



Aus Forschung wird Zukunft

Grundlagen, Transfer,
Anwendungen – DESYs Beitrag
zu den Schlüsseltechnologien
unserer Zeit

DESY in Zahlen

1959

Gründung
Deutsches Elektronen-
Synchrotron DESY in Hamburg

2

Standorte
• Hamburg
• Zeuthen

3000

Beschäftigte
aus 75 Nationen

4

Forschungsbereiche
• Beschleuniger
• Forschung mit Photonen
• Teilchenphysik
• Astroteilchenphysik

ca. 1000

**wissenschaftliche
Publikationen**
in renommierten Fachzeit-
schriften jährlich

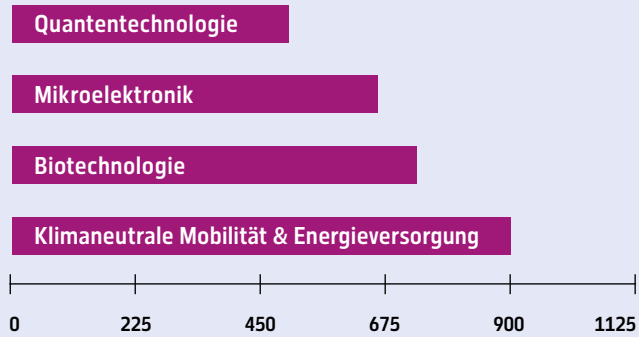
ca. 1000

Kooperationsverträge
mit forschenden Unternehmen

3000

Gastforschende
(jährlich) aus über 60 Ländern

PETRA-Röntgenanalysen sind ein Hebel
für die Hightech Agenda Deutschland



Zahl der PETRA III-Publikationen zu den Themen
der Hightech Agenda Deutschland, Stand: Juli 2025

Hightech Agenda Deutschland (HTAD)

DESYs Beitrag zu den
Schlüsseltechnologien
unserer Zeit

Das Deutsche Elektronen-Synchrotron DESY ist ein international führendes Forschungszentrum mit zwei Standorten in Hamburg und Zeuthen. Unsere 3000 Mitarbeitenden betreiben Forschung mit Teilchenbeschleunigern und hochsensiblen Detektoren, mit Observatorien und besonderen Röntgenlichtquellen. Dabei gewinnen sie **neue Erkenntnisse** auf allen Ebenen: von den kleinsten Bausteinen der Materie bis hin zu den größten Strukturen im Kosmos.

Im Zentrum stehen unsere Anlagen in Hamburg: Sie machen zum Beispiel Vorgänge im Nanobereich sichtbar – Prozesse, die sich auf der Ebene von Millionstel Millimetern abspielen, wie etwa die Anordnung von Atomen in einem Kristall. Auch ultraschnelle Vorgänge, die binnen Billiardstel Sekunden ablaufen, lassen sich bei DESY analysieren – etwa das Zusammenspiel von Molekülen in einer chemischen Reaktion. Unsere Röntgenlichtquelle **PETRA III** ist bereits heute eine äußerst leistungsfähige Anlage für solche Untersuchungen. Unser Zukunftsprojekt **PETRA IV** kann als universelles 4D-Röntgenmikroskop die Leistungsfähigkeit beim Blick in die Mikrowelt nochmals um den Faktor 1000 steigern – und eine weltweit einzigartige Forschungsinfrastruktur hervorbringen. Mitten in Hamburg und im Herzen der neu entstehenden Science City Hamburg Bahrenfeld.

Was zeichnet DESYs Forschung aus?

Durch Messungen und Experimente an unseren Großgeräten besetzen wir eine **entscheidende Schnittstelle** am Übergang von Grundlagenforschung zur Anwendungsforschung: Wir gewinnen grundlegende Erkenntnisse über die Vorgänge tief im Innersten der Materie und über die Interaktionen von Teilchen im All. Aber wir haben immer auch mögliche Anwendungen im Blick: Denn fundamental neue Erkenntnisse über die Materie, die uns umgibt, können in der Folge ganz praktisch den technologischen Fortschritt für unsere Gesellschaft voranbringen.

Gerade weil unser Forschungsansatz so sehr in die Tiefe geht, sind die Möglichkeiten bei der Anwendung unserer Ergebnisse besonders breit: Forschung am atomaren Fundament aller materiellen Prozesse kann auch Neuerungen in allen Innovationsfeldern beflügeln, von der Biotechnologie bis hin zum Quantencomputing. DESYs Anlagen sind daher ein Paradebeispiel für eine **nationale Forschungsinfrastruktur**, mit der Wissenschaft zum „Enabler“ neuer Technologien wird.

Die sechs Schlüsseltechnologien

Auf den folgenden Seiten schauen wir uns jene sechs Innovationsfelder an, die in der Hightech Agenda Deutschland (HTAD) als **Schlüsseltechnologien** für unsere Wettbewerbsfähigkeit hervorgehoben sind. Wir erzählen, wie jede dieser Technologien konkret von Forschung mit unseren Röntgenlichtquellen oder von den Hightech-Werkzeugen unserer Teilchenphysik profitiert. Und wie unser Forschungszentrum fast alle der zentralen **Hebel** bedient, durch die Innovationen in Deutschland schneller in marktfähige Produkte überführt werden sollen.

6_ Mikroelektronik

Das Rückgrat unserer digitalen Zukunft

12_ Klimaneutrale Energieerzeugung und Fusion

Die Schlüssel für CO₂-armes Wirtschaften

18_ Biotechnologie

Der Motor für medizinische Innovationen

24_ Künstliche Intelligenz

Das Fundament für die digitale Wettbewerbsfähigkeit

28_ Quantentechnologie

Phänomene aus der Welt der kleinsten Teilchen nutzbar machen

34_ Technologien für klimaneutrale Mobilität

Mit neuen Ideen an die Spitze der grünen Bewegung

38_ Mit der Kraft der neun Hebel

DESYs Beitrag zu den Innovationshebeln der Hightech Agenda Deutschland

Luftbild des DESY-Campus in Hamburg-Bahrenfeld mit Blick auf die große Experimentierhalle von DESYs Röntgenlichtquelle PETRA III.



Blick in die Nanoebene: Röntgenlichtquellen wie DESYs Zukunftsprojekt PETRA IV können Mikrochips in Rekordzeit im Detail vermessen.

Mikroelektronik

Das Rückgrat unserer digitalen Zukunft

Mikroelektronik nimmt in der HTAD eine zentrale Position ein. Denn sie bildet das Rückgrat unserer digitalen Zukunft. Fortschritte bei Design und Herstellung von Mikrochips oder Transistoren beeinflussen nicht nur die Performance jeder einzelnen denkbaren technischen Anwendung. Sie sind auch entscheidend für künftige Durchbrüche bei anderen Mega-Themen wie Quantentechnologie, Künstliche Intelligenz oder Energieversorgung. Kein Wunder, dass die großen Wirtschaftsmächte USA und China jeweils eigene, sehr entschlossene Förderinstrumente geschaffen haben, um sich auf dem Feld der Mikroelektronik zu positionieren. Ebenso die EU: Sie verfolgt das strategische Ziel, ihren Anteil an der weltweiten Chip-Produktion bis zum Jahr 2030 auf 20 Prozent zu verdoppeln, um ihre **Technologiesouveränität** zu stärken. Mit den Maßnahmen der HTAD und der Mikroelektronikstrategie der Bundesregierung soll technologische Exzellenz „Made in Germany“ dazu einen großen Beitrag leisten.



„Mit unseren Forschungsanlagen und unserer messtechnischen Expertise kann DESY zum Impulsgeber für Deutschlands Mikroelektronik-Strategie werden – und zur technologischen Souveränität Europas beitragen.“

ULRICH HUSEMANN,
Direktor für den Bereich Teilchenphysik

Warum sind die Röntgenlichtquellen von DESY dabei entscheidend?

Durchbrüche in der Mikroelektronik gelingen nicht allein durch den Bau von Chipfabriken oder durch bessere Software-Tools. Jeder Fortschritt hängt zuallererst davon ab, wie tiefgreifend unser Verständnis des Chipmaterials selbst ist, vor allem der Halbleiterkristalle. Und davon, wie exakt wir die Prozesse verstehen, die sich auf molekularer Ebene abspielen, während Mikrochips hergestellt werden oder in Benutzung sind. DESYs Forschungsinfrastrukturen beantworten für Partner aus Wissenschaft und Industrie genau diese Fragen. Arbeiten an PETRA III haben bis heute schon rund 600 wissenschaftliche Publikationen im Bereich der Mikroelektronik hervorgebracht. DESY ist daher ein **unverzichtbarer Motor** aller Bestrebungen, das strategische Ziel einer souveränen Mikroelektronik in Deutschland zu erreichen. Und zwar gleich in mehreren Rollen:

- 1 — DESY ist ein wichtiger „Lab-to-Fab“-Beschleuniger
- 2 — Nationales Zentrum für Nano-Messtechnik
- 3 — DESYs Ökosystem als Treiber für Innovationen in der Mikroelektronik

1 DESY als „Lab-to-Fab“-Beschleuniger

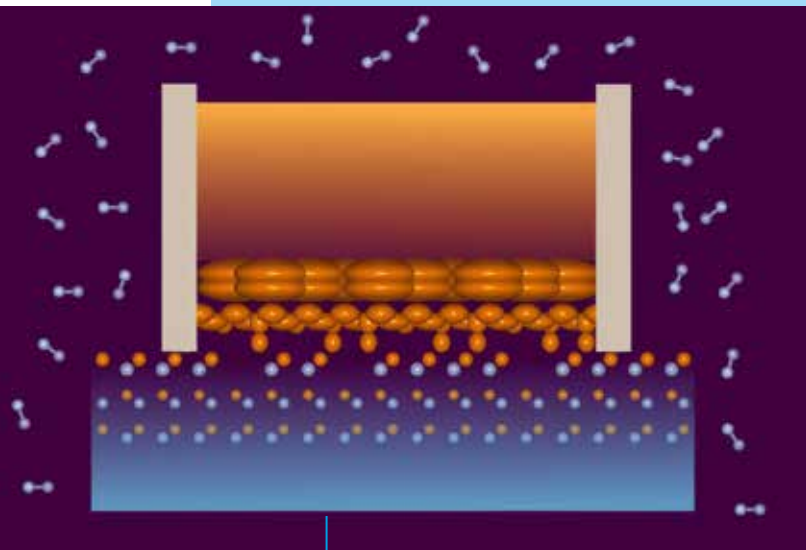
Analysen an PETRA III und zukünftig auch PETRA IV bilden die Brücke zwischen Laborforschung und industrieller Massenfertigung neuer elektronischer Bauteile.

Prozess- und Qualitätskontrolle mit atomarer Präzision: Wie verhalten sich Halbleiterkristalle während der Chip-Produktion? Welche Defekte im Atomgitter können unter Belastung entstehen? Wie wären sie zu vermeiden? DESY ermöglicht Mikrochip-Herstellern ein tieferes Verständnis ihrer Produktionsprozesse. Mit unserem hochbrillanten Röntgenlicht lässt sich das Verhalten von Hochleistungsmaterialien wie Siliziumkarbid oder Galliumnitrid bis auf Millionstel Millimeter genau untersuchen. So erreichen neue Entwicklungen die Prozessreife viel schneller als bisher.

Mit KI schneller zu neuen Elektronikmaterialien:

Unsere Röntgenlichtquellen liefern gewaltige Mengen hochpräziser Daten – auch über die Eigenschaften ganz neuer Materialien. Mithilfe von KI lassen sich diese Daten auswerten und Materialien für die industrielle Nutzung viel schneller und sicherer qualifizieren, unter anderem mithilfe „Digitaler Zwillinge“. Das reduziert die Vorlaufzeit für neuartige Produkte in der Mikroelektronik drastisch. Und es beschleunigt die Suche nach neuen photonischen Materialien für die Quantentechnologie, bei denen Schaltungen mit Laserlicht funktionieren und nicht mehr nur auf den Fluss von Elektronen angewiesen sind.

Leistungsstärkere Sensoren: Verbesserungen in der Elektronik machen wiederum Fortschritte in einem benachbarten Feld erst möglich – beim Design von Sensoren für besonders intensive Strahlung. Dank der Erfahrung mit unseren Röntgenlichtquellen können wir helfen, Chip und Elektronik immer besser „aus einem Guss“ zu gestalten. Solche optimierten Sensoren liefern stabile Ergebnisse sogar noch unter extremen Bedingungen. Diese DESY-Entwicklungen wurden ursprünglich für Experimente der Teilchenphysik am LHC-Beschleuniger beim Forschungszentrum CERN in Genf entworfen. Sie erweisen sich aber auch als nützlich für Forschung im Weltraum – oder bei der Analyse neuer Strahlentherapien bei Krebserkrankungen.



Erkenntnisse aus dem Druckofen: Forschende untersuchten Kristalle des Halbleiters Galliumnitrid im Röntgenlicht – so wollen sie die Vorgänge an Metallgrenzschichten besser verstehen.



Sensoren im Stresstest: Im Reinraum bei DESY bestücken Forschende den Rahmen für einen zukünftigen Detektor. Die hier verbauten Sensoren müssen unter extremen Bedingungen funktionieren und werden stetig weiterentwickelt.

2 Nationales Zentrum für Nano-Messtechnik

Forschende bei DESY entwickeln Methoden und Standards, die für Präzisionsmessungen in der gesamten Elektronikbranche Bedeutung haben.

Sicherheitsprüfung: Mit unseren Röntgenlichtquellen können importierte Mikrochips bis auf die Ebene einzelner Transistoren durchleuchtet werden: zur Prüfung auf Manipulationen oder „Hintertüren“. Eine solche Prüfung würde heute an PETRA III oder anderen bereits laufenden Röntgenlichtquellen noch mehrere Jahre dauern. Mit unserer geplanten Anlage PETRA IV wird dieselbe Prüfung innerhalb weniger Tage möglich sein.

Zertifizierung neuer Technologien: Neuentwicklungen in der Mikroelektronik wie die 3D-Integration von Chiplets oder die Methode des „Advanced Packaging“ können Datenverarbeitung auf ein neues Level heben. Wir können mit unserer Röntgenmikroskopie die Zuverlässigkeit und Funktionalität neuer Technologien unter verschiedensten Belastungs- und Einsatzbedingungen prüfen und Standards für ihre Nutzung in der industriellen Praxis setzen und zertifizieren.

Spin-off-Nutzen zur Standardisierung: Methoden, die ursprünglich für die Steuerung unserer hochkomplexen Forschungsanlagen selbst entwickelt wurden, können oft erfolgreich auf industrielle Prozesse übertragen werden. Etwa der Standard MicroTCA.4, der die präzise Zusammenarbeit von Messsensoren und Rechenmodulen in manchen Forschungsgeräten steuert und heute bei der Automatisierung in der Industrie eine Rolle spielt. DESY baut dieses Feld mit konkreten Projekten weiter aus, in Kooperationen mit deutschen (NAT, Struck) und italienischen (CAENels) Unternehmen.



Hochmoderne Laborbedingungen für bahnbrechende Innovationen: Das Centre for X-ray and Nano Science (CXNS) kombiniert Röntgenlichtforschung mit Nano- und Materialwissenschaften.

Eröffnung 2027: die DESY Innovation Factory – ein integriertes Technologie- und Gründungszentrum auf dem DESY-Campus und im Innovationspark Altona.



3

DESYs Ökosystem als Treiber für Innovationen in der Mikroelektronik

Durch seine diversen Rollen bei Innovationen im Chipbereich ist das Forschungszentrum mit seinen Anlagen ein entscheidender Ankerpunkt, an dem sich Wissenschaft und Wirtschaft vernetzen.

Förderung von DeepTech-Start-ups: Die DESY Innovation Factory bietet jungen Unternehmen an zwei Standorten Zugang zu 8500 m² Hightech-Laboren und spezieller Infrastruktur für Quantentechnologien und Elektronik, um wissenschaftliche Ausgründungen marktfähig zu machen.

Community-Building: DESY dient als Technologiezentrum für regionale und nationale Netzwerke, um den Austausch von Know-how zwischen Universitäten, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und der Halbleiterindustrie zu fördern. Zum Beispiel mit dem Northern Chip Network oder im komplementären Austausch etwa über die enge Verbindung

unserer Materialanalyse mit der Chipdesign-Kompetenz an den Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft.

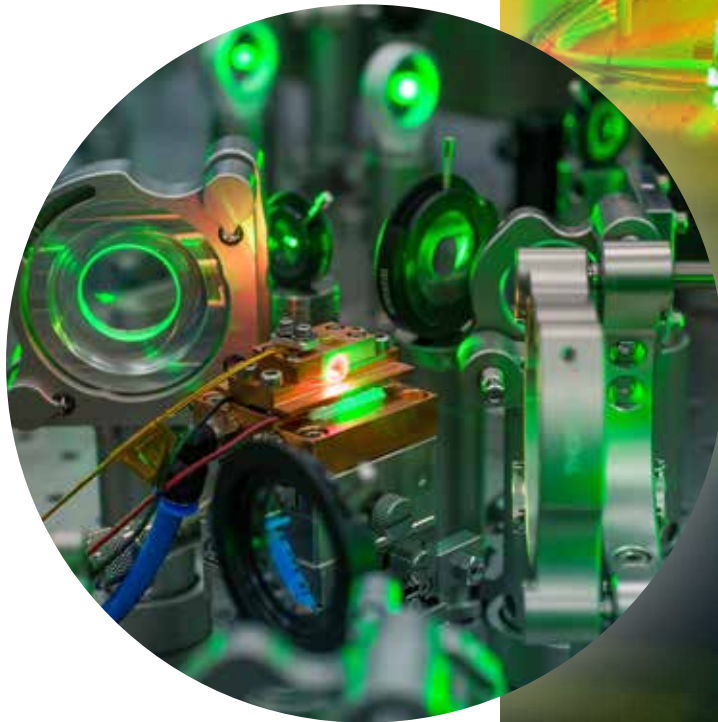
Anbindung an europäische Initiativen: DESY fungiert als Brücke zum European Chips Act (2023), indem es nationale Forschungskapazitäten mit europäischen Pilotlinien (etwa in Frankreich oder Belgien) koordiniert.

DESY als Partner im Kompetenzzentrum Chipdesign: Gemeinsam mit anderen deutschen Forschungszentren möchten wir im geplanten Kompetenzzentrum Chipdesign der HTAD mitwirken. Damit sollen die Fähigkeiten hiesiger Institutionen im Chipdesign gezielt gebündelt und der deutschen Forschung und Industrie zur Verfügung gestellt werden. Auch die neuen, weltweit einzigartigen Möglichkeiten an unserer zukünftigen Anlage PETRA IV würden hier allen Partnern zur Verfügung stehen.



„Bessere Materialien für Solarmodule, effizientere Chemie für Batterien, stärkere Laser für die Trägheitsfusion: Von den Forschungsmethoden bei DESY können sämtliche Energietechnologien profitieren.“

WIM LEEMANS,
Direktor des Beschleunigerbereichs



Neue Beschleunigertechnologien wie dieser Hochleistungslaser ebnen den Weg zu Fusionsreaktoren der Zukunft.



Klimaneutrale Energieerzeugung und Fusion

Die Schlüssel für CO₂-armes Wirtschaften

Welchen Beitrag leisten die Forschungs- infrastrukturen von DESY?

Die klimaneutrale Energieversorgung gehört zu den größten technologischen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts – und entwickelt gerade eine enorme Dynamik: Allein 2025 wurden weltweit fast 700 Gigawatt neue Kapazitäten rein aus **erneuerbaren Energiequellen** installiert, ein Rekordwert. Gleichzeitig sollen in Deutschland bis zum Jahr 2030 rund 80 Prozent des Stromverbrauchs aus erneuerbaren und anderen CO₂-armen Quellen gedeckt werden. Dafür braucht es leistungsfähigere Batterien, effizientere Wasserstofftechnologien, belastbare Stromnetze sowie ganz neue Materialien und Prozesse für Energieumwandlung und -speicherung. Und entschlossene Forschungs- und Entwicklungsinitiativen für eine Nutzung der Kernfusion als Energiequelle. Die Impulse der HTAD sollen sicherstellen: Diese Innovationen entstehen zum großen Teil in Deutschland. Denn die Energiewende entscheidet nicht nur über den Klimaschutz, sondern auch über wirtschaftliche Souveränität, industrielle Wertschöpfung und die Resilienz moderner Gesellschaften.

An den Röntgenlichtquellen und Forschungsanlagen von DESY untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler fundamentale Fragen, die für das Verständnis, aber auch für Innovation und Skalierung neuer Energiesysteme wichtig sind: Wie funktionieren **Materialien für die Energiewende** unter realen Bedingungen? Was genau geschieht im Inneren einer Batterie während der Ladezyklen? Wie verhalten sich Katalysatoren während chemischer Reaktionen oder Werkstoffe für Fusionsreaktoren unter extremen Belastungen? Unsere Anlagen machen heute schon sichtbar, wie sich Atome und Moleküle während solcher Prozesse verändern oder was an der Grenzfläche zweier Stoffe geschieht – teilweise in Echtzeit. Unser geplantes Röntgenmikroskop PETRA IV wird solche Einblicke noch viel schneller und präziser möglich machen. So entsteht auch in diesem Bereich bei DESY neues Grundlagenwissen, das direkt in neue Technologieentwicklungen übersetzt werden kann. Das Ziel: Energietechnologien effizienter, stabiler und schneller marktreif machen.

- 1 — Neue Materialien für die Energieumwandlung
- 2 — Technologien für die Kernfusion
- 3 — Energiespeicher der nächsten Generation

1 Neue Materialien für die Energieumwandlung

Die wachsende Effizienz bei der Nutzung erneuerbarer Energien ist ein entscheidender Hebel der Energiewende. Denn anders als klassische Verbrennungstechnologien, deren Wirkungsgrade physikalisch bereits weitgehend optimiert sind, bieten Solarzellen oder Wasserstoffsysteme noch enormes Entwicklungspotenzial. Bei DESY untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler deshalb genau die Prozesse und Materialien, die über Energieverluste, Stabilität und Leistungsfähigkeit solcher Technologien entscheiden.

Solarzellen der nächsten Generation: Neuartige Solarzellen auf der Basis von Perowskiten versprechen höhere Wirkungsgrade als herkömmliche Zellen aus Silizium. Sie können Energie aus Sonnenlicht mit einer um mehrere Prozentpunkte höheren Effizienz „ernten“. Allerdings nutzen sich diese Materialien im Betrieb noch zu schnell ab. Besonders bei neuen Tandem-Solarzellen entscheiden winzige Grenzflächen zwischen verschiedenen Materialschichten über die Effizienz des Elektronenflusses und die Lebensdauer. Mit unseren hochbrillanten Röntgenlichtquellen lassen sich diese Schlüsselstellen unter realen Betriebsbedingungen beobachten. Das tiefe Verständnis des Alterungsprozesse soll dabei helfen, neue photovoltaische Materialien schneller marktreif zu machen. Ähnliche Analysen können auch die Entwicklung von organischen Solarzellen beschleunigen.

Wasserstoff effizienter herstellen: Wieviel Energie geht verloren, wenn wir zum Beispiel überschüssigen Solarstrom mithilfe von Wasserstoff speichern? Der Wirkungsgrad – also die Effizienz, mit der ein Elektrolyseur den Strom nutzt, um damit Wassermoleküle aufzuspalten – ist ein entscheidender Faktor für die Energiewende. Und ein weiterer Anwendungsbereich für den Röntgenblick der DESY-Anlagen. Gemeinsam mit Gastforschenden von Universitäten und Partnerinstituten nehmen DESY-Teams zum Beispiel die Grenzfläche in den Blick, die zwischen dem Wasser und dem Elektrodenmaterial im Elektrolyseur liegt – jenen Ort, an dem die Moleküle miteinander reagieren. Welches Material, welche Struktur hält dem chemischen Stress dieser Reaktion am besten stand? Und warum? Die Antworten auf diese Fragen können entscheidend dafür sein, ob eine neue Wasserstofftechnologie rentabel ist oder nicht.

Neue Energiequellen aus Grenzflächen und Nanostrukturen: Grundlagenforschung hat den Vorteil, auch scheinbar abseitige Ideen verfolgen zu können – in der Hoffnung, einen umso größeren Durchbruch zu erzielen. Im Exzellenzcluster „BlueMat“ der TU Hamburg gehen Forschende unter anderem einem solchen „Moonshot“ für die Energieumwandlung nach. Sie wollen die besonderen Eigenschaften des Wassermoleküls ausnutzen, um elektrische Spannungen nur durch einen Wechsel von trockenen und benetzten Zuständen auf speziell entwickelten Materialoberflächen zu erzeugen – für eine nachhaltige Stromerzeugung etwa in Brandungs- oder Gezeitenzonen. Auch hier zählen Expertinnen und Experten auf die DESY-Röntgenanalytik: Mit ihr lässt sich verstehen, wie genau solche Effekte auf Nanoebene entstehen und wie die Materialien beschaffen sein müssen, um sie bestmöglich zu nutzen.

Ein besseres Verständnis von Defekten in winzigen Metallteilchen könnte die Entwicklung effizienterer Katalysatoren befähigen.

Röntgenblick in 3D-gedruckte Materialien: eine wichtige Voraussetzung, um sicherere und langlebigere Bauteile zu entwickeln.

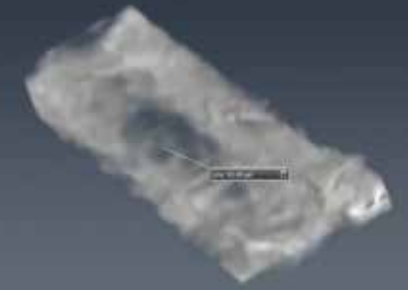
2 Technologien für die Kernfusion

Kernfusion gilt als mögliche Energiequelle der Zukunft – und die HTAD postuliert ehrgeizig, dass das erste Fusionskraftwerk der Welt in Deutschland entstehen soll. Das stellt Forschung und Technik aber noch vor Herausforderungen: Temperaturen von Millionen Grad Celsius, intensive Strahlung und hochdynamische Prozesse verlangen nach neuen Technologien und Materialien – und sind damit im Visier der DESY-Forschungsteams.

Neuer Laser mit noch neuerem Einsatzgebiet: Moderne Fusionsexperimente benötigen hochpräzise Laser- und Messtechnologien, um ultraschnelle Prozesse in dem für die Kernfusion notwendigen Plasma kontrollierbar zu machen. DESY bringt hier jahrzehntelange Erfahrung mit, weil Anlagen wie FLASH oder European XFEL längst modernste Lasertechnologien nutzen. Die Entwicklung ganz neuer Hochleistungslaser, zum Teil auf der Basis kryogen gekühlter Kristalle, begann bei DESY ursprünglich für andere Anwendungen – unter anderem für eine weltweit einzigartige, innovative Beschleunigertechnologie mit Lasern und Plasma. Nun entwickeln wir auf der Basis solcher Vorarbeiten gemeinsam mit Partnern im Projekt IFuel einen Laser speziell für den Einsatz in einem Trägheitsfusionskraftwerk. Damit nutzen wir

auch hier unsere Kompetenzen aus der Grundlagenforschung für konkrete technologische Innovationen in einer Schlüsseltechnologie.

Materialien mit mehr Plasmatoreranz: Die Plasmakammer in einem Fusionsreaktor muss starker Strahlung standhalten – und Temperaturen wie auf der Oberfläche der Sonne. Welche Materialien eignen sich dafür? Die Antwort auf diese Frage liegt in der Mikrostruktur jener Metalle, aus denen etwa die Innenwände des Reaktors gebaut werden sollen. Solche Mikrostrukturen lassen sich mit unseren Röntgenlichtquellen analysieren. So wurde in einem Experiment gezeigt, wie sich Kristallstrukturen im Inneren einer Wolfram-Edelstahl-Kombination verändern, wenn das Bauteil im 3D-Druck hergestellt wird, und wie man diese Effekte beeinflussen kann. Für die neue Lasertechnologie aus dem IFuel-Projekt ist ebenfalls eine Nutzung in der Materialforschung geplant, also schon vor dem eigentlichen Fusionsbetrieb. Die Laserpulse könnten gezielt auf geeignete Materialproben gelenkt werden, um deren Reaktion auf die Verhältnisse in einem echten Reaktor genau zu simulieren. Dabei sollen die Reaktionen im Inneren der Metallstruktur mit Röntgenlicht sichtbar werden.



3 Energiespeicher der nächsten Generation

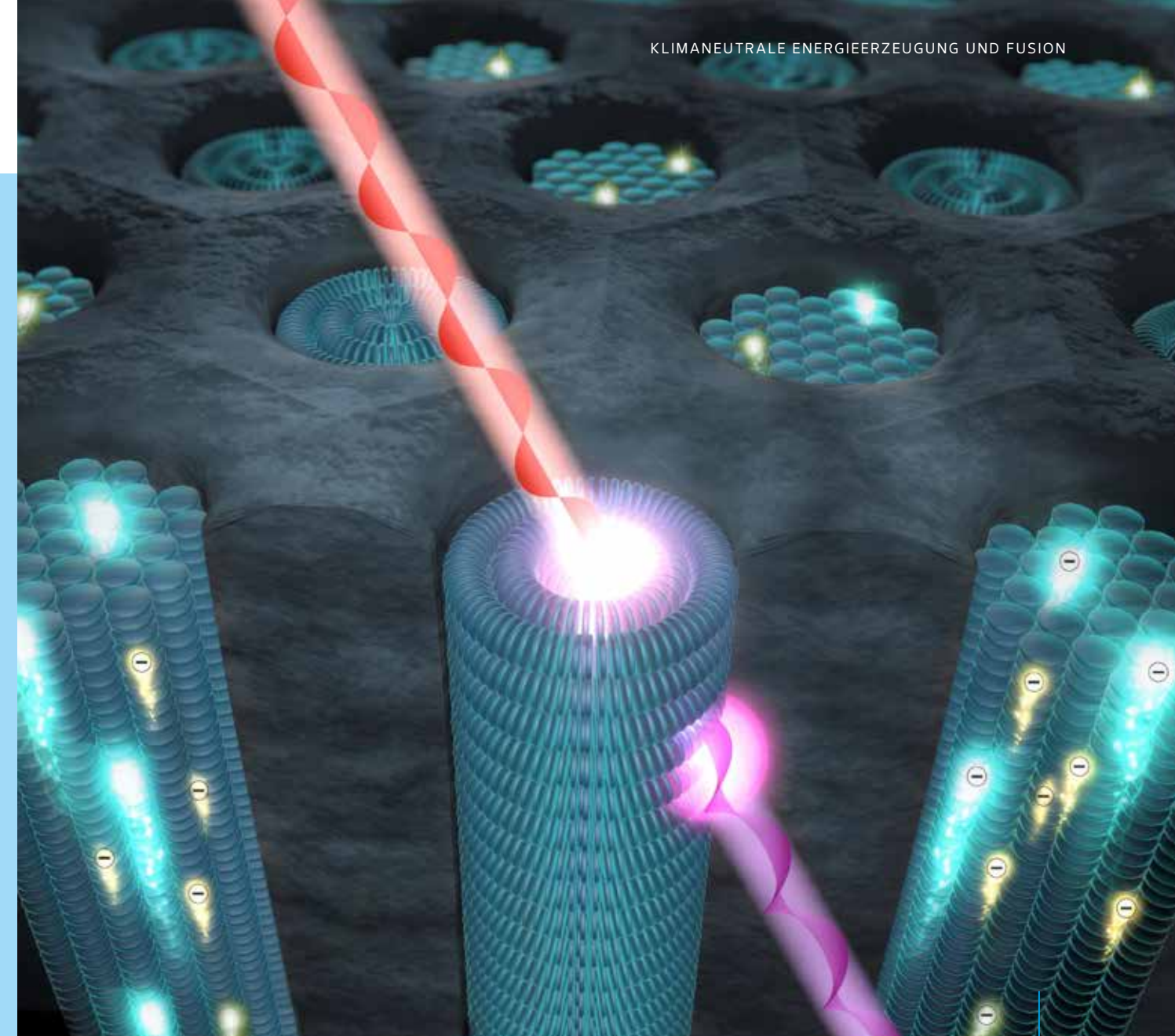
Die Entwicklung leistungsfähiger Batterien entscheidet maßgeblich über den Erfolg der Energiewende. Bei DESY untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler deshalb sowohl neue Batteriematerialien als auch industrielle Fertigungsprozesse für Energiespeicher – mit dem Ziel, Batterien leistungsfähiger, langlebiger und effizienter zu machen.

Präzisionsfertigung für die Batterieproduktion:

Moderne Batteriemodule bestehen aus hochkomplexen Materialverbünden und empfindlichen Kontaktstellen, die mit äußerster Präzision gefertigt werden müssen. Neue laserbasierte Verfahren und hochauflösende Röntgenanalysen helfen dabei, Schweißprozesse und Materialverbindungen in der Produktion zu optimieren und mögliche Defekte frühzeitig sichtbar zu machen. So trägt DESY dazu bei, dass innovative Batterietechnologien nicht nur im Labor funktionieren, sondern auch zuverlässig und effizient im industriellen Maßstab produziert werden können.

Röntgenblick ins Innere moderner Batterien:

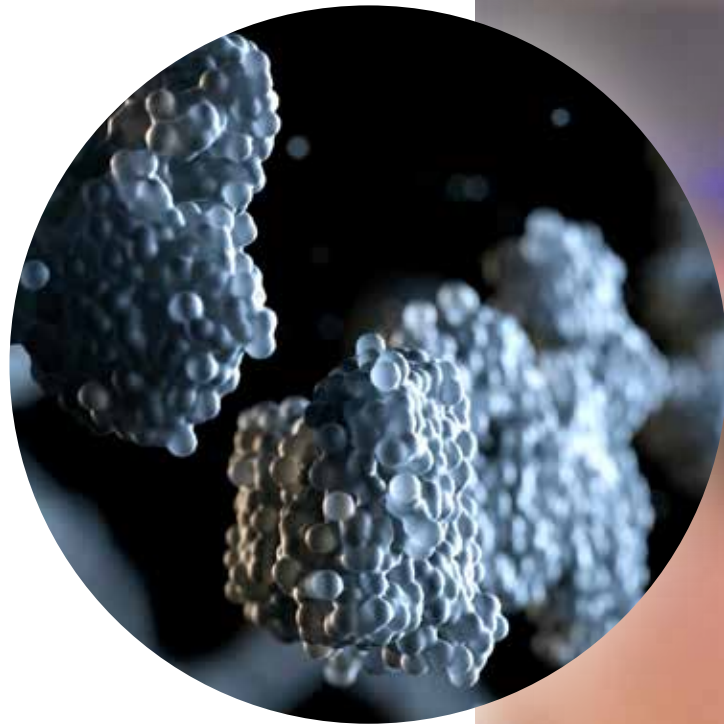
Unsere Röntgenlichtquellen können unter realen Betriebsbedingungen sichtbar machen, wie sich kristalline Materialien in Batteriezellen während des Ladens und Entladens verändern – bis hin zur Bewegung in der atomaren Struktur. So werden Abnutzungsprozesse, Materialdefekte oder chemische Veränderungen in Echtzeit sichtbar und verständlich. Gleichzeitig helfen die Analysen dabei, Materialien für neue Batterievarianten schneller zu entwickeln und für die industrielle Nutzung zu qualifizieren, etwa für Festkörperbatterien oder Natrium-Ionen-Zellen. Auch für ganz neue Batteriekonzepte, die etwa die Energiedichte, den Ionenfluss oder die Stabilität von Ladezyklen mithilfe von Lithium-Nanopartikeln verbessern wollen. Oder für Stromspeicher, die mit Naturstoffen wie organischen Aminosäuren arbeiten. Innovationen in diesem Bereich sind fast immer mit einer neuen Kombination von Chemikalien verbunden. Und um diese im Betrieb zu bewerten, braucht es brillantes Röntgenlicht, wie es die DESY-Anlagen produzieren.



Forschende können die Selbstorganisation von Flüssigkristallen präzise steuern. Damit lassen sich künftig leistungsfähigere Elektrobatterien oder Superkondensatoren entwickeln.



Bei DESY wird das Bindungsverhalten von Biomolekülen an Oberflächen untersucht. Die Ergebnisse ebnen den Weg etwa für die Entwicklung von leistungsfähigeren Katalysatoren oder selbstreinigenden Materialien.



„Bei DESY ermöglichen wir mit unseren großen Forschungsgeräten detailierte Erkenntnisse über Vorgänge im Bereich der Biomoleküle. Ein wichtiger Ort für Biotechnologie ‚Made in Germany‘.“

BRITTA REDLICH, Direktorin für den Bereich Forschung mit Photonen



Tiefe Einblicke in winzige Biomoleküle: An DESYs Forschungsanlagen kann die räumliche atomare Struktur etwa von Krankheitserregern oder Proteinen entschlüsselt werden.

Biotechnologie

Der Motor für medizinische Innovationen

Das Ziel für die Biotechnologie als Schlüsselfeld in der HTAD: Deutschland soll zum international führenden Standort für Innovationen in diesem Bereich werden – mit neuen Anwendungen in Medizin, Landwirtschaft und Industrie. Konkret plant die Bundesregierung unter anderem ein „Translationszentrum“ für Gen- und Zelltherapie sowie den systematischen Einsatz von KI, um neue Arzneimittel bis zu 50 Prozent schneller und kostengünstiger zu entwickeln.

Der Handlungsdruck ist enorm: Im internationalen Vergleich hinkt die deutsche Biotechnologiebranche zurzeit noch Wettbewerbern wie den USA und China hinterher, insbesondere bei der Frühphasenfinanzierung neuer Projekte. Dabei werden die Studien von Forschenden aus deutschen Biomedizin-instituten in internationalen Fachartikeln besonders häufig zitiert. Doch aus **Spitzenforschung** wird hier noch zu selten greifbare Wertschöpfung. Die HTAD soll das ändern – und Deutschland auch in der Biotechnologie effektiver machen.

Warum sind die Röntgenlichtquellen von DESY dabei entscheidend?

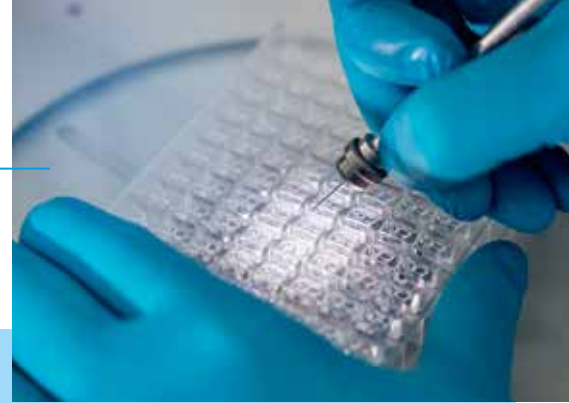
DESY vereint auf seinem Campus herausragende beschleunigerbasierte Röntgenlichtquellen: Großgeräte wie der Freie-Elektronen-Laser FLASH, der benachbarte European XFEL oder die brillanten Röntgenlichtquellen PETRA III und (in Zukunft)

PETRA IV. Mit ihnen lassen sich einzelne Zellbestandteile wie Proteine und Moleküle sowie ganze Zellen als Teil größerer Proben analysieren. Sogar die zerstörungsfreie Untersuchung von Gewebeproben mit bildgebenden 3D-Verfahren ist hier möglich. Die Lebenswissenschaften stehen dabei im Mittelpunkt: Ihnen ist rund ein Viertel der Forschungszeit an PETRA III gewidmet. Forschende bei DESY schaffen damit **entscheidende Grundlagen**, um Innovationen in der Biotechnologie voranzutreiben.

Und zwar auch dank einer einzigartigen Kombination: Unsere Hochleistungs-Röntgenlichtquellen bilden einen schlagkräftigen Verbund mit komplementären Methoden zur Strukturanalyse von Biomolekülen, die von Partnerinstitutionen in unmittelbarer Nachbarschaft betrieben werden. So können direkt auf dem DESY-Campus **einmalige Daten und Erkenntnisse** für die gesamte Gesundheitsforschung gewonnen werden – vom Kampf gegen Infektionskrankheiten und Krebs über das Studium neurodegenerative Erkrankungen bis hin zu den Mechanismen hinter gefährlichen Antibiotika-Resistenzen.

- 1** — Der DESY-Campus ist ein Zentrum für Strukturforschung an Biomolekülen
- 2** — Maßgeschneiderte Forschung an Arzneimitteln und Impfstoffen
- 3** — Ein Innovationsökosystem für die Lebenswissenschaften

Bei DESY werden Medikamente und Impfstoffe auf ihre Wirksamkeit überprüft, wie zum Beispiel während der Corona-Pandemie.



1 Der DESY-Campus ist ein Zentrum für Strukturforschung an Biomolekülen

Direkte Kooperation vor Ort – das ist bei der Forschung an Themen der Biotechnologie eine besondere Stärke. Gäste und Campuspartner nutzen unsere Expertise und Anlagen, um etwa die genauen Angriffsmechanismen von Krankheitserregern zu erforschen. Dadurch kommen sie gemeinsam neuen Wirkmechanismen für Arzneimittel auf die Spur. Die Expertinnen und Experten vom Centre for Structural Systems Biology (CSSB), an dem DESY beteiligt ist, ergänzen dazu unser Methodenspektrum um modernste Kryo-Elektronenmikroskope – direkt nebenan auf dem Campus. Und das European Molecular Biology Laboratory (EMBL) betreibt auf dem Campus eine Außenstelle – inklusive drei eigene und hochspezialisierte Strahlführungen an unserer Röntgenlichtquelle PETRA III.

So entsteht gebündelte Forschungskraft in vielen konkreten Beispielen:

Zoom in unser Denkorgan: Dank PETRA III ist es heute schon möglich, die zelluläre Architektur einzelner Bereiche des menschlichen Gehirns mit Röntgenlicht hochaufgelöst und dreidimensional darzustellen. Das hilft etwa dabei, die Alzheimer'sche Erkrankung oder Multiple Sklerose besser zu verstehen. Mit unserem Zukunftsprojekt PETRA IV können darüber hinaus nicht nur Neuronen, sondern auch ihre winzigen Verbindungen und Kontaktstellen – die Synapsen – kartiert werden. Das Ziel: eines Tages das gesamte neuronale Netzwerk verstehen. Das tiefere Verständnis der zellulären Architektur des Gehirns ebnet den Weg für neuartige und noch gezieltere Therapien bei neurodegenerativen Erkrankungen. Auch in andere

Organe sind präzise Einblicke möglich: So konnten DESY-Anlagen in Herz und Lunge winzigste Schäden der Blutgefäße bei COVID-19 darstellen oder verfolgen, wie sich Wirkstoffe im Körper bewegen.

Das Doppelgesicht der Proteinfasern: Mithilfe einer einzigartigen Kombination aus Röntgenkristallographie und Kryo-Elektronenmikroskopie konnten Forschende Erkenntnisse über Amyloide gewinnen. Diese Eiweißfasern finden sich im Gehirn von Menschen, die an der Alzheimer'schen Erkrankung leiden. Sie kommen aber auch auf der Haut von Amphibien vor, wo sie eine ganz andere und viel positivere Rolle spielen: Sie zerstören schädliche Keime. Forschende am CSSB wollen nun herausfinden, ob die nützlichen Eigenschaften der Proteinfasern auf der Amphibienhaut aktiv genutzt werden können, um ihre negative Wirkung im menschlichen Gehirn in Schach zu halten.

Körpereigene Reparaturmechanismen gegen Hautkrebs: Können wir die Selbsthilfemethoden unserer Zellen verbessern? Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler machen mit unserem Freie-Elektronen-Laser FLASH sichtbar, wie genau die Basen im Erbgut menschlicher Hautzellen auf aggressives UV-Licht reagieren. Und welche natürlichen Reparaturmechanismen die Zellen dann einsetzen, um beschädigte Stellen ultraschnell auszubessern. Ein besseres Verständnis dieser Prozesse auf molekularer Ebene kann neue Ansätze liefern, um die Entstehung von UV-bedingten Mutationen – und damit Hautkrebs – gezielter zu verhindern.

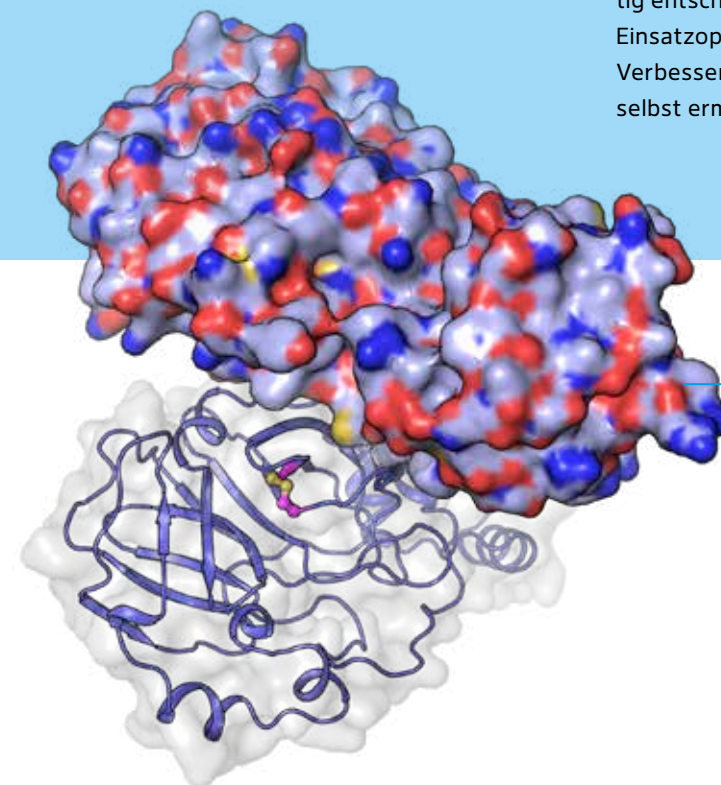
2 Maßgeschneiderte Forschung an Arzneimitteln und Impfstoffen

Mit unseren Röntgenlichtquellen lassen sich nicht nur die Mechanismen im Innersten unserer Körperzellen mit atomarer Präzision analysieren. Dieses grundlegende Verständnis der Funktionen im Nanobereich ermöglicht im nächsten Schritt auch die handfeste Entwicklung von Medikamenten, Impfstoffen und Therapien.

Impfstoffturbo: Die Firma BioNTech hat gemeinsam mit der Universität Mainz und EMBL an PETRA III erforscht, wie sich mRNA-Impfstoffe besser in Fettkapseln (Lipid-Nanopartikel) verpacken lassen, damit sie eine bessere Wirkung im Zielorganismus entfalten. Allein der wirtschaftliche Erfolg der dadurch beschleunigten Impfstoffentwicklung war erheblich, die Vermarktung der Vakzine führte 2021 zu 4,7 Milliarden Euro Ertragssteuern in Deutschland. Einnahmen für die öffentliche Hand, die ohne Grundlagenforschung nicht möglich gewesen wären. Und viel wichtiger: Die schnelle Verfügbarkeit des Impfstoffs hat weltweit Millionen Menschenleben gerettet.

Moleküle gegen Krebs: Expertinnen und Experten eines deutschen Pharmaunternehmens konnten mit dem Röntgenlicht von PETRA III kleine chemische Moleküle identifizieren, die die Aktivierung von menschlichen Krebsgenen hemmen. Mit diesen Erkenntnissen erforschte das Team die Wirkungsweise eines vielversprechenden Krebsmittels. Die Ergebnisse haben großes Potenzial: Die Publikation wurde bereits in zahlreichen Patentanmeldungen zitiert.

Strahlentherapie schonender gestalten: Forschende von DESY und britischen Partnern testen an unserem Standort in Zeuthen einen neuen Ansatz: Sie nutzen den PITZ-Beschleuniger, um Krebszellen mit extrem intensiven und präzise steuerbaren Elektronenstrahlen zu bekämpfen. Die Studie zeigt: Diese Technik könnte helfen, bei einer Bestrahlung gesundes Gewebe besser zu schonen, während die zerstörerische Wirkung auf Tumorzellen erhalten bleibt. Simulationen für Hirnmetastasen zeigen vielversprechende Ergebnisse. Noch steckt die Methode in der Erforschung, doch sie könnte die Strahlentherapie zukünftig entscheidend verbessern. Eine neue, praktische Einsatzoption für eine Anlage, die ursprünglich die Verbesserung unserer großen Forschungsgeräte selbst ermöglichen sollte.



Den Lebenszyklus von Viren verstehen (wie hier das SARS-CoV-2-Virus): die Voraussetzung, um neue Impfstoffe und Therapien zu entwickeln.

3 Ein Innovationsökosystem für die Lebenswissenschaften

Die Biowissenschaften und die Pharmatechnologie profitieren besonders von den Forschungsarbeiten an PETRA III. Denn bei DESY ist ein Innovationsökosystem entstanden, in dem sich Grundlagenforschung, angewandte Forschung und wirtschaftliche Umsetzung gerade in der Biotechnologie systematisch verbinden. Labore, Ausgründungen und Strukturen für gezielten Technologietransfer sorgen dafür, dass neues Wissen nicht auf dem Campus bleibt: Es wird in Produkte, Dienstleistungen und Unternehmen übersetzt. Start-ups im Umfeld von DESY entwickeln unter anderem neue Analyseverfahren, Bildgebungstechnologien und datengetriebene Methoden für Medizin und Gesundheitsforschung. Wie lebendig dieses Ökosystem ist, zeigen folgende Einrichtungen und Initiativen:

- Durch die Nähe zur Röntgenanalytik haben sich auf unserem Campus in Hamburg wichtige Forschungseinrichtungen angesiedelt, wie das **European Molecular Biology Laboratory (EMBL)** und das **Centre for Structural Systems Biology (CSSB)**, außerdem eine Reihe von Start-ups: **Crystals First** im Bereich der Proteinkristallographie, **Provirex** für die Entwicklung einer Aids-Therapie, **Haystack** im Bereich Biopsien und **Axiom Insights** für den Nachweis von Wirkstoffen in Zellen.
- Insbesondere im Rahmen der Gesundheitsforschung und digitalen Medizin kooperieren wir eng mit dem Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf und mit der Universität Hamburg, etwa durch das **Hamburg Advanced Research Centre for Bioorganic Chemistry (HARBOR)**.
- Zusammen mit der Max-Planck-Gesellschaft und der Universität Hamburg betreiben wir auf dem Campus auch das **Center for Free-Electron Laser Science (CFEL)**, das im Bereich Spektroskopie und Bildgebung von ultraschnellen Prozessen weltweit führend ist. Hier können zum Beispiel die mit unserem speziellen Röntgenlicht gewonnenen Daten über molekulare Reaktionen gleich vor Ort von Expertinnen und Experten ausgewertet werden, quasi auf der gegenüberliegenden Straßenseite.
- Am **Centre for Molecular Water Science (CMWS)** untersuchen Forschende neben den Mechanismen bei der Metallkorrosion auch die Rolle des Wassers in der Biologie: beispielsweise bei der Faltung von Großmolekülen und bei viralen und bakteriellen Infektionen, die typischerweise in wässriger Umgebung stattfinden. Sie setzen dabei ebenfalls auf unsere Röntgenlichtquellen, um ihre Theorien zu überprüfen oder neuartige Anwendungen für die verblüffenden Eigenschaften von Wassermolekülen zu testen.
- Wie lassen sich körperverschträgliche Materialien für Implantate oder neue Methoden für die Züchtung menschlichen Gewebes finden? Mit welchen neuartigen Vehikeln können Medikamente im Körper zielgerichtet an den Ort ihrer maximalen Wirksamkeit geleitet werden? Das **DESY NanoLab** und das **Centre for X-ray and Nano Science (CXNS)** nutzen die Forschungsinfrastruktur auf dem Campus, um gemeinsam mit Partnern vom Helmholtz-Zentrum Hereon neue gesundheitsrelevante Technologien zu entwickeln: biokompatible Materialien für Implantate, Drug-Delivery-Systeme oder neue Methoden zur Gewebezüchtung.
- Mit der **DESY Innovation Factory** nehmen wir 2027 eine Innovationsinfrastruktur in Betrieb, die einen besonderen Fokus auf den Biotech-Bereich legt. Bereits heute ist der **Biospace** mit seinen flexiblen Laborflächen nutzbar. Gründungsprojekte und Start-ups können hier moderne Laborinfrastruktur nutzen – ganz ohne großes Investment. Außerdem können Unternehmen innovative Entwicklungsansätze mithilfe unserer Röntgenlichtquellen zunächst realitätsnah testen und so Risiken eines Markteintritts vorab eingrenzen.

Mit der Science City Hamburg Bahrenfeld entsteht rund um den DESY-Campus ein einzigartiger Stadtteil, der Forschung, Lehre und Leben miteinander vereint.



Der DESY-Campus

Die DESY-Beschleuniger bilden das Fundament für eine Vielzahl von interdisziplinären Instituten und Kooperationen von DESY mit der Universität Hamburg (UHH) und weiteren Campuspartnern.



Internationale Röntgenlaser-Forschungseinrichtung



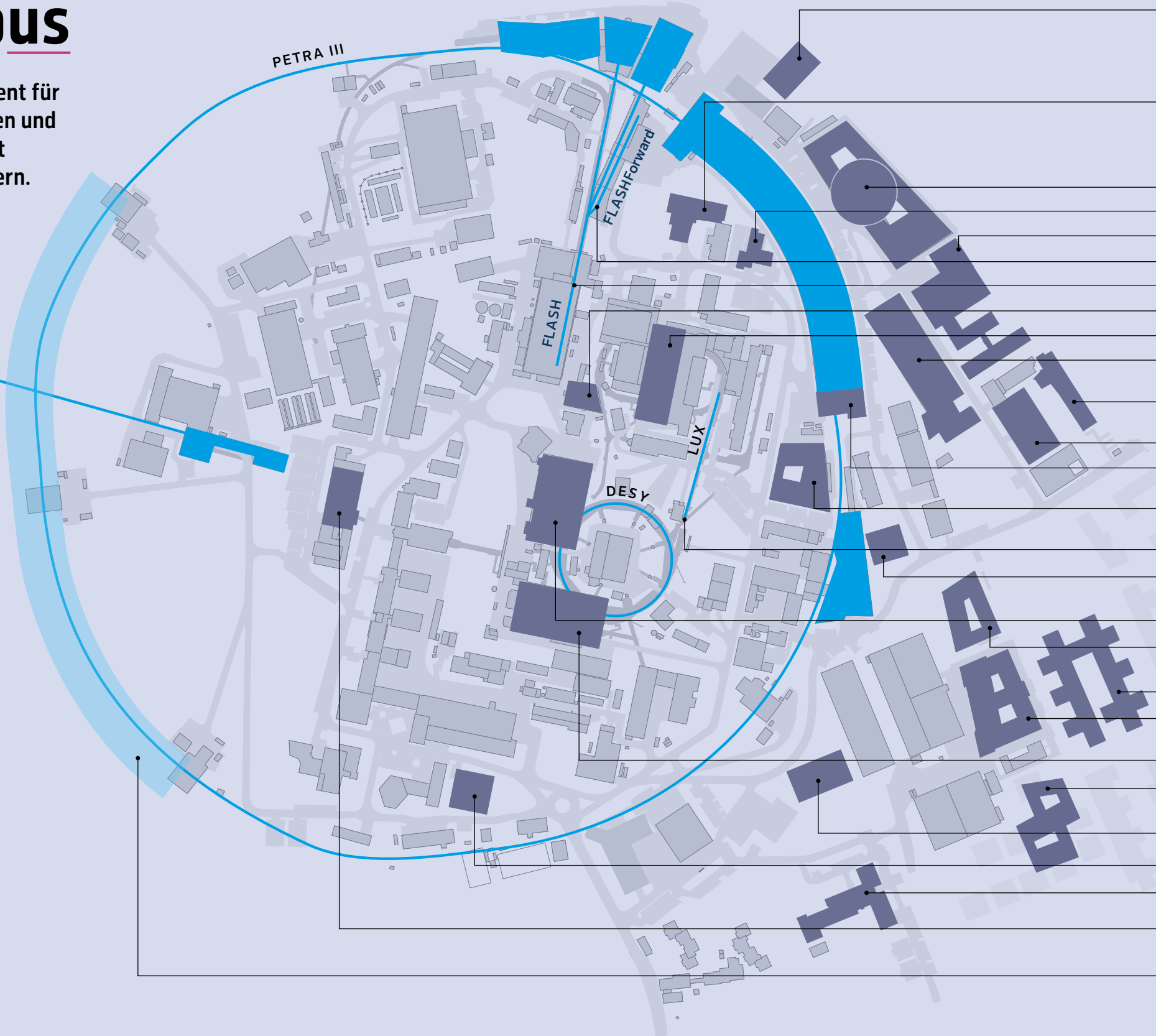
PETRA III.

Synchrotronstrahlung von höchster Brillanz



FLASH.

Freie-Elektronen-Laser für weiche Röntgenstrahlung



Start-up Labs Bahrenfeld

- CXNS – Centre for X-ray and Nano Science
- DESY NanoLab
- HEREON – Helmholtz-Zentrum Hereon
- CAU – Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- TUHH – Technische Universität Hamburg
- CIMMS – Center for Integrated Multiscale Materials Systems
- CMWS – Centre for Molecular Water Science

CFEL – Center for Free-Electron Laser Science

DESY Innovation Village

- Institut für Experimentalphysik (UHH)
- FLASHForward – Plasmabeschleuniger
- FLASH – Linearbeschleuniger
- DAF – Detector Assembly Facility
- KALDERA – Plasmabeschleuniger
- MPSD – Max-Planck-Institut für Struktur und Dynamik der Materie

ZOQ – Zentrum für Optische Quantentechnologien (UHH)

Institut für Quantenphysik (UHH)

EMBL – European Molecular Biology Laboratory

CSSB – Centre for Structural Systems Biology

LUX – Laser-Plasmabeschleuniger

PIER – Partnership for Innovation, Education and Research

DESY-Teststrahlanlage

HARBOR – Hamburg Advanced Research Centre for Bioorganic Chemistry (UHH)

WPC – Wolfgang Pauli Centre

CHyN – Center for Hybrid Nanostructures (UHH)

DAF – Detector Assembly Facility

HAFUN – Hamburg Fundamental Interactions Laboratory (UHH)

DESY Innovation Factory

DESYUM – Besuchszentrum

MicroTCA Technology Lab

IDAF – Interdisciplinary Data and Analysis Facility

PETRA IV – Experimentierhalle (in Planung)



Große Datenmengen, schnelle und präzise Verarbeitung: DESY gestaltet die Zukunft aktiv mit.



„Bei DESY entstehen riesige Datenmengen. Dieser Schatz ist eine essenzielle Grundlage für Datenanalysen und KI-Modelle in Forschung, Wissenschaft und Innovation.“

PHILIPP NEUMANN, Leiter DESY-IT



Künstliche Intelligenz

Das Fundament für die digitale Wettbewerbsfähigkeit

Künstliche Intelligenz nimmt in der HTAD eine besondere Rolle ein: Sie ist nicht nur selbst ein entscheidender Wettbewerbsfaktor – als Werkzeug der Wissenschaft beschleunigt sie auch Erkenntnisprozesse in nahezu allen Forschungsfeldern, von der Material- über die Klimaforschung bis hin zur Medizin. KI-Programme wühlen sich durch Berge von Messdaten und werten sie effizient aus, lernfähige Algorithmen analysieren komplexe Bilder oder sagen die Faltung von Eiweißmolekülen voraus. Voraussetzung dafür sind leistungsfähige **digitale Infrastrukturen**, insbesondere im Bereich Hochleistungsrechnen und Datenmanagement. Im internationalen Vergleich investieren Länder wie die USA und China bereits umfassend in solche Kapazitäten. Deutschland und die Europäische Union verfügen über eine starke wissenschaftliche Basis, müssen jedoch ihre Infrastruktur gezielt weiterentwickeln, um das volle Potenzial datengetriebener Innovation auszuschöpfen. Die HTAD geht diese Herausforderungen an, indem sie den Ausbau von Rechenkapazitäten, Datenräumen und KI-Kompetenzen gezielt fördert und so die Grundlage für zukünftige wissenschaftliche und wirtschaftliche Wertschöpfung schafft. Das Ziel ist ehrgeizig: Bis 2030 sollen zehn Prozent der deutschen Wirtschaftsleistung KI-basiert erwirtschaftet werden – ein Potenzial, das Studien auf 300 bis 400 Milliarden Euro zusätzlicher Wertschöpfung pro Jahr allein für Deutschland beziffern.

Welche Beiträge kann DESY beisteuern?

KI ist nur so gut wie die Daten, mit denen sie trainiert wird – und dafür braucht es große Mengen davon, in hoher Qualität. Genau hier liegt DESYs besondere Stärke: Mit unseren Beschleunigern erzeugen wir kontinuierlich riesige Datenmengen aus der Spitzenforschung. Wir haben deshalb seit Jahren einen starken Eigenantrieb, KI-Methoden und digitale Infrastrukturen weiterzuentwickeln, um die Massen an eigenen Forschungsdaten möglichst effizient nach neuen Erkenntnissen zu durchsuchen. Dieses **Methoden-Know-How** macht DESY zu weit mehr als einem bloßen Anwender von KI: Wir gestalten aktiv mit, wie datengetriebene Wissenschaft in Deutschland und Europa organisiert und betrieben wird – von der Recheninfrastruktur über das Forschungsdatenmanagement bis hin zur Ausbildung von Fachkräften. DESY ist damit ein wichtiger Motor für die KI-Entwicklung in Deutschland. Und zwar auf drei verschiedenen Ebenen:

- 1 — Forschungsdaten sind Rohstoff und Wegbereiter für KI
- 2 — DESY als Knotenpunkt für datengetriebene Forschung
- 3 — Netzwerk für eine starke Data-Science-Infrastruktur

1

Forschungsdaten sind Rohstoff und Wegbereiter für KI

Datenzentrierte Forschung mit KI und Hochleistungsrechnern bildet einen essenziellen Bestandteil von DESYs Forschungsstrategie. Kein Wunder, denn wir erzeugen mit unseren Beschleunigern und internationalen Kooperationsprojekten riesige Datenmengen: Aus Experimenten etwa in der Strukturbilogie, der Materialforschung oder der Teilchenphysik laufen Daten im Umfang von teils dreistelligen Petabyte in unsere Speicher. Zum Vergleich: Ein Petabyte entspricht dem Speicherplatz von etwa 256 Millionen Fotos. Bereits heute nutzen wir Künstliche Intelligenz an Anlagen wie PETRA III oder dem European XFEL – etwa zur Mustererkennung in Messdaten oder zur Strahloptimierung. Unsere geplante Röntgenlichtquelle PETRA IV wird eine der brilliantesten der Welt sein und damit noch größere Datenmengen generieren. Diese Messdaten sind nicht nur für die Forschung selbst spannend – sie sind auch ein möglicher **Rohstoff für Innovations- und Transferaktivitäten**. Zum Beispiel in der Arzneimittelforschung, wenn aus unzähligen

verschiedenen hochkomplexen Molekülstrukturen genau eine perfekt geeignete für einen konkreten medizinischen Wirkstoff identifiziert werden soll.

Doch DESY beschränkt sich nicht auf die Rolle eines Datenproduzenten. Wir entwickeln selbst aktiv **eigene KI-Werkzeuge** und stellen diese der wissenschaftlichen Gemeinschaft zur Verfügung: So betreiben wir den „Helmholtz Model Zoo“, eine Plattform, auf der auch andere Forschungszentren ihre selbst entwickelten KI-Modelle teilen und zur Nachnutzung anbieten. Ergänzt wird dies durch interaktive Arbeitsumgebungen, die direkt mit Hochleistungsrechnern verknüpft sind und Forschenden die Entwicklung komplexer Datenanalysen erleichtern. Darüber hinaus setzen wir auch Sprachmodelltechnologie ein – nicht nur für die administrativen Abläufe des Forschungsmanagements, sondern auch für einen möglichst effizienten Messbetrieb in der Materialforschung an unseren großen Forschungsgeräten.

Bei den Teilchenkollisionen im LHC-Beschleuniger entstehen gigantische Datenmengen, die in Zukunft noch deutlich wachsen werden. Quantencomputer und neueste Methoden des maschinellen Lernens könnten bei der Analyse helfen, bei der auch DESY eine zentrale Rolle spielt.

2

DESY als Knotenpunkt für datengetriebene Forschung

Bei DESY endet der Erkenntnisgewinn nicht mit der Datenerzeugung – er fängt dort erst an. Wir betreiben Speichersysteme im Umfang von mehreren hundert Petabyte, die eng mit Hochleistungsrechnern und weiteren Rechensystemen verknüpft sind. Diese Infrastruktur dient nicht nur der Grundlagenforschung, sondern auch der angewandten Wissenschaft – und wir öffnen sie zunehmend für Unternehmen, die gemeinsam mit uns an Innovationen und Transferprojekten arbeiten. Vor allem die Erzeugung „**Digitaler Zwillinge**“ auf der Basis hochwertiger Daten soll bei der Entwicklung neuer Produkte viel Zeit und Geld sparen helfen.

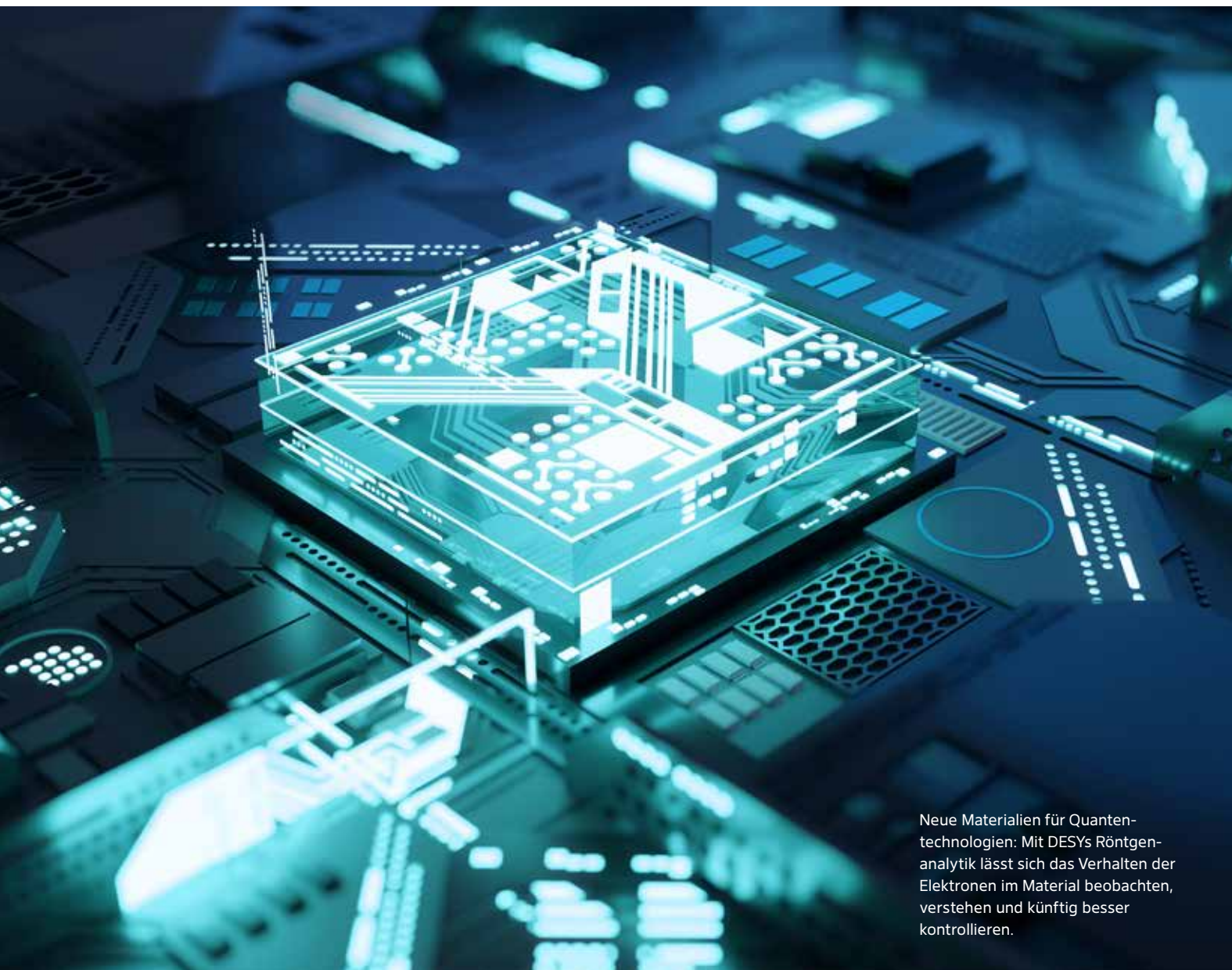
Noch größeres Potenzial verspricht das geplante **Science City Data Center for Big Data and Scientific Computing**, das wir gemeinsam mit der Universität Hamburg entwickeln. Die räumliche Nähe von Rechenleistung und wissenschaftlichem Know-how soll Innovationen beschleunigen und die KI-Forschung in Deutschland nachhaltig stärken.

3

Netzwerk für eine starke Data-Science-Infrastruktur

DESY forscht nicht im Alleingang, schon gar nicht im weiten Feld der KI. Als vernetzter Akteur in der europäischen und nationalen Wissenschaftslandschaft trägt das Forschungszentrum aktiv dazu bei, die **digitale Infrastruktur der Zukunft** zu gestalten: Wir sind maßgeblich am Aufbau der European Open Science Cloud und der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur beteiligt – in enger Zusammenarbeit mit den IT-Diensten der Helmholtz-Gemeinschaft (HIFIS).

Gleichzeitig investieren wir gemeinsam mit Partnerinstitutionen direkt in die Menschen, die diese Infrastruktur mit Leben füllen. Über die DASHH Graduate School werden Nachwuchskräfte an der Schnittstelle von Materieforschung und Data Science ausgebildet. Die Hamburger Initiative VISTA bündelt zusätzlich die regionalen KI-Kompetenzen – DESY ist auch hier ein zentraler Partner. Auf nationaler Ebene engagieren wir uns in den Communitys DIG-UM und ErUM-Data, die den digitalen Wandel in der Erforschung von Universum und Materie vorantreiben. Und über die Helmholtz-Initiative HPC Gateway entstehen Pilotprojekte, bei denen Unternehmen lernen, Hochleistungsrechner und KI gewinnbringend in ihrer eigenen Arbeit einzusetzen – ein konkreter Brückenschlag zwischen Spitzenforschung und Wirtschaft.



Neue Materialien für Quantentechnologien: Mit DESYs Röntgenanalytik lässt sich das Verhalten der Elektronen im Material beobachten, verstehen und künftig besser kontrollieren.

„Um die Phänomene in der Welt der Quanten sicher zu beherrschen, müssen wir sie zuerst bis ins Detail verstehen. Zu dieser Grundlagenforschung leisten die Anlagen von DESY immer wieder entscheidende Beiträge.“

CHRISTIAN STEGMANN, Direktor für den Bereich Astroteilchenphysik



Quantentechnologie

Phänomene aus der Welt der kleinsten Teilchen nutzbar machen

In Zukunft wollen wir mit Quantentechnologien Probleme lösen, die für klassische Technologien unlösbar sind. Zum Beispiel die exakte, schnelle Simulation einer chemischen Reaktion oder die sichere Kommunikation mit Quantenkryptographie. Wir erwarten bessere medizinische Bildgebung zur Krebsfrüherkennung oder frühzeitige Erdbebenwarnungen durch Quantensensoren. Und das Quantencomputing, also das Rechnen mit Quanteneffekten, soll mit einem Vielfachen der bisher bekannten **Rechengeschwindigkeit** nicht nur die Forschung und IT-Welt, sondern letztlich auch unser Alltagsleben mit völlig neuen Möglichkeiten umkrempeln. Dieses vielfältige revolutionäre Potenzial der Quantentechnologien macht sie zu einem Eckpfeiler in der HTAD.

Was trägt DESY in diesem Feld bei?

Auf diese Entwicklungen sind wir bei DESY gut vorbereitet und treiben sie selbst voran: Durch aufwändige Simulationen und Experimente an unseren Teilchenbeschleunigern werden die fundamentalen Eigenschaften von Materie erforscht, inklusive jener schwer zu greifenden Vorgänge, die sich auf der Ebene der Quanten abspielen – und deren verblüffende Besonderheiten wir mit den neuen Quantentechnologien ausnutzen wollen. Dabei werden

unsere Röntgenlichtquellen von reinen Forschungsinstrumenten zu zentralen „Enablern“ für Design, Optimierung, Skalierung und künftig sogar die Qualitätskontrolle von Quantenbauelementen.

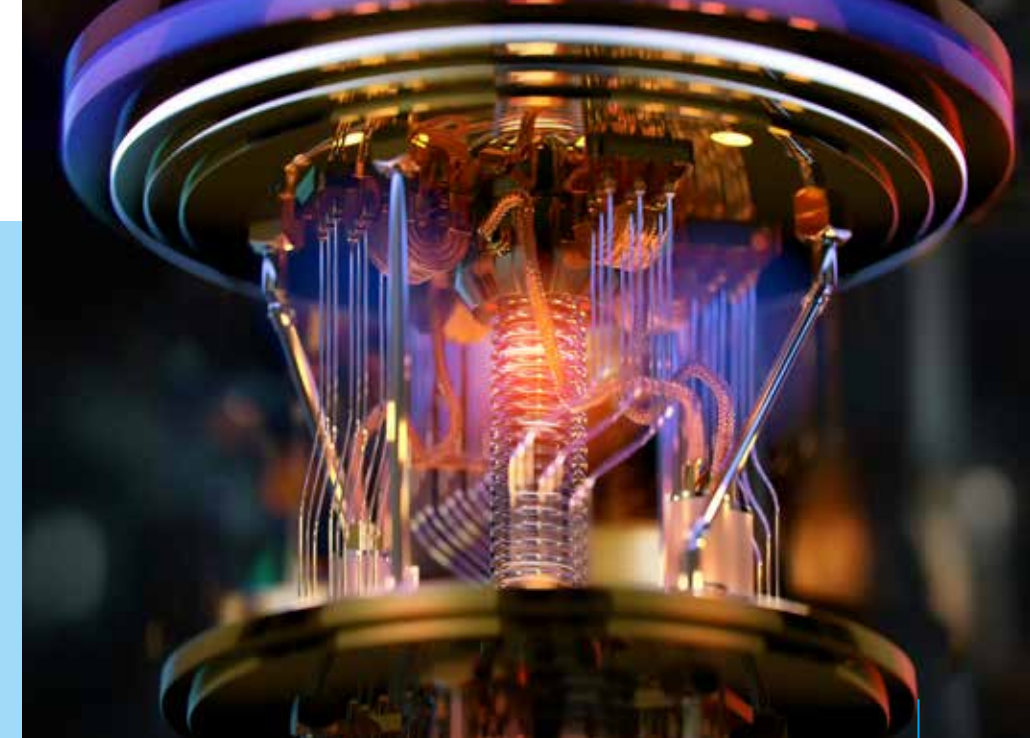
In der Plattform DESY.Quantum bündeln wir unsere Stärken, um das **Quantenzeitalter** mitzugestalten. An unseren großen Forschungsanlagen durchleuchten wir Werkstoffe und schaffen damit wichtiges Basiswissen und Prototypen für künftige Anwendungen. Wir helfen bei der Entwicklung neuartiger Materialien für Systeme, in denen die Phänomene der Quanten für lichtschnelles Rechnen oder für höchstempfindliche Sensoren genutzt werden. Und wir vermitteln Partnern aus Wissenschaft und Industrie den Zugang zu Quantencomputern und unterstützen mit Expertise bei hochpräzisen Quantensimulationen und theoretischen Berechnungen.

- 1 — DESY als „Enabler“ für Quantentechnologien
- 2 — Impulse für Quantencomputing und Quantensensorik
- 3 — Eine Brücke zwischen Grundlagenforschung, Industrie und Gesellschaft

1 DESY als „Enabler“ für Quantentechnologien

Identifikation von Quantenmaterialien: Um sich die einzigartigen Phänomene der Quantenwelt zunutze zu machen, brauchen neue Quantentechnologien sehr spezielle Materialien. Und zwar solche, bei denen die exotischen Quanteneffekte nicht nur in der Welt der kleinsten Teilchen wirken, sondern kollektiv auch das Verhalten des Materials in unserer Makrowelt bestimmen – stabil und vor allem steuerbar. Doch wie lassen sich Materialien mit solchen Eigenschaften finden? In DESYs Quantum Materials Analytics Lab (QMAL) wird hochpräzise Röntgenanalytik genutzt, um für Industriekunden geeignete Materialien für Quantenbauteile zu qualifizieren. Einige Komponenten wurden so bereits gefunden.

Quantentechnologie erfordert etwa die präzise Kontrolle von Licht. Laseroptische Anordnungen helfen dabei, entsprechende Phänomene zu ergründen.

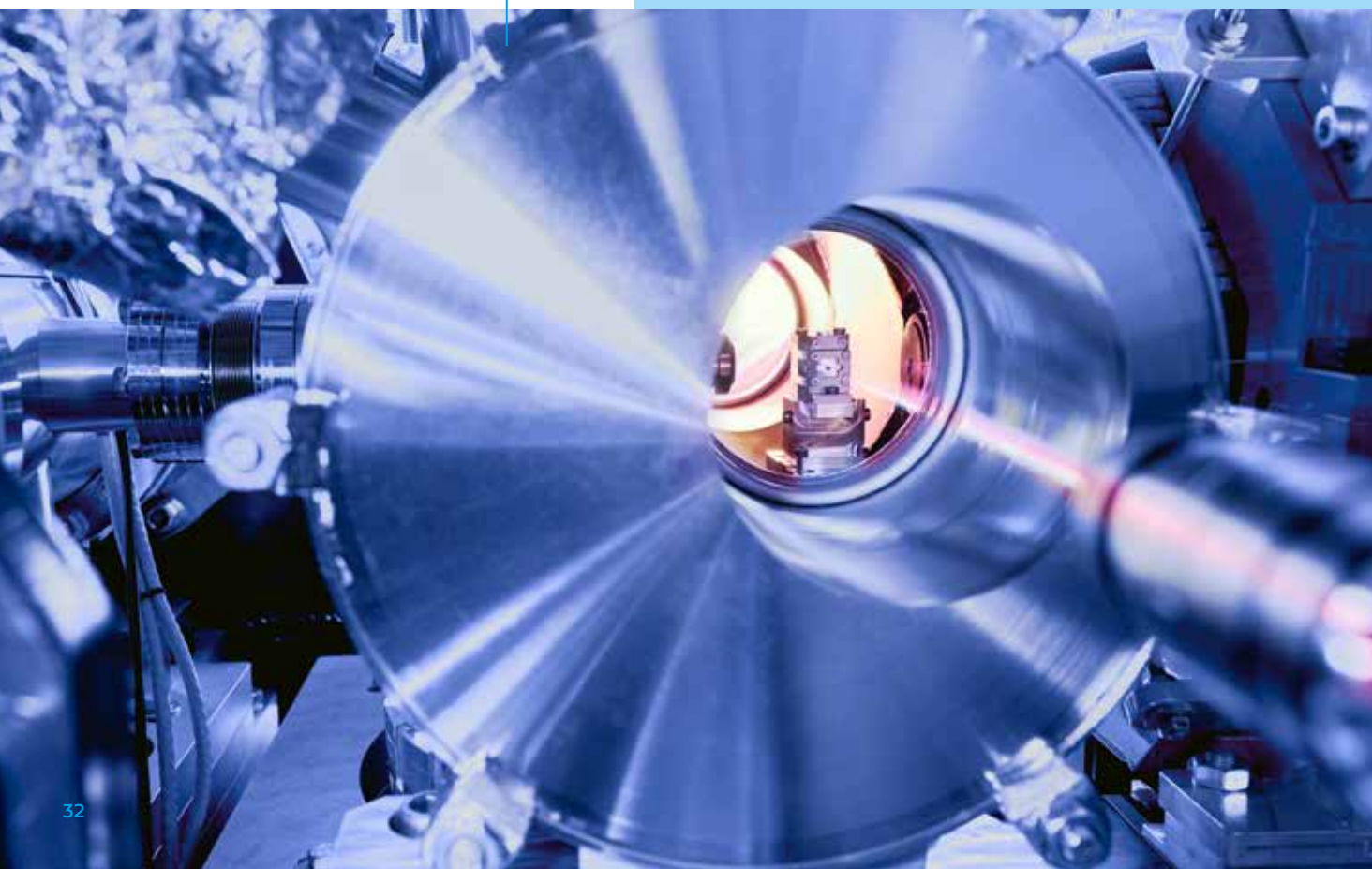


Mit den neuen Analysemöglichkeiten von PETRA IV wird die Geschwindigkeit solcher Prüfungen erhöht, ihre Genauigkeit und Empfindlichkeit verbessert und ihr Anwendungsspektrum erweitert. Mehr neue Materialien – schnellere Entdeckungen – bessere Quantentechnologien.

Rechenleistungen jenseits klassischer Supercomputer: Innenansicht eines IBM-Quantencomputersystems.

Röntgenblick ins Innere der Quantenphänomene: An unseren Röntgenlichtquellen untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler winzige Quantensysteme. Sie messen etwa die chemischen Zustände einzelner Atome oder ihre magnetischen Eigenschaften, oft unter realen Betriebsbedingungen. Das ist wichtig, um die genaue Wirkungsweise der ansonsten unsichtbaren Phänomene immer besser zu verstehen. Es gibt viele exotisch klingende Techniken, um die hochempfindlichen Quantenzustände zu beherrschen: supraleitende Quantenbits, Ionenfallen und Neutralatomsysteme. Um aber solche Technologien konkret umzusetzen und immer weiter zu verbessern – dafür braucht es jene fundamentalen Einblicke, die unsere besonderen Röntgenlichtquellen ermöglichen. Zum Beispiel lassen sich im Röntgenblick störende Oxidschichten in supraleitenden Qubits identifizieren, Positionswechsel einzelner Atome nachweisen oder lokale Spannungsfelder in Halbleiter-Nanostrukturen sichtbar machen – entscheidende Puzzlestücke des Wissens, um solche Effekte technologisch in den Griff zu bekommen.

Synergie bei vielen Schlüsselkompetenzen: Um die oft fragilen Quanteneffekte in technologischen Anwendungen zu stabilisieren und zu steuern, braucht es verschiedene Hightech-Methoden. Kryotechnik und Ultrahochvakuum schaffen zum Beispiel erst die Umstände, in denen viele Quantenphänomene überhaupt aufrechterhalten werden können. Wir haben bei unserer Forschung an Teilchenbeschleunigern seit vielen Jahren Erfahrung mit genau diesen Technologien. Und um Quantensensoren oder Qubits zu steuern, ist es etwa nötig, Lichtfelder oder sogar einzelne Lichtteilchen perfekt zu kontrollieren – eine Kunst, die bei DESY seit Jahrzehnten für Experimente an den Röntgenlichtquellen perfektioniert wird. Zahlreiche Erfindungen, Patente und 500 wissenschaftliche Veröffentlichungen haben DESY-Forscherinnen und Forscher bereits im Bereich solcher Quantentechnologien erstellt. Eine Wissensbasis, von der Neuentwicklungen heute enorm profitieren.



2 Impulse für Quantencomputing und Quantensensorik

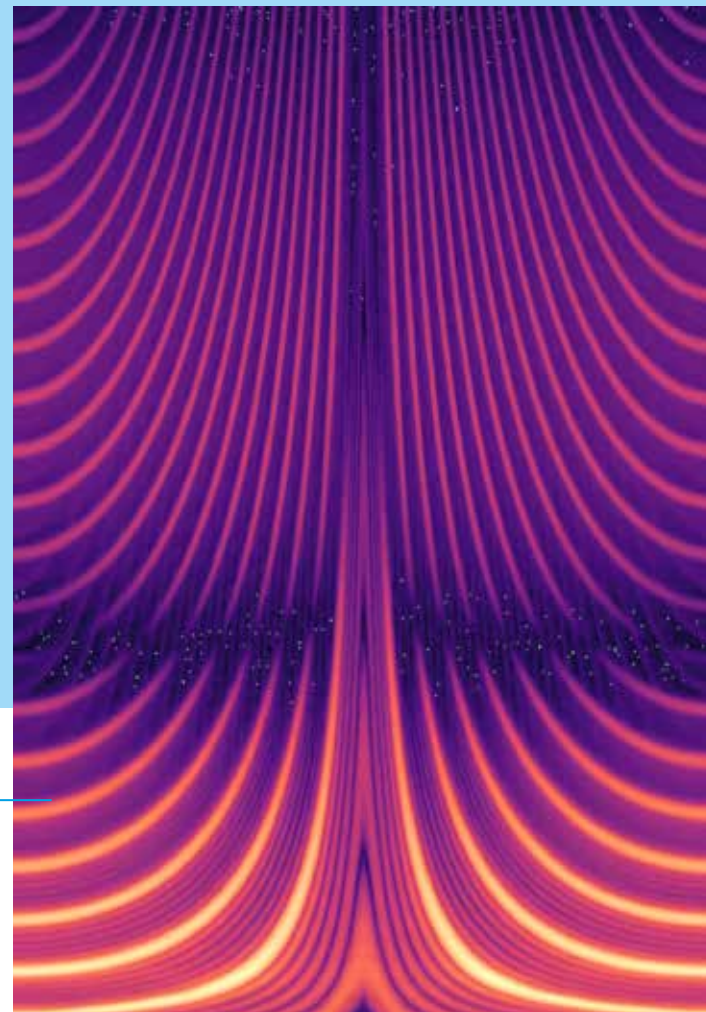
Forschung als Pionieranwendung für Quantensysteme:

Neben DESYs Beiträgen zur Entwicklung von Quantenmaterialien ist auch die Arbeit an geeigneten „Use Cases“ für Quantensysteme ein wichtiges Ziel. Im Centre for Quantum Technology and Applications (CQTA) entwickelt ein Team an unserem Standort in Zeuthen (Brandenburg) konkrete Anwendungen. Dabei stehen zunächst Quantenalgorithmen im Fokus, mit denen unsere Teams ihre eigene Forschung verbessern, sowohl bei Experimenten als auch in der Arbeit an Theorien und bei der Berechnung hochkomplexer Simulationen. Quantenmethoden spielen hier bereits für die Datenanalyse in der Teilchenphysik eine Rolle, ebenso für die Lösung kombinatorischer Optimierungsprobleme bis hin zur Simulation von Quantenvielteilchensystemen und Signalen in Detektorkomponenten. Die so entwickelten Quantenmethoden aus der Forschung lassen sich interdisziplinär auf andere Aufgabenstellungen übertragen, wo ein effizienter Umgang mit riesigen Datenmengen gefordert ist. Das bringt Chancen für Start-ups aus dem Bereich der Quantentechnologien und für den Transfer der Anwendungen in die Industrie.

Quantensensoren als neues Werkzeug der Wissenschaft:

Quantensysteme sind hochempfindlich und deshalb für die Entwicklung besonders leistungsfähiger Sensoren prädestiniert. Doch die hohe Sensibilität ist auch ihre Schwäche: Schon die kleinste Störung kann Quantensysteme aus dem Takt bringen. Auch bei DESY haben Forscherinnen und Forscher vielfältige Tricks entwickelt, um Quanten erfolgreich zu bändigen und unter Kontrolle zu halten. Quantenbasierte Magnetfeldsensoren ermöglichen bereits hochpräzise Anwendungen, etwa für die nicht-invasive Bildgebung im Gehirn oder

für zerstörungsfreie Messverfahren in der Batterie- und Halbleiterproduktion. Erste Demonstrationen solcher Messungen bei Raumtemperatur verdeutlichen das Potenzial auch für industrielle Anwendungen. Wie kraftvoll sogar die Arbeit an reiner Grundlagenforschung die neue Technologie vorantreiben kann, zeigen zum Beispiel das TIQTOC-Experiment in Zeuthen oder das Experiment ALPS II in Hamburg, die auf der Suche nach der Dunklen Materie sind. Die dafür entwickelten Sensoren müssen so extrem empfindlich sein, dass sie schon auf ein einzelnes Photon (Lichtteilchen) reagieren. Um dies zu erreichen, werden Quanteneffekte ausgenutzt – die perspektivisch auch in angewandten Technologien zum Einsatz kommen sollen.



Schön, aber kompliziert: ein Interferenzmuster von Messungen einzelner Photonen, die in verschiedenen Farben visualisiert sind.

Zukunftsstandort für Quantentechnologie:
Der DESY-Campus in Zeuthen.



3

Eine Brücke zwischen Grundlagenforschung, Industrie und Gesellschaft

- Besonders in Zeuthen entwickelt sich DESY zu einem vielversprechenden Zukunftsstandort für Quantentechnologien, an dem exzellente Forschung, moderne Infrastruktur und starke Netzwerke gezielt zusammengeführt werden. Das Land Brandenburg setzt mit seiner aktiven Förderung von Hightech-Ansiedlungen und wachstumsfreundlichen Rahmenbedingungen starke Impulse dafür, dass Zeuthen zu einem wirkungsvollen „Quantum Hub“ in Deutschland heranwachsen kann. Die direkte Nähe zu Berlin ermöglicht zudem einen engen Austausch mit der Zentrale der Helmholtz-Gemeinschaft.
 - DESY verfügt über hochkompetente Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Bereich Quantentechnologien – und besitzt zugleich viel Erfahrung mit Transfer in die Industrie. Mit der **Science City Hamburg Bahrenfeld** entsteht um DESY herum ein Ökosystem, in dem wir mit Partnern wie der Max-Planck-Gesellschaft, den Hochschulen sowie diversen Unternehmen zusammenarbeiten und in dem Start-ups schon heute durchstarten können.
 - Mit spezialisierten Fortbildungsprogrammen sowie strukturierten Forschungs- und Qualifizierungsprogrammen für Nachwuchsforscherinnen und -forscher schaffen wir die Voraussetzung für langfristige technologische
- Souveränität in den Quantentechnologien. Zum Beispiel im Projekt **Hamburg Quantum Machine Learning (HQML)**, einem gemeinsamen Forschungsprogramm von DESY, DLR und Industriepartnern, das Quantencomputer mit KI kombiniert. Ziel ist es, neue Algorithmen zu entwickeln, die große und komplexe Bilddaten – etwa aus der Teilchenphysik – schneller und effizienter analysieren können als klassische Methoden. Dabei werden Hardware und Software gemeinsam optimiert und an realen Anwendungen getestet. Langfristig sollen so praktische Vorteile des Quantencomputing in Bereichen wie Wissenschaft, Medizin oder Industrie nachgewiesen werden.
- Schon bald eröffnet in der Science City Hamburg Bahrenfeld die **DESY Innovation Factory** mit zwei Standorten – auf dem DESY-Campus und im Innovationspark Altona. Schwerpunktthemen des neuen Start-up- und Scale-up-Zentrums sind neben den Lebenswissenschaften vor allem Quantentechnologien und neue Materialsysteme. So sind in der DESY Innovation Factory spezielle Bereiche für den „Quantum Hub“ vorgesehen. Dort arbeiten Gründerinnen und Gründer, Fachleute und erfahrene Personen aus der Wirtschaft frühzeitig eng zusammen. So werden mögliche Entwicklungspfade früh erkannt – und das Potenzial der neuen Technologien wird zeitnah ausgeschöpft.

Technologien für klimaneutrale Mobilität

Mit neuen Ideen an die Spitze der grünen Bewegung

Welchen Beitrag leistet die Forschungsarbeit bei DESY?

Viele für die klimaneutrale Mobilität relevante Entwicklungen überschneiden sich unmittelbar mit Innovationsthemen bei Batterien, Mikroelektronik und Materialforschung, die bereits weiter oben beschrieben sind. Daher konzentrieren wir uns hier auf einige spezielle, für das Thema Mobilität besonders relevante Beispiele. Von den rund 1000 materialwissenschaftlichen Projekten, die bei DESY jedes Jahr entstehen, haben viele zumindest eine mittelbare Verbindung zur Mobilität. DESYs Forschungsinfrastruktur ist auch in diesem Feld ein **„Technologie-Enabler“** für die ganze Breite der Innovation: An unseren Röntgenlichtquellen und Forschungsanlagen werden Materialien, chemische Prozesse und industrielle Fertigungsverfahren unter realen Bedingungen mit höchster Präzision analysierbar. Die Erkenntnisse helfen dabei, nachhaltige Kraftstoffe effizienter herzustellen, Produktionsprozesse ressourcenschonender zu gestalten und neue Mobilitätstechnologien schneller in die industrielle Anwendung zu bringen.

- 1 — Mehr Power für alternative Kraftstoffe
- 2 — Präzisionsfertigung für die Elektromobilität
- 3 — Röntgenblick ermöglicht Leichtbaumaterialien

Wenn wir die technologischen Voraussetzungen dafür schaffen, uns umweltfreundlicher zu bewegen – dann verbinden sich dabei ökologische Ziele mit dem Streben nach industrieller Wettbewerbsfähigkeit. Denn klimaneutrale Mobilität ist längst von einer Zukunftsvision zu einem konkreten Geschäftsfeld geworden. Im Jahr 2025 wurde weltweit bereits mehr als jedes vierte neu verkaufte Auto elektrisch angetrieben – was eine große Nachfrage nach immer besserer Batterietechnologie treibt. Und besonders in den Bereichen Luftfahrt, Schifffahrt und Schwerlastverkehr ist der **Wettlauf um die effizienteste klimafreundliche Lösung** längst im Gange. Neue chemische Energieträger wie Methanol oder wasserstoffbasierte Kraftstoffe gelten hier als wichtige Zukunftsoptionen. Gleichzeitig müssen Fahrzeuge, Flugzeuge oder Logistiksysteme künftig nicht nur im Betrieb klimafreundlich werden, sondern auch langlebiger, wirtschaftlich skalierbar und effizient produzierbar. Damit werden auch die industriellen Prozesse für die skalierbare Herstellung neuer Kraftstoffe oder von Komponenten für die Elektromobilität zu einem wichtigen Innovationsfeld.

Forschende des DESY NanoLabs analysieren nanometerkleine Katalysatoren in Aktion, um sie effizienter zu machen.



1 Mehr Power für alternative Kraftstoffe

Grünes Methanol gilt als vielversprechender klimaneutraler Energieträger, zum Beispiel für Schifffahrt und Flugverkehr. Seine Herstellung aus CO₂ und grünem Wasserstoff ist aber aufwändig und daher teuer. Jede Verbesserung des Prozesses trägt dazu bei, alternative Kraftstoffe wirtschaftlicher zu machen.

Genau dabei hilft unsere hochpräzise Röntgenanalytik: An PETRA III konnte ein DESY-Team gemeinsam mit Partnern der Universität Stockholm erstmals beobachten, wie sich die Oberfläche eines Kupfer-Zink-Katalysators auf der Ebene der Atome während der Herstellung von Methanol aus CO₂ und Wasserstoff verändert. Das gibt Aufschluss darüber, wie sich der chemische Prozess effizienter gestalten lässt, etwa durch Veränderungen in der Mischung der beteiligten Materialien. Besonders aussagekräftig waren diese Messungen durch die Kombination unserer Röntgenlichtquelle mit einem neuen Instrument der schwedischen Partner, das die Untersuchung einer Probe unter hohem Druck ermöglicht – und damit unter besonders realistischen Bedingungen. Nur eines der Beispiele, die zeigen, wie unsere Forschungsinfrastruktur auch gemeinsam mit spezialisierten Partnern aus Europa neue Einblicke in industrielle Schlüsselprozesse ermöglicht.

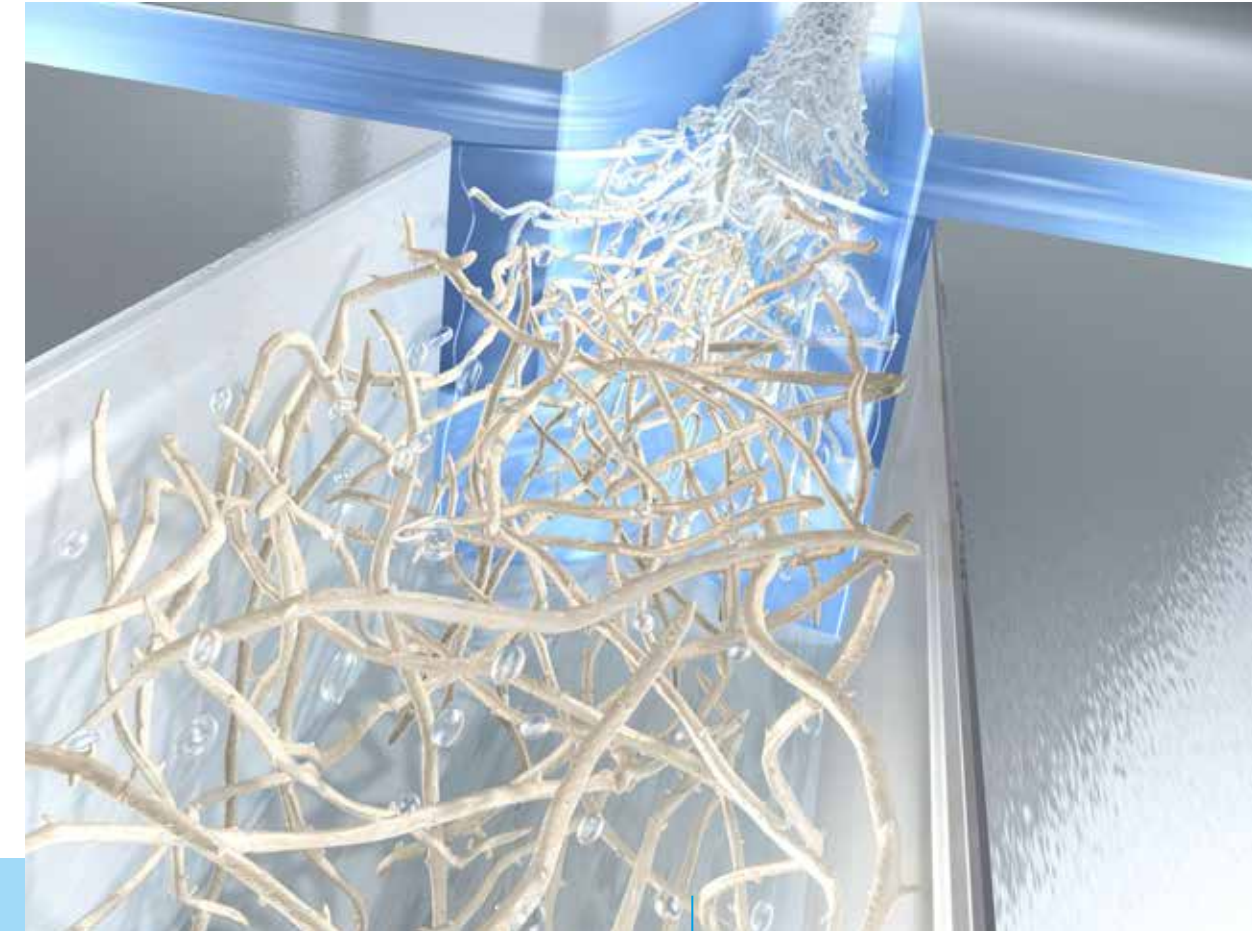
2

Präzisionsfertigung für die Elektromobilität

Mit dem Boom von Elektrofahrzeugen steigen die Anforderungen an die industrielle Fertigung ihrer Komponenten. Bei Batterien und Leistungselektronik beeinträchtigen schon kleinste Fehler in den Schweißnähten die Effizienz und Lebensdauer eines Fahrzeugs. Gleichzeitig wächst der Druck, diese Fertigungsprozesse ressourcenschonender zu gestalten.

Gemeinsam mit dem Unternehmen TRUMPF, dem Fraunhofer-Institut für Lasertechnik und dem Helmholtz-Zentrum Hereon hat ein DESY-Team **Schweißverfahren für Kupfer** untersucht, ein Schlüsselmaterial für Autobatterien und Hochleistungselektronik. An PETRA III konnten die Forschenden erstmals das Innere der Schmelze sichtbar machen – und mit mehreren tausend Bildern pro Sekunde verfolgen, wie sich flüssiges Metall, Dampfkapillaren und Materialdefekte während des Schweißens verhalten. Das Ergebnis: Laser mit grünem Licht ermöglichen stabilere Schweißprozesse als klassische infrarote Systeme. Dadurch entsteht weniger Ausschuss, wertvolles Material wird effizienter genutzt, und die industrielle Fertigung von Elektrofahrzeugen wird nachhaltiger.

Eine Partnerschaft mehrerer Institute will solche Echtzeitanalysen an unseren Röntgenlichtquellen künftig auch auf weitere Laserprozesse ausweiten – etwa für additive Fertigung, Laserschneiden oder Mikroborenen. So sollen industrielle Produktionsverfahren in vielen Bereichen präziser und ressourcenschonender werden. Besonders mit unserem Zukunftsprojekt PETRA IV werden Möglichkeiten für Forschung in dieser Disziplin künftig um ein Vielfaches schneller und präziser.



3 Röntgenblick ermöglicht Leichtbaumaterialien

Die Klimafreundlichkeit von Mobilität ist immer auch eine Frage von Masse und Gewicht. Je weniger ein Fahrzeug wiegt, desto weniger Energie ist nötig, damit es in Fahrt kommt und Rollreibung und Luftwiderstand überwindet. Bei der Suche nach leichten und trotzdem stabilen Materialien ist wieder der Blick in die Nanowelt entscheidend. Mit dem Röntgenlicht von PETRA III erforscht ein Team von DESY und der KTH Stockholm zum Beispiel die Herstellungsprozesse von **Nanofäden** auf der Basis von natürlicher Cellulose. Wie und nach welchen Prinzipien richten sich dabei die winzigen

Nanofibrillen zueinander aus? Unter welchen Bedingungen bringt dieser Prozess besonders feste, zähe, glatte, poröse oder wasserabweisende makroskopische Strukturen hervor? Und wie ließe sich die Herstellung skalieren? Das Wissen über eine solche **Strukturentstehung auf der Nanoskala** soll einmal erdölfreie Werkstoffe für Autos oder Flugzeuge ermöglichen. Und vor allem: leichte! Denn je leichter ein Fahrzeug ist, desto weniger Energie braucht es für die Mobilität ...

Cellulose ist nicht nur ein nachwachsender Rohstoff, sondern lässt sich auch zu extrem festen Fäden verbinden und vielseitig einsetzen.

Mit der Kraft der neun Hebel

Strukturelle Maßnahmen sind der Turbo für viele Innovationen

Die HTAD setzt nicht nur auf einzelne Schlüsseltechnologien, sondern auch auf insgesamt neun strukturelle Maßnahmen, die als wichtige Hebel das Innovationsklima in unserem Land grundsätzlich verbessern sollen. DESY trägt zu vielen dieser Maßnahmen bei: als Forschungszentrum, als Technologieplattform und als Partner für Wissenschaft und Industrie.

Forschungsinfrastrukturen strategisch ausbauen

Hier ist DESY ganz besonders stark: Mit **PETRA III** betreiben wir eine der leistungsfähigsten Röntgenlichtquellen der Welt. Jährlich nutzen rund 3000 Forschende die Anlage. Jedes Jahr setzen sie mit 100 000 Messstunden rund 1700 Forschungsprojekte um.

Mit **PETRA IV** entsteht in Hamburg eine ganz neue Forschungsinfrastruktur mit weltweit einzigartigen Möglichkeiten für die Analyse von Materialien und Prozessen – und mit neuem Tempo: Untersuchungen werden durch PETRA IV bis zu 500-mal schneller als bisher, die Brillanz des Röntgenlichts wird sogar um den Faktor 1000 gesteigert. Solche Anlagen treiben Innovationen in allen technologischen Schlüsselbereichen voran, weil sie jedes Material, alle chemischen Prozesse und jeden beliebigen industriellen Fertigungsschritt mit höchster Präzision analysierbar machen.

Dazu kommt: In DESYs größtem Zukunftsprojekt soll eine neuartige Technologie die (Erst-)Beschleunigung der Elektronen übernehmen: die **Laser-Plasmabeschleunigung**. Diese revolutionäre Technik kann den Bau und Betrieb von Teilchenbeschleunigern weltweit radikal verändern. Insbesondere macht sie kompaktere und flexiblere Geräte möglich, die neue Einsatzfelder für Beschleuniger erschließen – von der Medizin über die Industrieproduktion bis hin zur Umweltanalytik.

Laser-Plasmabeschleunigung kann damit ein Turbo für eine breitere und vielfältigere Nutzung komplexer Forschungsapparate werden. Auch deswegen steht PETRA IV auf der Shortlist der priorisierten Forschungsinfrastrukturen des Bundes.

Die Beiträge von DESY für die strategische Forschungsinfrastruktur gehen über die PETRA-Lichtquellen hinaus. So beteiligen wir uns mit unserer **Datenkompetenz** auch an mehreren Konsortien der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) – ebenfalls ein ausdrückliches Ziel der HTAD.

Wissens- und Technologietransfer beschleunigen und Bürokratie abbauen

Mehr als 140 Unternehmen haben unsere Röntgenlichtquelle PETRA III bereits genutzt, zahlreiche Innovationen wurden dabei direkt in **industrielle Anwendungen** überführt – immer im Bestreben, möglichst wenig bürokratische Reibung zu erzeugen. Einrichtungen und Initiativen wie die DESY Innovation Factory, der DESY Innovation Award oder das DESY Generator Program unterstützen gezielt den Weg von der Forschung in die wirtschaftliche Nutzung. Und mit der Helmholtz-Plattform Hi-Acts bieten wir einen niederschweligen, unbürokratischen „One-Stop Entry“ für interessierte Firmen an – von Start-ups bis hin zu etablierten Industriepartnern.

Mitten in der Science City Hamburg Bahrenfeld entsteht rund um DESY ein wachsendes **Innovationsökosystem**. Forschungseinrichtungen, Start-ups, Unternehmen und Hochschulen arbeiten dort schon heute eng zusammen. So verbinden sich Grundlagenforschung, Anwendungsforschung und die wirtschaftliche Umsetzung neuer Ideen, direkt und ohne unnötige Hürden – und ganz im Sinne der HTAD.



„Bei DESY versuchen wir jeden Tag, die Grenzen des Machbaren ein Stückchen weiter zu verschieben: durch neues Wissen und neue Technologien. So arbeiten wir mit am Fundament für einen selbstbestimmten technologischen Fortschritt. Und helfen dabei, unser Leben in Wohlstand und Freiheit zu sichern.“

BEATE HEINEMANN, Vorsitzende des DESY-Direktoriums

Material- und Werkstoffinnovationen ermöglichen

Wer Materialien besser versteht und effizienter einsetzen kann – der reduziert Abhängigkeiten und stärkt die Rohstoffsouveränität. All das gehört zu den **Kernkompetenzen**, die wir mit unseren Forschungsinfrastrukturen bereithalten. Der Industriestandort Deutschland profitiert von den Entwicklungen, die aus Forschungsergebnissen entstehen – wie effizientere Batteriematerialien und Halbleiter, biobasierte Alternativen für Solarzellen oder erdölbasierte Kunststoffe.

Fachkräfte gewinnen und halten

Innovationen brauchen **Talente**. DESY investiert deshalb entlang der gesamten Bildungskette in Ausbildung und Nachwuchsförderung: mit Angeboten für Kitas, mit Schülerlaboren und Ausbildungsplätzen, mit internationalen Graduiertenschulen und Forschungsprogrammen. Rund 7000 Schülerinnen und Schüler besuchen jedes Jahr unsere Lernangebote, hinzu kommen zahlreiche Programme für Studierende, Promovierende und Gäste aus aller Welt.

Internationale Zusammenarbeit stärken

DESY ist weltweit eng mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie vernetzt. Gastforschende aus über 60 Ländern arbeiten am Zentrum, jede zweite wissenschaftliche Publikation entsteht in internationaler Kooperation. Einrichtungen wie EMBL oder das Max-Planck-Institut für Struktur und Dynamik der Materie machen den Campus zu einem europäischen **Knotenpunkt für Hochtechnologie und Spitzenforschung**. DESY-Expertinnen und Experten sind zudem in mehreren Initiativen der internationalen Vernetzung aktiv.

So ist DESY Mitglied im europäischen Zusammenschluss der beschleunigerbasierten Lichtquellen LEAPS und Partner beim Röntgenlaser European XFEL und bei der europäischen Röntgenlichtquelle ESRF in Grenoble. Außerdem vitaler Teil des großen CERN-Ökosystems, für das entscheidende Komponenten für Computing, Beschleuniger- und Detektortechnologie in internationalen Teams bei DESY entwickelt und gebaut werden.

DESY ist ein traditionsreicher Ort der Wissenschaft und steht heute für eine neue Generation von Forschungsinfrastrukturen: offen, vernetzt und ausdrücklich transferorientiert. Ein Treiber für technologische Wettbewerbsfähigkeit und neue Wertschöpfung.

Bei DESY entsteht nicht nur Wissen.

Hier entsteht Zukunft.



Willkommen im DESYUM

Schaufenster für Spitzenforschung und Innovation

Es wird das neue Aushängeschild von DESY: das Besuchszentrum DESYUM, das im Sommer 2026 seine Türen öffnet. Damit steht auf dem Hamburger Campus ein Ausstellungshaus, ein Veranstaltungsort und eine Anlaufstelle für Besucherinnen und Besucher, Schulklassen, Gruppen und Gastforschende. Kernstück des Besuchszentrums DESYUM ist die **interaktive Ausstellung** in den beiden unteren Etagen des sechsstöckigen Gebäudes. Sie stellt DESYs vielfältige Forschung vor – von der Suche nach den kleinsten Materiebausteinen über die Welt der Biomoleküle und Nanomaterialien bis zum Blick in die entlegensten Winkel des Universums. Die Exponate zeigen nicht nur die Wissenschaft, sondern auch die beeindruckenden Geräte, die es dafür braucht: kilometerlange Teilchenbeschleuniger, riesige Teleskope, empfindliche Röntgenkameras und irrsinnig schnelle Quantencomputer.

Forum für Dialog und Vernetzung

Im DESYUM ist zukünftig auch Platz für Sonderausstellungen und Veranstaltungen – Events rund um Kunst und Wissenschaft, wie das „Science Café“, bei dem DESY-Mitarbeitende über ihre Forschung berichten und diskutieren. Mehrere Seminarräume stehen für Workshops, Meetings und Vorträge bereit, außerdem gibt es einen Souvenirshop und ein Café für alle – das auch zum regelmäßigen **Austausch** mit den Nachbarinnen und Nachbarn des Stadtteils einlädt.

Kommen Sie vorbei!

Im Sommer 2026 eröffnen wir das DESYUM. Der Eintritt zur Ausstellung ist frei und steht allen offen.

IMPRESSUM

Herausgeber: Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY
Ein Forschungszentrum der Helmholtz-Gemeinschaft

Redaktion: Jens Schröder, Heidrun Hillen, Kristin Hüttmann
Mitarbeit: Barbara Warmbein, Thomas Zoufal
Schlussredaktion: Ilka Flegel
Layout und Illustration: Carolin Rankin
Artdirektion und Produktion: Diana von Ilse
Druck: Druckerei Siepmann GmbH
Redaktionsschluss: Mai 2026

BILDNACHWEISE

Magnific AI (S. 1); Reimo Schaaf (S. 4);
Science Communication Lab (S. 6, 14, 16, 18, 36, 41);
DESY, Neteesh Singh / Jan Lorenzen (S. 6); Werner Bartsch (Porträt S. 7);
Jörg Müller (Porträts S. 7, 18); Vedran Vonk (S. 8); Marta Mayer (S. 9);
Heiner Müller-Elsner (S. 10, 24, 26, 36); Heinle Wischer, Berlin (S. 11);
Christian Schmid (Porträt S. 12, 20, 32); DESY, R. J. Shalloo (S. 12);
Thomas Hülsenbusch und Cora Braun (S. 12); Natan Garrivier et al. (S. 15);
AG Huber (S. 17); Daniel Reinhardt (S. 18); CFEL (S. 21); moka-studio (S. 23);
David Altrath (S. 24); istockphoto/Vertigo3d (S. 26);
CMS collaboration / CERN (S. 28); istockphoto/solareseven (S. 30);
istockphoto/quantic69 (S. 33); Gesine Born (Porträts S. 30);
Sven Velten (S. 34); DESY, Oli Hein (S. 35); Eberhard Reimann (S. 39);
Jörg Müller (Porträt S. 41); HPP International (S. 42).

Über DESY

Das Deutsche Elektronen-Synchrotron DESY zählt zu den weltweit führenden Teilchenbeschleunigerzentren. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erforschen dort die Struktur und Funktion von Materie – vom Wechselspiel kleinster Elementarteilchen, dem Verhalten neuartiger Nanowerkstoffe und lebenswichtiger Biomoleküle bis hin zu den großen Rätseln des Universums.

DESY ist Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft, der größten Wissenschaftsorganisation Deutschlands.

www.helmholtz.de

desy.de



HELMHOLTZ