung der Rechts- und Revisionsicherheit wird in den kommenden Jahren in Zusammenarbeit mit allen beteiligten Bereichen am HZDR ein Tax Compliance Management System implementiert. Dieses dient der Vermeidung finanzieller, strafrechtlicher und reputativer Risiken, die sich aus Gesetzesverstößen ergeben könnten.

Dabei ist nicht nur die Gestaltung im Rahmen der Vertragserstellung von Bedeutung, sondern auch die konkrete Vertragsdurchführung. Um die gewünschte Vertragsgestaltung in Einklang mit den gesetzlichen Regelungen zu ermöglichen, bedarf es einer engen und möglichst frühen Abstimmung zwischen den wissenschaftlichen und kaufmännischen Bereichen. Die Finanzabteilung ist dabei auf die vollständige und korrekte Informationsbereitstellung und Einbindung durch die wissenschaftlichen Bereiche als Prozesseigner angewiesen.

Neben der erhöhten Rechtssicherheit gewährleistet ein Tax Compliance Management System durch Definition und Standardisierung von Prozessen ebenfalls eine höhere Nutzerorientierung und eine effizientere Bearbeitungszeit.

- (2) Digitalisierung
Im Rahmen des Digitalisierungsprogramms Administration 4.0 soll, neben umfangreichen Anpassungen bei der Umstellung des aktuellen ERP-Systems auf SAP S/4 HANA im Bereich Finanzen und Controlling, die eingesetzte Software für den Bereich Projektmanagement (PROMAN) modernisiert werden. Ziel ist die Verbesserung der Datenqualität, die Transparenz für Projektleiter*innen sowie die Abbildung bisher nicht dargestellter Daten zur besseren Projektsteuerung und -abrechnung.

Darüber hinaus sollen beispielsweise die Prozesse zur Budgetplanung und zur Beantragung von Projektrechnungselementen digitalisiert werden, um zu kürzeren Bearbeitungszeiten sowie transparenteren Bearbeitungsständen zu kommen und somit eine verbesserte Auswertung der Finanzdaten zu erreichen.

Eine weitere Optimierung im Sinne der Kundenorientierung soll im Bereich der Anlagenbuchhaltung – konkret im Bereich der Inventur – geschaffen werden. Die aktuelle Erfassung der Anlagengegenstände

geschieht manuell über Barcodes, ist zeitaufwendig und bedarf einer umfassenden Unterstützung des wissenschaftlichen Bereichs. Nach der Umstellung auf RFID-Transponder kann die Inventur mithilfe eines Funksignals und ohne direkten Sichtkontakt erfolgen. Das neue Verfahren erlaubt eine schnellere und effizientere Inventurdurchführung und eine zeitliche Entlastung der wissenschaftlichen Mitarbeiter*innen. Aufgrund des rollierenden Inventurverfahrens am HZDR wird dieser Umstellungsprozess die nächsten drei Jahre beanspruchen.

- (3) Internationalisierung und Qualifizierung
Um den immer komplexeren Anforderungen im Finanzbereich gerecht zu werden, müssen gezielt Weiterqualifizierungsmaßnahmen geplant und durchgeführt werden. Dabei stehen neben der Internationalisierung auch die Revisionsicherheit sowie eine erhöhte Flexibilität beim Einsatz der Mitarbeiter*innen im Fokus.

Abteilung Vergabe und Beschaffungswesen

Die langfristige Ausrichtung der Abteilung Vergabe und Beschaffungswesen basiert im Wesentlichen auf der grundsätzlichen Aufgabe der Beschaffung von Waren und Dienstleistungen in Verbindung mit den Herausforderungen des rechtlichen Kontextes, der dabei zu beachten ist. Die Sicherstellung der vergaberechtskonformen Deckung der am HZDR bestehenden Beschaffungsbedarfe unter Berücksichtigung der Auflagen der Zuwendungsgeber aus Förderbescheiden – bei maximaler Serviceorientierung für die Bedarfsträger am Zentrum – sind Anspruch und Ziel zugleich. Serviceorientierung bezieht sich an dieser Stelle auf die Beratungsleistung des jeweiligen Einkäufers in Bezug auf das optimale Vergabeverfahren unter Berücksichtigung der technischen und inhaltlichen Anforderungen des Bedarfsträgers.

Ziele des Kaufmännischen GB und Maßnahmen der Beschaffungsabteilung:

- (1) Weiterentwicklung der Prozesse sowie Transparenz und Nachvollziehbarkeit
E-Procurement ist das Schlagwort für die zukünftige Ausrichtung der Prozesse bei der Vergabe und Beschaffung. Durch die Einführung des elektronischen Bestellsystems e.biss soll eine einheitliche Plattform für alle Bestellvorgänge und eine Optimierung der Bestellprozesse durch Automatisierung erreicht werden. Auf der Basis von spezialisierten Katalogen mit einer Vielzahl von Artikeln kann die Bestellung schnell und passgenau an den Bedürfnissen des Bedarfsträgers ausgerichtet werden. Durch die Umstellung sollen der Fokus auf

das benötigte Produkt gelenkt und die Abhängigkeit von Lieferanten reduziert werden. Darüber hinaus ist ein Gewinn an Transparenz für alle Seiten sowie die Steigerung von Effizienz durch individuelle und speicherbare Warenkörbe möglich. Für nachgelagerte Prozessschritte ergibt sich eine Vielzahl von Möglichkeiten der effizienteren Gestaltung.

Um relevante Rechts- und Compliance-Fragen effizient und umfassend bearbeiten zu können, soll ein Kompetenzzentrum für Beschaffungsfragen eingerichtet werden, in dem das vorhandene Know-how auf den Gebieten Vergaberecht, Vertragsrecht und Außenwirtschaftsrecht gebündelt wird. Dazu gehört u. a. die Etablierung eines entsprechenden Compliance-Prozesses unter Einbeziehung der jeweiligen Institute und Abteilungen sowie des Referats Exportkontrolle.

(2) Digitalisierung

Die Einführung der Beschaffungsplattform e.biss stellt nicht nur eine umfassende Prozessweiterentwicklung dar, sondern ist auch ein umfassendes Digitalisierungsprojekt. Es reiht sich ein in das übergeordnete Digitalisierungsziel der nächsten Jahre, eine papierlose Beschaffung von der Bestellanforderung (BANF) bis zur Ausreichung der Bestellung zu etablieren. Damit verbunden ist die Digitalisierung bzw. automatische Erstellung von Dokumenten und Workflows. Diese Umstellung soll die Arbeit sowohl auf Seiten der Mitarbeiter*innen als auch auf Seiten des Bedarfsträgers effizienter und effektiver gestalten sowie manuelle Routinetätigkeiten reduzieren, um Ressourcen für komplexere und damit arbeitsaufwendige Sachverhalte freizulegen.

(3) Internationalisierung und Qualifizierung

Um die Internationalisierung am HZDR zu flankieren sowie die Wünsche der Bedarfsträger besser eruieren und umsetzen zu können, wird im Rahmen des Einstellungsprozesses auf die Mehrsprachigkeit von Bewerber*innen Wert gelegt. Neben Sprachqualifikationen in Englisch, Russisch und Französisch, die derzeit in der Abteilung vorhanden sind, soll bei zukünftigen Einstellungen idealerweise der osteuropäische und asiatische Sprachraum Berücksichtigung finden.

Das Erreichen der Ziele soll unterstützt werden durch eine optimale Aufgabenverteilung auf die Mitarbeiter*innen. Dabei sollen die Einsatzmöglichkeiten durch Weiterqualifizierung erweitert werden. Diese Weiterqualifizierung ermöglicht darüber hinaus den Aufbau von Redundanzen zur Bearbeitung von Aufgaben, sichert den Ausfall von Mitarbeiter*innen ab und ermöglicht eine flexible Reaktion auf Veränderungen im Bestellaufkommen.

(4) Frühzeitige Begleitung von wissenschaftlichen Projekten und Themen

Um die Ziele noch besser erreichen zu können, ist eine rechtzeitige Information über geplante große Beschaffungsmaßnahmen sinnvoll. Dies kann sowohl über den wissenschaftlichen Geschäftsbereich durch frühere Einbindung der Ansprechpartner*innen geschehen als auch durch die umfassendere Information innerhalb des Kaufmännischen Geschäftsbereichs nach den jeweiligen Planungsphasen.

Umsetzung der Ziele in der Zentralabteilung Technischer Service

Die wichtigste Aufgabe der Zentralabteilung Technischer Service ist die Bereitstellung einer stabilen Versorgung des Zentrums mit Infrastruktur-Leistungen – von der Energieversorgung über den Betrieb der nicht wissenschaftlichen, baulichen und technischen Anlagen bis hin zur Campussicherung an den jeweiligen Standorten. Entsprechend haben wir uns zwei Ziele gesetzt: die Gewährleistung eines hohen Serviceniveaus für die Wissenschaft sowie den Erhalt und die umweltverträgliche Weiterentwicklung der Infrastruktur am HZDR. Mehr denn je gilt es hierbei, den Fokus auf eine moderne und zukunftsorientierte Ausrichtung zu legen und für alle Infrastruktur-Maßnahmen die Aspekte Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft zu berücksichtigen. Damit gewinnen etwa die Themen Wiedernutzbarkeit

und Kombination bestehender Gebäude neue Aufmerksamkeit. Ein wesentliches Instrument für die Zielerreichung ist die Masterplanung am HZDR.

Fortschreibung des Campus-Masterplans

In einem Masterplan werden Ziele, Strategien sowie Handlungsmöglichkeiten und -empfehlungen für die künftige räumliche Entwicklung eines oder mehrerer Standorte eines Unternehmens erarbeitet und beschrieben. Der Masterplan bildet die Grundlage für die Planung und Weiterentwicklung des Bestandes an baulichen Anlagen und Infrastrukturen einer Liegenschaft unter besonderer Berücksichtigung von Zielen zur Stärkung der Nachhaltigkeit.¹⁸

¹⁸ siehe LeNa, fact sheet Masterplan, Juli 2016

Die Campus-Masterplanung des HZDR ist seit 2002 ein langjähriges und erfolgreiches Instrument der Flächenbetrachtung am Standort Dresden-Rossendorf. Die Fortschreibung des Campus-Masterplans für den Zeitraum 2021 bis 2030 muss sich dabei den nachfolgenden drei Schwerpunkten widmen. Dabei muss jeder Schwerpunkt den Aspekt der Nachhaltigkeit umfassend berücksichtigen.

Der Schwerpunkt **zukünftiger Ausbau** wird die baulichen und flächenmäßigen Entwicklungspotenziale der Standorte aufzeigen und mit den wissenschaftlichen Vorhaben und Anforderungen in zeitlicher und inhaltlicher Hinsicht verbinden. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Planung war und wird der Grundsatz des nachhaltigen Bauens sein. Damit sind die Entwicklung oder Sanierung zukunftsgerechter Gebäude gemeint, die sich durch hohe Qualität und eine lange Lebensdauer auszeichnen und so die Aspekte Klimagerechtigkeit und Wirtschaftlichkeit verbinden.

Der Schwerpunkt **zukünftige Bewirtschaftung** zielt auf den Ressourcenverbrauch bzw. die optimale Nutzung von Ressourcen jeglicher Art ab. Dieser Aspekt ist frühzeitig in der Bau- und Sanierungsplanung zu berücksichtigen, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Der Umgang mit Ressourcen umfasst die Themen Energieverbrauch und Entsorgungsmanagement ebenso wie Überlegungen zum ressourcenschonenden Bauen und zu rezyklierten Baustoffen. Die aktuellen Entwicklungen in diesem Themengebiet der Bauwirtschaft müssen bei der Masterplanung Berücksichtigung finden.

Der Schwerpunkt **zukünftiges Arbeiten** umfasst die Entwicklung neuer Konzepte zur nachhaltigen und gesunden Gestaltung des Arbeitsplatzes und des Arbeitsumfeldes. Dabei verbinden sich Fragen des Bauens und der Ressourcennutzung mit Erkenntnissen aus anderen Bereichen mit dem Ziel, moderne und zukunftsgerichtete Arbeitswelten zu schaffen. Wichtige Aspekte sind dabei Flexibilität und offene Strukturen, Förderung von Kommunikation und Austausch sowie Gesundheit und Wohlbefinden.

Technischer Service: Abteilung Bau- und technisches Gebäudemanagement

Ziele des Kaufmännischen GB und Maßnahmen der Abteilung:

- (1) Weiterentwicklung der Prozesse sowie Transparenz und Nachvollziehbarkeit

Das Thema Nachhaltigkeit prägt die Arbeit der Abteilung. So konnte durch umfangreiche Maßnahmen, die das HZDR seit 2003 im Bereich der technischen

Infrastruktur umgesetzt hat, der CO₂-Ausstoß im Vergleich zum Jahr 1990 bereits 2020 um 50 Prozent reduziert werden. Das HZDR bekennt sich klar zur Einhaltung der Klimaziele der Bundesregierung. Dieses Bekenntnis geht u.a. einher mit dem Ziel, die CO₂-Bilanz auch langfristig weiter zu optimieren. Möglichkeiten liegen in der Nutzung von Biogas oder Wasserstoff, der Optimierung des Strombezuges durch „grünere“ Strom und im effizienteren und nachhaltigeren Betrieb von zentralen (statt dezentralen) Kälteanlagen. Unter Nachhaltigkeitsaspekten ist nicht zuletzt das Thema Barrierefreiheit aus baulicher und technischer Sicht immer wieder zukunftsgerichtet zu überprüfen und in die Bedarfsplanung einzubeziehen.

Wie wird das Arbeitsumfeld der Zukunft aussehen? Wie wird sich das Verhältnis von individuellen Büroräumen und Flächen zur Zusammenarbeit entwickeln? Die Beantwortung dieser Fragen wird maßgeblich das Gebäude- und Flächenmanagement beschäftigen. Die Entwicklung und Gestaltung innovativer und individueller Bürostrukturen sowie die Gewährleistung, künftige Arbeitswelten schnell an aktuelle Anforderungen anpassen zu können, werden in der Zukunft Grundlage für die Attraktivität von Arbeitgebern sein.

- (2) Digitalisierung

Die Abteilung verbindet mit dem Digitalisierungsprojekt openBIMup2next das Ziel, Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden sowie anderen Bauwerken zu optimieren. Alle relevanten Bauwerksdaten werden hier digital erfasst, modelliert und kombiniert. Mithilfe der konsequenten Anwendung des Building Information Modelings (BIM) in allen Phasen des Lebenszyklus eines Bauwerks sollen die Planungsgenauigkeit erhöht, Kostenrisiken minimiert und die Gesamtkosten eines Bauwerks von der Planung über den Bau bis zum Betrieb bzw. der Instandhaltung optimiert werden. Ein wichtiger Bestandteil von BIM ist die Visualisierung in Form eines digitalen Modells während des Planungsprozesses. Damit ist es möglich, ein virtuelles Gebäude zu begehen und somit die zukünftigen Nutzer*innen im Vorfeld noch besser einzubeziehen. Die Visualisierung stärkt das gemeinsame Verständnis und trägt so zu besseren Ergebnissen und einer hohen Nutzerzufriedenheit bei.

Das Programm Administration 4.0 mit den Teilprojekten SAP S/4 HANA und Dokumentenmanagement soll die Prozesse und Abläufe in der Abteilung hinsichtlich einer zukunftsorientierten Ausrich-

tung maßgeblich unterstützen. Dies umfasst das Dokumenten-Management von Aufträgen, deren Bearbeitung und Abrechnung, das Management von überjährigen Verträgen sowie ein entsprechendes Berechtigungskonzept.

Basis für die Digitalisierung sind leistungsfähige und sichere Datennetze an allen Standorten. Gemeinsam mit der Zentralabteilung Informationsdienste und Computing soll eine flächendeckende Ausstattung mit leistungsfähigen Datennetzzugängen für funk- und drahtgebundene Netze im Bereich Gigabit/s und höher bereitgestellt werden.

Technischer Service: Abteilung Infrastrukturelles Gebäude- und Flächenmanagement

Ziele des Kaufmännischen GB und Maßnahmen der Abteilung:

(1) Weiterentwicklung der Prozesse sowie

Transparenz und Nachvollziehbarkeit
Eine prägende Herausforderung für die Abteilung stellt zukünftig vor allem die Sicherstellung der Qualität der vertraglich gebundenen Dienstleistungen dar. So ist das HZDR einerseits auf zuverlässige Partner angewiesen, deren Bindung zu gewährleisten ist. Andererseits müssen bisherige Standards stetig angepasst und in Richtlinien sowie in Zusammenarbeitsmodellen verankert werden. Dies betrifft sowohl das vernetzte Arbeiten mit den Dienstleistern, das im Rahmen eines zentralen Aufgabenmanagements erfolgen soll, als auch die Entwicklung von Lösungen im nachhaltigen Betrieb bzw. einer nachhaltigen Bewirtschaftung.

Für das Abfallmanagement am HZDR sollen die vorhandenen Standards ebenfalls stetig weiterent-

wickelt werden mit der Maßgabe, dass alle Organisationseinheiten diese bindend anzuwenden haben. Alle Informationen und Änderungen im Bereich Abfallvermeidung, Trennung sowie Recycling – bspw. entsorgungsrelevante Kennzahlen und anfallende Kosten – sollen zentral zur Verfügung gestellt werden (Single Point of Contact). Ziel ist es, dass die Abteilung gemeinsam mit den Nutzer*innen und Beschäftigten Alternativen und Lösungen entsprechend des Kreislaufwirtschaftsgesetzes erarbeitet, um optimierte abfallwirtschaftliche Betriebsabläufe zu generieren.

(2) Digitalisierung

Neben den in der Abteilung Bau- und technisches Gebäudemanagement geplanten Digitalisierungsvorhaben, die ebenso für das Gebäude- und Flächenmanagement relevant sind, muss das genutzte Computer-Aided-Facility-Management-System (CAFM) zu einem ganzheitlichen Management der Flächennutzung – also Raumplanung, Belegungsplanung, Umzugsmanagement und deren Optimierung – weiterentwickelt werden. Dadurch wird es möglich, die Flächenbedarfe des HZDR vollumfänglich sowie konstant zu ermitteln, zu dokumentieren und somit eine effiziente Nutzung der Bestandsgebäude und Flächen sicherzustellen.

Das vorhandene CAFM-System muss daher wie folgt ertüchtigt werden:

- IT-gestützte Belegungsplanung – Aufstellung von Szenarien, Simulation von Belegungsvarianten, Implementierung von Flächenstandards (verbindliche Angaben der Flächenzuordnung anhand von Funktionen)
- internes Mietmanagement zur nutzungs- und verursachergerechten Zuordnung von Kosten

Strategie des Kaufmännischen Geschäftsbereichs

Durch exzellente Infrastrukturen und administrative Prozesse wird am HZDR herausragende Forschung möglich. Dazu gehören moderne und nachhaltig bewirtschaftete Standorte, effiziente und digitale Services sowie eine moderne und kundenorientierte Betreuung von Mitarbeiter*innen und Projekten.

Maßnahmen:

- Digitalisierungsprogramm Administration 4.0
- Einführung eines elektronischen Bestell- Informations-Service-Systems (e.biss)
- Weiterentwicklung der Personalarbeit zum Modell der HR-Business-Partner
- Mehrsprachige Services entwickeln, Mehrsprachigkeit in der Administration fördern
- Campus-Masterplanung: Ausbau, Bewirtschaftung und Arbeiten der Zukunft
- openBIMup2next: Realisierung von Bauprojekten als digitaler Zwilling (BIM = Building Information Modeling)
- Abfallmanagement und -vermeidung, Reduzierung von CO₂: Entwicklung nachhaltiger Konzepte und Infrastrukturen

9. Stabsabteilungen

Der Vorstand des HZDR wird in seiner Arbeit durch derzeit sieben Stabsabteilungen unterstützt. Diese sind je nach inhaltlicher Ausrichtung einem Vorstandsmitglied organisatorisch und disziplinarisch unterstellt, jedoch für den Vorstand insgesamt tätig.

Die einzelnen Stabsabteilungen werden durch ein vierköpfiges Unterstützungsteam persönlicher Referent*innen und Assistent*innen komplettiert, die das Tagesgeschäft der Kaufmännischen Direktorin und des Wissenschaftlichen Direktors organisieren, steuern und eng begleiten.

- Vorstandsbüro
- Kommunikation und Medien
- Programmplanung und Internationale Projekte
- Transfer und Innovation
- Arbeitssicherheit und Strahlenschutz
- Schülerlabor DeltaX
- Compliance Management

Letztgenannte Abteilung beinhaltet die Innenrevision des HZDR, zu deren wesentlichen Zielen und Aufgaben die Sicherstellung der Einhaltung unternehmensinterner Regelungen und der Wirksamkeit des internen Kontrollsystems zählen. Außerdem werden vielfältige Aufgaben der Korruptionsprävention abgedeckt.

Abteilung Vorstandsbüro

Die 2020 gegründete Stabsabteilung Vorstandsbüro bündelt vier thematische Bereiche:

- Recht und Verträge
- Gremienangelegenheiten
- Organisation und Entwicklung (Betriebsorganisation)
- Berufungsmanagement

In seiner Funktion als Anlaufstelle für alle Angelegenheiten mit Vorstandsbezug erfüllt es daher eine Doppelrolle als zentrale Unterstützungseinheit für den Vorstand und als Serviceabteilung für die Institute und Fachabteilungen des HZDR. Zugleich fungiert das Vorstandsbüro als zentraler Kontakt für Ministerien, Wissenschaftsorganisationen und Partnereinrichtungen des HZDR.

Der **Bereich Recht** ist sowohl für den Vorstand als auch für alle Organisationseinheiten des HZDR zentraler Ansprechpartner für juristische Fragestellungen. Strategisches Ziel in den kommenden Jahren ist eine zukunftsorientierte Weiterentwicklung und Digitalisierung der Prozesse als Teil des Programms Administration 4.0 im Projekt Elektronische Rechtsakte. Dadurch sollen Effizienz und Transparenz hinsichtlich Prozessabläufen und Bearbeitungsständen gesteigert, Datensicherheit und Compliance weiter gestärkt und die Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Fachabteilungen durch einen verbesserten gemeinsamen Datenzugriff optimiert werden.

Strategische Ziele für die nächsten Jahre für den **Bereich Gremienangelegenheiten** sind im Interesse einer effizienten Sitzungskultur die Weiterentwicklung

des internen Abstimmungs- und Erstellungsprozesses der Sitzungsunterlagen sowie die Optimierung des Systems zur internen Kommunikation der Beschlüsse und zum Beschlusscontrolling.

Der Bereich **Organisation und Entwicklung** befasst sich mit den klassischen Aufgaben der Betriebsorganisation. Das strategische Ziel soll in den nächsten Jahren in der Entwicklung von übergreifenden Strukturen hinsichtlich der Organisationseinheiten – wie Aufbau und Etablierung eines (Multi-)Projektmanagements – liegen. Das Vorstandsbüro ist dadurch maßgeblich in die Konzeptionierung, Durchführung und Steuerung des Digitalisierungsprojekts Administration 4.0 involviert.

Der **Bereich Berufungsmanagement** wurde im April 2021 eingerichtet, um die strategischen Ziele des Vorstands in den Handlungsfeldern Exzellente Rekrutierungen und Talentmanagement (siehe Kapitel 3.5. und 3.6.) bestmöglich umzusetzen. Dabei geht es zum einen um den Aufbau eines tragfähigen, formellen wie informellen Netzwerks mit den Hauptakteur*innen an den Partneruniversitäten des HZDR, den Ministerien sowie weiteren Wissensträger*innen und Expert*innen. Der Gesamtprozess soll stetig optimiert und international konkurrenzfähig ausgestaltet werden. Die Dienstleitungen des Vorstandsbüros werden in enger Abstimmung mit dem Vorstand, den wissenschaftlichen Instituten und den Fachabteilungen zielorientiert gestaltet und kontinuierlich an den Anforderungen orientiert, um die strategischen Ziele des HZDR zu verwirklichen.

Abteilung Kommunikation und Medien

Die Stabsabteilung Kommunikation und Medien entwickelt in enger Abstimmung mit dem Vorstand die Kommunikationsstrategie des HZDR und ist für die sich daraus ergebenden Kommunikationsaktivitäten verantwortlich. Dies umfasst neben Presse- und Öffentlichkeitsarbeit auch interne, Krisen- und politische Kommunikation.

Alle Mitarbeiter*innen des Teams verfügen über ausgewiesene Expertise und decken das gesamte Portfolio der **modernen crossmedialen Kommunikationsstandards und -kanäle** ab. Sie sorgen dafür, dass die entscheidenden Informationen zum richtigen Zeitpunkt zu den relevanten Ansprechpartnern gelangen.

Seit 2021 wird zudem die **interne Kommunikation** deutlich ausgebaut. Neben dem erfolgreichen Launch des INSIDER-Newsletters steht die Weiterentwicklung

des Intranets an. Zudem werden neue Veranstaltungsformate wie zum Beispiel der gemeinsame Lunch von Mitarbeiter*innen mit dem Vorstand auf den Weg gebracht. Bezüglich der Veranstaltungsorganisation wird das Team künftig stärker als bisher auf neue digitale Formate setzen.

Ein weiteres Ziel ist der Ausbau der **politischen Kommunikation**, um das HZDR noch enger mit Entscheidungsträger*innen aus Politik und Gesellschaft zu vernetzen.

Die Abteilung Kommunikation und Medien ist intern und extern sehr gut vernetzt und versteht sich als Dienstleister für Mitarbeiter*innen, Medien und alle anderen am HZDR interessierten Menschen. Mit seiner Arbeit trägt das Team entscheidend zum nationalen und internationalen Ansehen des HZDR bei.



Die Abteilung Kommunikation und Medien betreibt aktive Pressearbeit mit starkem Fokus auf die Wissenschaftsthemen des HZDR und in enger Kooperation mit Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft.

Abteilung Programmplanung und Internationale Projekte

Die Abteilung unterstützt und berät den Vorstand bei **Foresight-Prozessen** und der Analyse und Interpretation des **wissenschaftspolitischen Umfelds** für die Forschung auf internationaler, europäischer und nationaler Ebene in den vom HZDR verfolgten Forschungsbereichen. Dabei greifen innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft in einmaliger Weise verschiedene Themen- und Kompetenzfelder ineinander und befruchten sich gegenseitig.

Vor dem Hintergrund der **Programmorientierten Förderung** (PoF) der Helmholtz-Gemeinschaft begleitet das Team die Gestaltung, Planung und Umsetzung der Forschungsaktivitäten.

Wissenschaft erfolgt zunehmend nicht mehr nur auf nationaler, sondern substanziell auf europäischer und weltweiter Ebene. Ein zentraler Punkt ist daher die **Positionierung des Zentrums im internationalen Kontext**. Dabei spielt insbesondere Europa eine fundamentale Rolle. Um **Einfluss auf Forschungsagenden** im Sinne des Themenportfolios des HZDR zu nehmen, vertritt die Abteilung das HZDR in strategischen Initiativen

und Plattformen, die von der Europäischen Kommission als Ideengeber wahrgenommen und anerkannt werden.

Die Mission der Helmholtz-Gemeinschaft setzt auf Entwicklung, Bau und Betrieb von großen **Forschungsinfrastrukturen**. Diesem Anspruch dient die „interdisziplinäre“ Aufstellung der Abteilung, die alle essenziellen Aspekte abdeckt:

- Betrieb des zentralen Nutzerbüros des HZDR
- Begleitung des Lebenszyklus einer Forschungsinfrastruktur vor dem Hintergrund der Helmholtz-Strategie und der nationalen Roadmaps
- Verortung existierender und geplanter Anlagen des HZDR in europäischen Netzwerken

Insbesondere auch vor dem Hintergrund der Zukunftsprojekte soll dieser Schwerpunkt der Abteilung künftig noch weiter ausgebaut werden.

Die Abteilung versteht sich als **Partnerin für die Wissenschaft am HZDR** mit der Mission, optimale Rahmenbedingungen für die Erzielung bahnbrechender Ergebnisse in Forschung und Innovation zu schaffen.

Abteilung Technologietransfer und Innovation

Die Stabsabteilung Technologietransfer und Innovation wurde 2011 gegründet und betreut **alle Technologietransfer-Themen des HZDR** vom Entstehen der Verwertungs idee bis hin zur erfolgreichen Verwertung. Dies schließt folgende Aspekte ein:

- Scouting und Bewertung von Verwertungsideen
- Schutz geistigen Eigentums
- Sicherstellung der Finanzierung
- Validierung und Weiterentwicklung
- Transfer-Projektcontrolling
- Suche nach Verwertungspartnern
- Unterstützung von Vertragspartnern
- Verhandeln von Verwertungsverträgen

Maßgebliche Kennzahlen für den Erfolg der Unterstützung sind insbesondere die Anzahl und der finanzielle Umfang von Lizenzverträgen, die Auftrags- und Kooperationsforschung mit der Wirtschaft und die Anzahl und der Erfolg eigener Ausgründungen.

Wesentliche transferbezogene Unterstützungsaktivitäten sind zudem in den Abteilungen Finanzen und Vorstandsbüro (Bereich Recht) angesiedelt. Des Weiteren arbeitet das HZDR eng mit externen Transfer-Unterstüt-

zern zusammen, hierunter die HZDR Innovation GmbH, die Gründungsinitiativen Dresden exists, SAXEED (Freiberg) und Verwertungsdienstleister wie ASCENION.



Abteilungsleiter Dr. Björn Wolf (links) ist gleichzeitig Geschäftsführer der HZDR Innovation GmbH. Gemeinsam mit Dr. Roman Böttger vermarktet er die am HZDR verfügbaren Ionentechnologien.

Abteilung Arbeitssicherheit und Strahlenschutz

Die Tätigkeit der Stabsabteilung Arbeitssicherheit und Strahlenschutz wird auch in Zukunft durch den Grundsatz bestimmt, durch einen nachhaltigen Gesundheits-, Arbeits- und Umweltschutz die exzellente Forschungstätigkeit im HZDR zu unterstützen. An vorderster Stelle stehen dabei die Gewährleistung der Unversehrtheit und Gesunderhaltung aller Beschäftigten und Gäste sowie die Sicherstellung eines störungsfreien, gesetzeskonformen Betriebsablaufs. Die transparente und nachvollziehbare Darstellung der gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Arbeitssicherheit und zum Strahlenschutz sowie deren Ausgestaltung im HZDR wird von den Mitarbeiter*innen der Abteilung gestaltet.

Der hohe Anspruch an die Stabsabteilung Arbeitssicherheit und Strahlenschutz bedeutet auch künftig:

- **Erwerb einer hohen persönlichen Qualifikation** auf dem jeweiligen Spezialgebiet und deren ständige Aktualisierung und Erweiterung als primäre Verpflichtung
- **Prozessentwicklung und Nachvollziehbarkeit** – Verfolgung und Beurteilung der verschiedenen, teils gegenläufigen Anforderungen in den Bereichen Arbeitssicherheit, Strahlenschutz, Tierschutz, gentechnische Sicherheit sowie Arzneimittel- und Wirkstoffherstellung; daraus resultiert die Erarbeitung von Vorschlägen zu deren optimaler Erfüllung in komplexen Forschungsumgebungen
- **Digitalisierung** – Erwerb einer hohen Kompetenz und Sicherheit im Umgang mit den von Wissenschaftler*innen genutzten, digitalen Methoden zur Lösung von Aufgaben, zur Dokumentation der Ergebnisse und zur Kommunikation

- **Internationalisierung** – Bereitstellung der wesentlichen Informationen zur Gewährleistung eines sicheren Betriebsablaufs im HZDR mindestens in englischer Sprache, um auch der wachsenden Internationalisierung und Diversität des HZDR Rechnung zu tragen

Hinsichtlich der gesetzeskonformen und wirtschaftlich vertretbaren Verbindung sehr unterschiedlicher Aspekte der Gewährleistung des Gesundheits-, Arbeits- und Umweltschutzes verfügt das HZDR bereits heute über eine herausgehobene Kompetenz.

Die prägenden Merkmale einer anerkannten Serviceabteilung werden zielorientiert ausgebaut und fortlaufend an den aktuellen Anforderungen gespiegelt, um in engem Kontakt mit den Wissenschaftler*innen und insbesondere der Zentralabteilung Technischer Service den erwarteten Beitrag zur langfristig erfolgreichen Entwicklung des HZDR zu leisten.



Abteilung Schülerlabor DeltaX

Spitzenforschung braucht hochmotivierte und exzellent ausgebildete Wissenschaftler*innen. Deshalb ist naturwissenschaftliche Nachwuchsförderung ein zentrales Anliegen des HZDR. Dazu betreiben wir seit dem Jahr 2011 das Schülerlabor DeltaX mit Angeboten entlang der gesamten Bildungskette, die sich an den Forschungsthemen des HZDR orientieren.

Konkret ergeben sich folgende strategischen Schwerpunkte:

- (1) **Wissenschaftsbildung**
Durch seine außerschulischen Bildungsprogramme trägt das HZDR-Schülerlabor zur Vermittlung eines zeitgemäßen Verständnisses für Wissenschaft und Forschung bei, welches Schule so nicht vermitteln kann. Junge Menschen erhalten Einblicke in Themen und können sich aktiv mit naturwissenschaftlichen Inhalten und Methoden auseinandersetzen. An einem authentischen Lernort erfahren sie, wie aus Forschung Erkenntnisse werden und



Nachwuchsforscher*innen im Schülerlabor DeltaX des HZDR

wie man wissenschaftlich-kritisch arbeitet. Das HZDR-Schülerlabor sieht sich dabei als der Ort, der allen Schüler*innen unabhängig von ihrem Hintergrund den Zugang zu Wissenschaftsbildung bietet. Es will somit einen Beitrag zur Stärkung des Bildungsstandorts Deutschland leisten.

(2) Wissenstransfer

Um naturwissenschaftliche Themen, die nicht im Schulunterricht behandelt werden, für den Bildungsbereich zugänglich zu machen und einen Diskurs über aktuelle Forschungsthemen zu ermöglichen, bietet das Schülerlabor Programme für junge Menschen. Lehrkräfte profitieren von gezielten Fortbildungen und Workshops. Damit wird Forschung transparenter.

(3) Talentmanagement/
Berufs- und Studienorientierung

Das Schülerlabor DeltaX gibt jungen Menschen die Chance, sich selbst aktiv mit Forschung auseinanderzusetzen, ihre Interessen und Stärken zu erkennen und weiterzuentwickeln. Dazu existieren Programme vom ersten Zugang zu Forschung und Naturwissenschaften bis zur Begabtenförderung. Mit dieser Programmvietfalt sollen potenzielle Talente erreicht und damit Karrierewege zugänglich gemacht werden.

(4) Sichtbarkeit und Wahrnehmung des HZDR und seiner Themen

Schüler*innen, Lehrer*innen und Familien lernen durch die Angebote des Schülerlabors das HZDR auf vielfältige Weise kennen. Ziel ist es, das Helmholtz-Zentrum als innovativen Forschungsstandort, der an relevanten Themen für die Zukunft unserer Gesellschaft forscht, zu vermitteln und das HZDR als attraktiven Arbeitsort für engagierte Fachkräfte von morgen zu präsentieren.

(5) Digitalisierung

Die Digitalisierung prägt Forschung, Wissenschaft und Bildung nachhaltig und macht es notwendig, adäquate Angebote zur Nachwuchsförderung zu entwickeln. Die Corona-bedingte Schließung des Schülerlabors stellte das Labor zunächst vor ungeahnte Herausforderungen, bot aber letztlich die große Chance, neue digitale Bildungsformate im großen Umfang zu entwickeln und anzubieten. Die Online-Experimentierprogramme leisten einen sinnvollen Beitrag zur Nachwuchsförderung, erreichen neue Zielgruppen und erhöhen die Reichweite. Der Normalbetrieb des Schülerlabors wird daher künftig durch das stark nachgefragte Online-Programm ergänzt.

KOMMUNIKATION



Kommunikation als verbindendes Element



Kommunikation baut Brücken, sie verbindet Menschen, übermittelt Botschaften, stärkt das Vertrauen zwischen den Akteuren – und ist damit Dreh- und Angelpunkt für alle Aktivitäten eines Forschungszentrums. Wir betrachten Kommunikation als strategische Maßnahme per se und schreiben ihr eine Mittlerfunktion in der HZDR-Strategie 2030+ zu. Transparente Kommunikation vermittelt unsere Strategien und Ziele an alle für uns wesentlichen Zielgruppen.

Unser Fokus liegt auf **drei Kommunikationsebenen**:

- Kommunikation nach außen
- Kommunikation nach innen
- Kommunikation zwischen den Mitarbeiter*innen

Wissenschaftskommunikation mit Zielgruppen außerhalb unseres Zentrums findet einerseits innerhalb der Wissenschaft und andererseits zwischen Wissenschaft, Medien, Öffentlichkeit und Gesellschaft statt. Wie unser Zentrum und unsere Erfolge wahrgenommen werden durch die für uns wichtigen Zielgruppen, angefangen bei Journalist*innen über Bürger*innen aus der Region, Zuwendungsgebern, Politiker*innen

und Entscheidungsträger*innen auf nationaler Ebene bis hin zu internationalen Spitzenforscher*innen, hängt von der Art der ausgewählten Kommunikationskanäle und -tools ebenso ab wie von der konkreten Ansprache – von kritisch-sachlich bis emotional.

Bei unserer **Wissenschaftskommunikation nach außen** lassen wir uns von folgendem Anspruch leiten: Wir informieren transparent über unsere Aktivitäten, erzeugen eine positive Einstellung zur Wissenschaft und entwickeln ein öffentliches Verständnis darüber, wie Forschung funktioniert und wie sie sich auf politische und gesellschaftliche Zusammenhänge auswirkt. Wichtig ist uns aber auch, Neugier auf Forschung zu wecken und Menschen aller Altersgruppen für Wissenschaft zu begeistern. Deshalb betreiben wir das Schülerlabor DeltaX und präsentieren unsere Themen zu Veranstaltungen wie unseren Tagen des offenen Labors oder den Langen Nächten der Wissenschaft. Diese Leistungen verstehen wir als unsere Verpflichtung als Forschungszentrum gegenüber der Gesellschaft. Im Hinblick auf die interessierte Öffentlichkeit werden wir daher gern den Forderungen des Bundesministe-

riums für Bildung und Forschung nach größeren Anstrengungen seitens der Forschungseinrichtungen im Bereich der Kommunikation über Vermittlungs-, Dialog- und Beteiligungsformate nachkommen (Grundsatzpapier zur Wissenschaftskommunikation vom November 2019). Gerade in der heutigen Zeit der allgegenwärtigen Fake News muss es uns zudem ein Ziel sein, unsere faktenbasierte und transparente Kommunikation als Qualitätssiegel für verlässliche wissenschaftliche Information zu etablieren.

Unsere Mitarbeiter*innen spielen als Multiplikatoren eine entscheidende Rolle: sie geben neu gewonnene Erkenntnisse weiter und formen damit das Image des Zentrums. Neben den klassischen wissenschaftlichen Austauschformaten wie Kongressen und Symposien sehen wir die Ansprache der Medien in ihrer Scharnierfunktion zur Öffentlichkeit als entscheidende Maßnahme der Öffentlichkeitsarbeit an. So ist es uns ein besonderes Anliegen, die Medien gezielt über Chancen ebenso wie über die Herausforderungen und Grenzen von Forschung und Technologieentwicklung sowie über den Einsatz öffentlicher Gelder zu informieren. Medienabfragen sowie alle gezielten Kommunikationsaktivitäten nach außen werden durch unsere **Stabsabteilung Kommunikation und Medien** begleitet (siehe auch Kapitel 9. Stabsabteilungen).

Dies sichert die hohe Qualität und zielgruppenorientierte Ausgestaltung unserer Kommunikationsangebote. In enger Abstimmung mit dem Vorstand wird die Stabsabteilung eine Kommunikationsstrategie ausarbeiten und umsetzen. Diese soll, an der Zentrumsstrategie und -kultur ausgerichtet, die Sichtbarkeit des HZDR und unserer Strategie 2030+ stärken und so zur Wahrnehmung des Zentrums als moderne Einrichtung wissenschaftlicher Großforschung beitragen, die von exzellenten, international gemischten Teams betrieben wird – sowohl im Zentrum selbst als auch auf nationaler und internationaler Ebene. Die angestrebte Steigerung der Sichtbarkeit in der Scientific Community sowie bei Entscheidungsträgern in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft trägt dazu bei, hervorragende Forscher*innen zu rekrutieren, divers zusammengesetzte Spitzenteams aufzubauen, exzellente Partner für interdisziplinäre Kooperationen zu gewinnen und die Finanzierung des Zentrums dauerhaft abzusichern.

Wir werden unseren Zugang zur Öffentlichkeit über unsere laufenden Angebote – wie unser Schülerlabor, unseren Tag des offenen Labors oder Veranstaltungen wie der Langen Nacht der Wissenschaft – nutzen, um den Dialog mit den Bürger*innen auszubauen und ver-

lässliche Orientierung in Zukunftsfragen anzubieten. Wir nutzen dafür zunehmend **digitale Formate** – sowohl in Form der sozialen Medien als auch begleitend zu Veranstaltungen. Informationen aus dem HZDR sollen zugleich zuverlässig und aktuell sein und somit der Qualitätsmarke HZDR gerecht werden.

Eine weitere zentrale Aufgabe der Stabsabteilung Kommunikation und Medien ist die Koordination der **Kommunikation nach innen**. Wichtig sind auch hier Aktualität, Transparenz, Genauigkeit und Dialog. So sollen unsere Mitarbeiter*innen zum einen über relevante Erfolge der Kolleg*innen an allen Forschungsstandorten des HZDR informiert sein. Dies dient der Wertschätzung der erbrachten Leistungen, steigert die Corporate Identity und fördert die Vernetzung der Organisationseinheiten und Standorte. Zum anderen ist die Kommunikation von Leitungsentscheidungen und strategischen Richtlinien Voraussetzung für einen effizienten Arbeitsablauf und den gemeinschaftlichen Fortschritt.

Ziel unserer internen Kommunikation ist es, durch transparente Information allen Mitarbeiter*innen die Strategien und Ziele des HZDR zu vermitteln, dadurch ein gemeinsames Leitbild zu entwickeln und zu leben und so jeder/m Einzelne*n **das HZDR als Place to Be** erlebbar zu machen. Dafür gilt es, die Corporate Identity, also Markenzugehörigkeit und Identifikation aller Mitarbeiter*innen, zu stärken und sie so als Markenbotschafter*innen für das HZDR zu gewinnen. Eine



Das Kommunikationsteam organisiert vielfältige Veranstaltungen wie zum Beispiel den Tag des offenen Labors.

erfolgreiche Kommunikationsstrategie muss sich an den Bedarfen und Anliegen der Mitarbeiter*innen orientieren. Daher sollen in regelmäßigen Abständen die einzelnen Maßnahmen evaluiert werden, zum Beispiel über Umfragen.

Schließlich bildet die **Kommunikation zwischen den Mitarbeiter*innen** den Kern der täglichen Arbeit und

prägt das Arbeitsumfeld an den Forschungsstandorten des HZDR. Der Umgang miteinander – und hier sehen wir unsere Führungskräfte in einer Vorbildfunktion – soll geprägt sein durch Kollegialität, Respekt und Wertschätzung und ist eine wichtige Basis für unseren Selbstanspruch als Place to Be. Diese Werte werden wir gemeinsam mit allen Beschäftigten in unserem zu erarbeitenden Leitbild (siehe Kapitel 5. Leitbild) abbilden.

Kommunikation nach innen und außen

Eine transparente, aktuelle, verlässliche und dialogorientierte Kommunikation ist eine unabdingbare Voraussetzung dafür, die in der HZDR-Mission gesteckten Ziele zu erreichen. Zugleich wird damit die Grundlage für die Weiterentwicklung des gesamten Zentrums gelegt.

Alle aufgeführten Maßnahmen müssen auf die entsprechenden externen Zielgruppen ausgerichtet sein. Beispielhaft sind für die externe Kommunikation zu nennen:

- Relaunch Internet mit dem Ziel, die Attraktivität für alle Zielgruppen zu steigern
- HZDR-weiter Ausbau der Kommunikation über Social-Media- und weitere Online-Kanäle
- Medienarbeit: Pressemitteilungen und -veranstaltungen, persönliche Kontaktpflege zu Journalist*innen und Verbänden
- crossmediales Forschungsmagazin „entdeckt“
- Angebote des HZDR-eigenen Schülerlabors DeltaX
- Veranstaltungen für unterschiedliche Zielgruppen: wissenschaftliche Veranstaltungen, Lange Nächte der Wissenschaften, Tage des offenen Labors, Jahresempfänge, Einweihungs- bzw. Eröffnungsveranstaltungen, individuelle Programme für Gäste und Besucher*innen
- Spezielle interaktionsgruppengerechte Veranstaltungsformate vor allem für Politiker*innen und Entscheidungsträger*innen aus Wirtschaft und Gesellschaft einerseits und für den wissenschaftlichen Nachwuchs aus der Region bzw. aus dem Dreiländereck Sachsen – Polen – Tschechien andererseits
- auf wichtige Zielgruppen abgestimmte Image-Materialien
- Erstellung multi- und crossmedialer Kommunikationsmittel für einen breiten Einsatz

Folgende Maßnahmen sollen dazu dienen, mit den Mitarbeiter*innen in Dialog zu treten, sie gezielt zu informieren und die Corporate Identity zu stärken:

- Regelmäßig einmal im Monat erscheinender Newsletter mit Informationen aus Verwaltung und Forschung, zu Personalia und weiteren Themen, die von den Mitarbeiter*innen nachgefragt werden
- Durchführung bewährter und Entwicklung neuer Veranstaltungsformate, die über Hierarchien und Standorte hinweg dem Austausch untereinander und mit dem Vorstand dienen (Beispiel: Lunch mit dem Vorstand)
- Entwicklung digitaler Veranstaltungsformate, die den Austausch zwischen allen sechs Forschungsstandorten erleichtern
- Relaunch des Intranets
- Optimierung des On-Boarding-Prozesses für neue Beschäftigte gemeinsam mit der Abteilung Personal
- Etablierung einer regelmäßigen „Sprechstunde“ des Vorstands für alle Beschäftigten
- Etablierung weiterer bzw. Optimierung bestehender Social-Media-Kanäle
- Erweiterung des internen Kommunikationsmixes um audiovisuelle Formate
- Organisation von Ausflügen an andere HZDR-Standorte
- Einführung von Feedback-Möglichkeiten („Kummerbriefkasten“), um Anregungen der Beschäftigten aufzunehmen und so die Zufriedenheit zu erhöhen

EPILOG

Die Programmorientierte Förderung sichert die wissenschaftliche Exzellenz und strategische Relevanz der Programme der Helmholtz-Gemeinschaft. Deshalb ist es für uns essenziell, die Ziele der aktuellen PoF-IV-Periode sowie die dazugehörigen Senatsempfehlungen umzusetzen. Initiiert durch den Wissenschaftlichen Direktor, hat das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf im Sommer 2020 parallel dazu einen internen Strategieprozess gestartet. Ziel ist eine kraftvolle strategische Weiterentwicklung unseres Zentrums, um international wettbewerbsfähig zu bleiben. Zentral ist für uns dabei ein interdisziplinärer Ansatz, wie er so nur in einem multiprogrammatischen Zentrum möglich ist.

Die Task-Force Strategie unter Leitung von Professor Thorsten Stumpf hat den Prozess engmaschig begleitet. Jedes Institut hat eine interne Institutsstrategie erarbeitet und in Retreats mit dem Wissenschaftlichen Direktor diskutiert. Parallel ist ein analoger Prozess im Kaufmännischen Bereich, moderiert durch die Kaufmännische Direktorin, durchlaufen worden. Die Gesamtstrategie wurde in mehreren Klausuren erarbeitet und bereits im Frühjahr 2021 dem Wissenschaftlichen Beirat und dem Kuratorium vorgestellt. Im Juni 2021 wurde die Gesamtstrategie – Corona-bedingt in einem Livestream – dem gesamten HZDR präsentiert. Dass es mehr als 1.000 Zugriffe auf den Stream gab, unterstreicht das große Interesse der Beschäftigten des HZDR.

Die wichtigsten Thesen wurden online gestellt, kommentiert, aktiv diskutiert und weiterentwickelt. Die zahlreichen wertvollen Hinweise wurden im Sommer 2021 eingearbeitet und dann unseren Zuwendungsgebern vorgestellt. Strategische Hinweise und konzeptionelle Anmerkungen von BMBF und SMWK wurden aufgenommen. Unser Wissenschaftlich-Technischer Rat (WTR) unter Vorsitz von Professor Joachim Wosnitza hat den Prozess von Beginn an kritisch und fachlich begleitet. Der WTR hat den Gesamtentwurf in die Tiefe gehend mehrfach diskutiert und damit einen wichtigen Beitrag für die Weiterentwicklung unseres Helmholtz-Zentrums geleistet.

Der Vorstand des HZDR möchte sich an dieser Stelle für die Unterstützung und Hinweise des Kuratoriums und des Wissenschaftlichen Bereichs bedanken. Darüber hinaus danken wir besonders für die Arbeit der Task-Force, des WTR, die Anregungen aller Mitwirkenden sowohl in den Klausuren der Institute und Abteilungen als auch in der öffentlichen Zentrumsdiskussion. Als HZDR-Familie ist es uns gelungen, trotz Corona-Pandemie eine Strategie zu erarbeiten, an der viele mitgewirkt haben, die allgemeine Akzeptanz findet und unser HZDR zukunftsfähig macht. Dieser Prozess zeigt, wie stark wir gemeinsam sind: als Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf. Wir freuen uns auf die Umsetzung der Strategie, im Team mit allen.

Let there be Rock!

Sebastian M. Schmidt | Wissenschaftlicher Vorstand

Diana Stiller | Kaufmännische Vorständin

Impressum:

Herausgeber

Prof. Dr. Sebastian M. Schmidt und Dr. Diana Stiller,
Vorstand des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf (HZDR)

Leiter der Task-Force Strategie

Prof. Dr. Thorsten Stumpf
Direktor Institut für Ressourcenökologie am HZDR

Redaktion

Dr. Lydia Behring, Referentin des Wissenschaftlichen Direktors,
Dr. Christine Bohnet, Kim-Astrid Magister,
Simon Schmitt, Abteilung Kommunikation und Medien

Gestaltung

Juniks Marketing GmbH

Bildnachweis

Mitarbeiter*innen des HZDR, soweit nicht anders angegeben.

S. 6 (o.): BMBF/Wissenschaftsjahr/Fotograph: Christian Thiele; S. 6 (u.): SMWK/Sabine Hülsmann;
S. 7: HZDR/André Wirsig; S. 17: HZDR/Jürgen Jeibmann; S. 18: HZDR/Bodo Tiedemann; S. 19: HZDR/
Oliver Killig; S. 23: ESRF; S. 27: HZDR/Tobias Ritz; S. 28, 29, 30 (oben): HZDR/André Wirsig; S. 30 (unten):
HZDR/Christian Essler; S. 31: HZDR/Detlev Müller; S. 33: HZDR/Oliver Killig; S. 36: ORNL/U.S. Dept.
of Energy; S. 37: HZDR/Rainer Weisflog; S. 38 (li.): HZDR/Oliver Killig; S. 38 (Mitte): HZDR/André Wirsig;
S. 38 (re.): European XFEL/Jan Hosan; S. 41: HZDR/Frank Bierstedt; S. 43 (re.): Shutterstock/jordache;
S. 44: HZDR/Oliver Killig; S. 47, 48: HZDR/André Wirsig; S. 51: HZDR/Ulf Lehmann; S. 56: iStock.com/
Olga Seifutdinova und leskas; S. 58: HZDR/Stephan Floss; S. 64: BLEND3 Frank Grätz; S. 67: TUD/Christian
Hüller; S. 69: HZDR/Rainer Weisflog; S. 74: HZDR/André Wirsig; S. 75: HZDR/Oliver Killig; S. 77: Thomas
Koehler/photothek.net; S. 81: HZDR/Detlev Müller; S. 88: HZDR/Stephan Floss; S. 96: HZDR/Oliver Killig;
S. 103: HZDR/André Wirsig; S. 107: HZDR/Paul Glaser; S. 113: HZDR/Detlev Müller; S. 116: HZDR/JUNIKS;
S. 117: SLAC National Accelerator Laboratory/Greg Stewart; S. 120: NCT Dresden/Philip Benjamin;
S. 128: HZDR/Bodo Tiedemann; S. 130: HZDR/Frank Bierstedt; S. 136, 140 (u.), S. 142: HZDR/Detlev Müller;
S. 143: iStock.com/Olga Seifutdinova und leskas; S. 150, 157: HZDR/Detlev Müller; S. 158: HZDR/Frank
Bierstedt; S. 159: HZDR/André Wirsig; S. 161 (re.): HZDR/Frank Bierstedt; S. 163: HZDR/Jürgen Lösel;
S. 164: European XFEL/Jan Hosan; S. 165: HZDR/Oliver Killig; S. 167: HZDR/Frank Bierstedt;
S. 168 (li.): HZDR/Rainer Weisflog; S. 168 (re.): HZDR/Frank Bierstedt; S. 170 (o./Mitte): HZDR/Denis
Morel; S. 170 (u.): ESRF; S. 171: HZDR/Detlev Müller; S. 172: HZDR/Rainer Weisflog; S. 176: HZDR/André
Wirsig; S. 181, 185: HZDR/Jürgen Jeibmann; S. 188: HZDR/André Wirsig; S. 196: TUBAF/Mario Köhler;
S. 197: HZDR/André Wirsig; S. 198: HZDR/AVANGA; S. 199: HZDR/André Wirsig

www.hzdr.de

ANHANG

Abkürzungsverzeichnis

A

ACDC	ACcelerator Driven ion beam Complex
AI	Artificial Intelligence
AMS	Accelerator Mass Spectrometry
ARIE	Analytical Research Infrastructures of Europe
ATHENA	Accelerator Technology Helmholtz Infrastructure

B

BIM	Building Information Modeling
-----	-------------------------------

C

CAD	Computer Aided Design
CAFM	Computer-Aided-Facility-Management-System
CALIPSOplus	Convenient Access to Light Sources Open to Innovation, Science and to the World
CAM	Computer Aided Manufacturing
CASUS	Center for Advanced Systems Understanding
CDR	Conceptual Design Report
CE	Konformitätserklärung für die Inverkehr-Bringung von Gütern in der EU
CE	Circular Economy
CEP	Carrier-Envelope Phase
CeRI ²	Center for Resource Process Intensification and Interface Studies
CFD	Computational Fluid Dynamics
CIS	Center of Interface Studies
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
CT/MRI	Computer-Tomografie/Magnetresonanz-integriert

CTV	Klinisches Zielvolumen
CW	Continuous Wave

D

DAC	Diamond Anvil Cell
DALI	Dresden Advanced Light Infrastructure
DAQ-System	Data Acquisition System
DESY	Deutsches Elektronen-Synchrotron
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DKFZ	Deutsches Krebsforschungszentrum
DKTK	Deutsches Konsortium für Translationale Krebsforschung
DRESDYN	DREsden Sodium facility for DYNamo and thermohydraulic studies

E

EIT	European Institute of Innovation and Technology
ELBE	ELBE Center for High-Power Radiation Sources (Electron Linear accelerator with high Brilliance and low Emittance)
ELI	Extreme Light Infrastructure
EMFL	European Magnetic Field Laboratory
EOSC	European Open Science Cloud
EPTN	Europäisches Partikeltherapie-Netzwerk
ERC	European Research Council
ESFRI	European Strategy Forum on Research Infrastructures
ESRF	European Synchrotron Radiation Facility
EURAD	European Joint Programme on Radioactive Waste Management

F

FAIR	Findable, Accessible, Interoperable, Reusable
FEL	Free-Electron Laser
FELBE	Free-Electron Laser at ELBE
FET	Field-Effect Transistor
FIB	Focused Ion Beam
FPGA	Field Programmable Gate Array
FZJ	Forschungszentrum Jülich

G

GB	Geschäftsbereich
GMP	Good Manufacturing Practice
GPU	Graphikkarten-Computing
GSI	Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung
GSI/FAIR	GSI/Facility for Antiproton and Ion Research in Europe

H

hbN	hexagonal boron Nitride
HED	High-Energy-Density-Instrument (at European XFEL)
HESEB	Helmholtz-SESAME Beamline in the Soft X-ray Regime
HGF	Helmholtz-Gemeinschaft
HIB	Helmholtz International Beamlines
HIBEF	Helmholtz International Beamline for Extreme Fields (at European XFEL)
HIF	Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie
HIFIS	Helmholtz Federated IT Services
HLD	Hochfeld-Magnetlabor Dresden
HPC	High Performance Computing
HR	Human Resources
HZB	Helmholtz-Zentrum Berlin
HZDRI	HZDR Innovation GmbH

I

IBC	Ion Beam Center
IBMM	Conference on Ion Beam Modification of Materials

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IR	Infrarot-Bereich
IRMMW-THz	International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves
IVF	Impuls- und Vernetzungsfonds

K

KI	Künstliche Intelligenz
KIC	Knowledge and Innovation Community
KIT	Karlsruher Institut für Technologie

L

LCLS	Linac Coherent Light Source (in Stanford)
LEAPS	League of European Accelerator-based Photon Sources
LET	Linear Energy Transfer
LK-II	Leistungsklasse II (Helmholtz-Großgeräte mit Nutzerbetrieb)
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität München

M

MFD	Materialforschungsverbund Dresden
MGH	Massachusetts General Hospital
MHD	Magnetohydrodynamik
MHELThERA	Monash-Helmholtz Laboratory for Radio-Immuno-Theranostics
ML	Machine Learning
MML	Von Materie zu Materialien und Leben
MoU	Memorandum of Understanding
MPI-CBG	Max-Planck-Institut für molekulare Zellbiologie und Genetik
MR	Magnetresonanz
MRI	Magnetresonanz-integriert
MRI	Magneto-Rotationsinstabilität
MR-LINAC	Magnetresonanz-Linearbeschleuniger
MR-PT	Magnetresonanz-Protonentherapie
MT	Materie und Technologien

N

NCRO	Nationales Zentrum für Strahlenforschung in der Onkologie
NCT	Nationales Centrum für Tumorerkrankungen
NFDI	Nationale Forschungsdaten-Initiative
NIF	National Ignition Facility (in Livermore)
NTCP	Normal Tissue Complication Probability

O

OI	Optische Bildgebung
----	---------------------

P

PET	Positronen-Emissions-Tomografie
PET/CT	Positronen-Emissions-Tomografie/Computer-Tomografie
PET/MR	Positronen-Emissions-Tomografie/Magnet-Resonanz-Tomografie
PGI	Prompt-Gamma Imaging
PHELIX	Petawatt High Energy Laser for Heavy Ion Experiments (at GSI)
PoF	Programmierorientierte Förderung (der Helmholtz-Gemeinschaft)
PT2030	Echtzeit-adaptive Protonentherapie der nächsten Generation

R

RADIATE	Research And Development with Ion beams – Advancing Technology in Europe
RBE	Relative Biologische Wirksamkeit
ROBL	Rossendorf Beamline (at the ESRF)
ROFEX	ROssendorf Fast Electron beam X-ray Tomograph
RSE	Wissenschaftliche Software-Entwicklung
RSF	Russian Science Foundation

S

SAC	Scientific Advisory Board
SPECT	Singlephotonen-Emissions-Computer-Tomografie
SRF	Superconducting Radio Frequency Photo Electron Injector
STFC-UKRI	Science and Technology Facilities Council / UK Research and Innovation

T

TDR	Technical Design Report
TELBE	Terahertz facility at ELBE
TOPFLOW	Transient two-Phase FLOW test facility
TRL	Technology Readiness Level
TT	Technologietransfer
TUBAF	TU Bergakademie Freiberg
TUD	Technische Universität Dresden

U

UFZ	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
UKD	Universitätsklinikum Dresden
UMCG	University Medical Center Groningen

V

VUV	Vakuum-Ultraviolett-Strahlung
VUV-FEL	Freie-Elektronen-Laser im Vakuum-Ultraviolett-Bereich

W

WHELMI	Weizmann-Helmholtz Lab for Laser Matter Interaction
WT	Wissenstransfer

X

XFEL _____ Röntgen-Freie-Elektronen-Laser

Z

ZfK _____ Zentralinstitut für Kernforschung

ZRS _____ Zentrum für Radioökologie und
Strahlenforschung

ZRT _____ Zentrum für Radiopharmazeutische
Tumorforschung

Empfehlungen des Helmholtz-Senats im Rahmen der PoF-IV

Das HZDR betreffende Senatsempfehlungen für den Forschungsbereich MATERIE

Die Beteiligten des Forschungsbereiches sollen in der vierten Programmperiode

- offen sein für neue Forschungslinien und neue Themen,
- attraktiv für junge und aufstrebende Wissenschaftler*innen sein; eine Vorbildfunktion für durchschlagende Maßnahmen im Umgang mit der gesellschaftlichen Vielfalt übernehmen,
- innerhalb der verschiedenen Projekte die Industriekontakte konkret implementieren,
- die Koordination der Forschungsgemeinschaft in Deutschland stärken und stärker übernehmen, um die Ziele der Helmholtz-Gemeinschaft (im Bereich Gesundheit, Energie usw.) zu fördern.
- Schließlich sollen – angesichts der Entwicklung in der Informatik und der Datenwissenschaft, die sich auf alle Facetten der Wissenschaftsprogramme auswirkt und wertvolle Synergien zwischen den Forschungszentren und den Einrichtungen schafft – die Planung und die Bereitstellung ausreichender Ressourcen für die Datenverarbeitung und -berechnung vorangetrieben werden.

Programm Materie und Technologien (MT)

- Die starke Führungsposition der Helmholtz-Zentren im Bereich Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (F&E) von Teilchenbeschleunigern sollte nachdrücklich und voll unterstützt werden; das Programmthema ist entlang der vorgeschlagenen Meilensteine fortzusetzen.
- Ein Meilenstein hinsichtlich effizienterer F&E soll aber für zukünftige technische Infrastrukturen und Beschleunigerprojekte hinzugefügt werden.

- Nachhaltige Karrierestrategien in dem Programm, die auch die Verfügbarkeit von Schlüsseltechnologien (zum Beispiel von ASIC-Ingenieuren) garantieren, sind sicherzustellen.
- Das neue Programmthema Datenmanagement und Analyse (DMA) mit seiner großen Vision sollte sich nun zu einem ausgereiften Projekt entwickeln, gegenwärtige Aktivitäten sollten entsprechend fortgeführt werden.

Programm Von Materie zu Materialien und Leben (MML)

- Die großen Herausforderungen, die die Helmholtz-Zentren mit ihrer Kompetenz bewältigen können, und die führende Rolle der Helmholtz-Gemeinschaft deutlich herausstreichen.
- Verstärkung des Engagements für die Terahertz-Methodik und -Wissenschaft, um in der laufenden „Terahertz-Revolution“ weltweit führend zu werden.
- Verbesserung der Koordination zwischen Material- und Geräteforscher*innen an den Großgeräten.

Empfehlungen zu den assoziierten LK-II-Forschungsinfrastrukturen

- Ein CDR (gefolgt vom TDR) ist für DALI als Vorhaben des ELBE-Ausbaus vorzulegen.
- Die HIBEF-Anlage am European XFEL ist in den ersten Jahren der PoF-IV-Periode in Betrieb zu nehmen.
- Am IBC sollen Spitzentechnologien und wissenschaftliche Aktivitäten, die eine Führungsposition in der Ionenstrahltechnologie und -anwendung versprechen, verstärkt werden.

Das HZDR betreffende Senatsempfehlungen für den Forschungsbereich GESUNDHEIT

- Aufrechterhaltung der starken Grundlagenforschung, um die translationale Forschung weiter voranzubringen.
- Förderung translationaler Forschung mit verstärktem Fokus auf präventive Medizin und dem Ziel, das öffentliche Bewusstsein für Prävention zu stärken, um die Belastung durch Krankheiten zu reduzieren.
- Adressierung von globalen und öffentlichen Gesundheitsfragen.
- Fokussierung auf datengesteuerte Diagnostik, Früherkennung, Behandlung und Vorbeugung in allen Bereichen der Gesundheit inklusive kontinuierlicher Integration von Data Science mit Schwerpunkt auf Künstlicher Intelligenz in allen Programmen/Zentren auf höchster Ebene.

- Weitere Förderung der gemeinsamen Ansätze zwischen den verschiedenen Zentren und von Austausch und Transfer von Wissen.
- Förderung innovativer Forschung durch Rekrutierung der besten Talente, unabhängig von Herkunft und Geschlecht; Anzahl der Frauen in Führungspositionen erhöhen; Nachwuchswissenschaftler*innen weiterentwickeln und unterstützen; Physician Scientists vermehrt ausbilden und Zusammenarbeit mit klinischer Forschung steigern.
- Schwerpunkt auf die Etablierung eines Nationalen Krebspräventionszentrums legen, in dem Fachwissen und Expertise im Bereich Data Science, molekulare Analyse und Risikomanagement für die Bevölkerung gebündelt werden sollen.
- Auf datengestützte personalisierte Diagnostik zur Patienten-Stratifizierung hinarbeiten.
- Zentrumsweite Zusammenarbeit und Austausch zwischen den Abteilungen ausbauen.
- Vernetzung zwischen herausragender immunologischer Grundlagenforschung und klinischer Forschung im Bereich der Immuntherapie verstärken.

Programm Krebsforschung (CR)

- Vorhandene Kooperationen mit den klinischen Partnern innerhalb DKTK und NCT stärken und gleichzeitig die NCT-Standorte erweitern.
- Zusammenarbeit mit anderen Programmen/Zentren ausbauen, z.B. in den Bereichen Immuntherapie, Infektion, Stoffwechselerkrankungen und neuen Technologien.

Das HZDR betreffende Senatsempfehlungen für den Forschungsbereich ENERGIE

- Um den Impact der Forschung auf die Energiewende zu erhöhen, empfiehlt das Gremium, die vorgeschlagene Roadmap als zentrales Strategieinstrument auf höchster Ebene (Vizepräsident) zu nutzen und die Integration zwischen dem Programm Energiesystemdesign und Materialien und Technologien für die Energiewende mit umfassenden Feedback-Schleifen und abgestimmten Zielen zu optimieren.
- Umfassendes Talentmanagement: Die Vorstände der Zentren werden ermutigt, die Strategie zu nutzen, um die Belegschaft auf allen Ebenen erheblich zu diversifizieren.
- Schaffung eines Ecosystem, in dem eine zukunftsorientierte Unternehmenskultur gefördert und tief in Forschung und Entwicklung integriert wird.

Programm Materialien und Technologien für die Energiewende (MTET)

- Auf dem Gebiet der elektrochemischen Speicherung (1) sollte die Recyclingstrategie vom Anfang der Wertschöpfungskette an integriert werden und (2) die Ansätze sollten sorgfältig ausgewählt werden, um sich auf die viel versprechendsten Technologien zu konzentrieren.
- Im Bereich der Ressourcen- und Energieeffizienz sollte ein stärker bedarfsorientierter statt kompetenzorientierter Ansatz gewählt werden, um sich auf die Transformation des Energiesystems zu konzentrieren.

Programm Nukleare Entsorgung, Sicherheit und Strahlenforschung (NUSAFE)

- Angesichts des bevorstehenden Ausstiegs aus der Kernenergieproduktion hängt der Erfolg von NUSAFE mit all seinen Themen entscheidend vom erfolgreichen Zusammenspiel zwischen (1) einem starken Engagement der Regierung, (2) der Aufrechterhaltung wissenschaftlicher Qualität von Weltrang und Investitionen in erstklassige Infrastruktur wie HOVER, (3) strategischer Planung und (4) der Rekrutierung und Bindung junger Talente und Lehrkräfte ab.
- In Abstimmung mit den zuständigen Ministerien soll das Helmholtz-Team ein Konzept entwickeln und umsetzen, das diesen vier Anforderungen gerecht wird. Dabei sollten insbesondere folgende Aspekte berücksichtigt werden:
 - Entwicklung der eigenen, auf die Regierungspolitik abgestimmten Forschungsstrategie zur Bewältigung der spezifischen Herausforderungen in Deutschland im internationalen Kontext auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit einschließlich der Herausforderungen der längerfristigen Zwischenlagerung.
 - Klare Vision für die Allokation von Personalressourcen.
 - Auswahl der wichtigsten langfristigen strategischen Partner in Ländern mit einem langfristigen Engagement in der Kernenergie.

HZDR 2030+ Moving Research to the NEXT *Level* for the NEXT *Gens*

HZDR-STRATEGIEKONZEPT

www.hzdr.de

HZDR
HELMHOLTZ ZENTRUM
DRESDEN ROSSENDORF