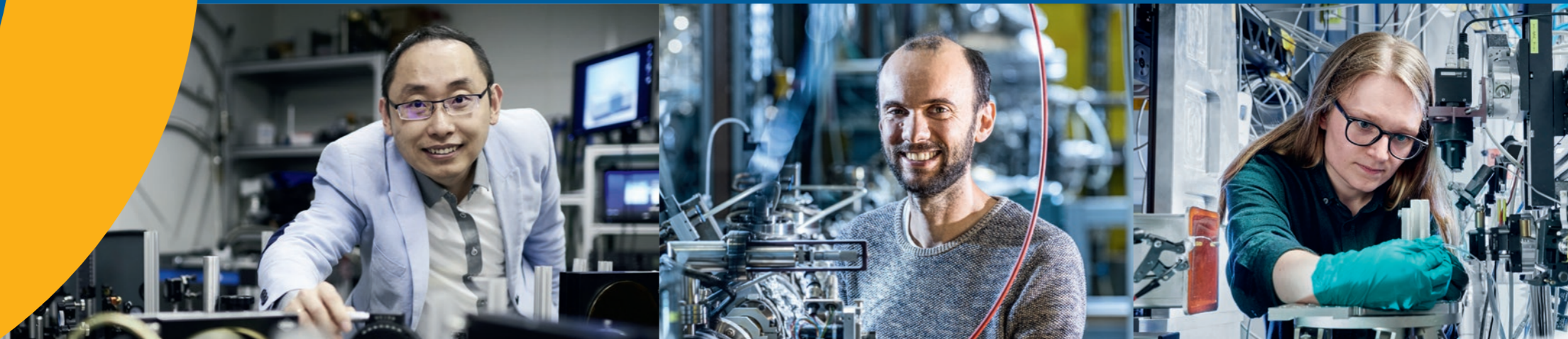


# FORSCHUNG UND INNOVATION STÄRKEN

**Helmholtz Photon Science Roadmap** – Nationale Strategie  
zur Weiterentwicklung beschleunigerbasierter Lichtquellen



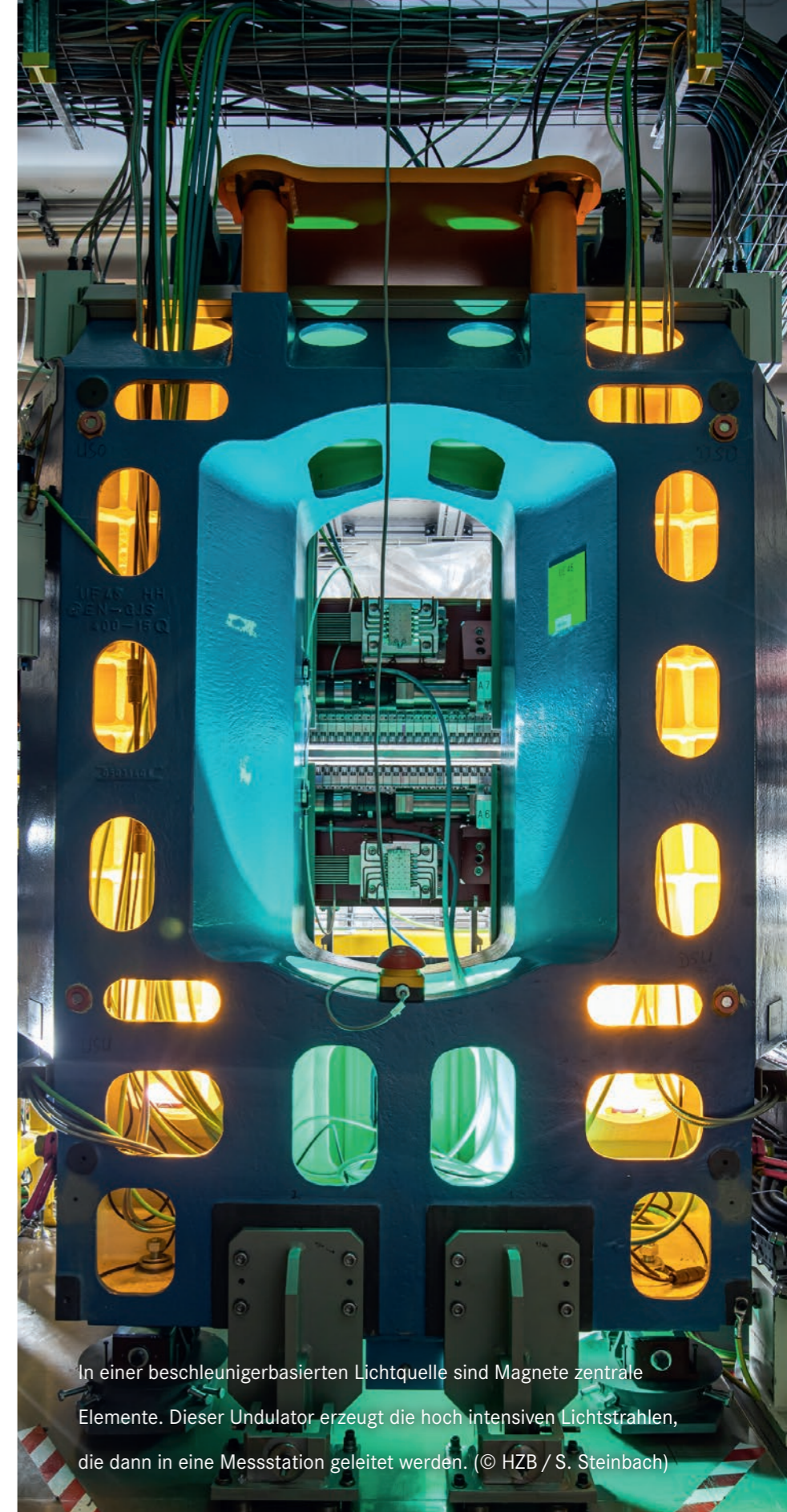
**HZDR**  
HELMHOLTZ ZENTRUM  
DRESDEN ROSSENDORF



**HZB** Helmholtz  
Zentrum Berlin

# INHALTSVERZEICHNIS

ÜBERBLICK.....	3
FORTSCHRITT GEMEINSAM GESTALTEN.....	4
SPITZENFORSCHUNG ERMÖGLICHEN .....	5
NEUE MATERIALIEN ENTWICKELN.....	6
WISSEN ANWENDEN.....	7
PARTNER DER GESUNDHEITSFORSCHUNG.....	8
COMPUTER NEU DENKEN.....	9
KLIMANEUTRALITÄT BESCHLEUNIGEN .....	10
ERDE UND UMWELT SCHÜTZEN .....	11
KULTURELLES ERBE NEU BELEUCHTEN .....	12
WELTWEIT VERNETZEN .....	13
RESILIENZ STÄRKEN .....	14
DIE ZUKÜNFTIGEN LICHTQUELLEN IN DEUTSCHLAND.....	15



In einer beschleunigerbasierten Lichtquelle sind Magnete zentrale Elemente. Dieser Undulator erzeugt die hoch intensiven Lichtstrahlen, die dann in eine Messstation geleitet werden. (© HZB / S. Steinbach)



Die Helmholtz-Gemeinschaft entwickelt, baut und betreibt einzigartige Forschungsanlagen (v.l.n.r.): BESSY II in Berlin, PETRA III in Hamburg und ELBE in Dresden.

(© Fotos v.l.n.r.: HZB / D. Laubner, DESY / D. Altrath, HZDR / F. Bierstedt)

**Die Lichtquellen der Helmholtz-Gemeinschaft sind wahre Multitalente:** Sie enthüllen das Innenleben des Coronavirus und spüren Kandidaten für neue Medikamente auf. Sie analysieren Katalysatoren, die mit Sonnenlicht Wasserstoff erzeugen und so Wegbereiter für eine klimaneutrale Wirtschaft sein können. Sie liefern Erkenntnisse über völlig neuartige Materialien, die für ein rasches Voranschreiten der Digitalisierung essenziell sind. Diese Lichtquellen sichern in vielen weiteren Bereichen Innovationsvorsprung für Deutschland.

Spitzenforschung ermöglichen, Innovationskraft stärken: Diese Visionen des Forschungsbereichs Materie der Helmholtz-Gemeinschaft bilden den Anreiz, eine gemeinsame Strategie zur Weiterentwicklung beschleunigerbasierter Lichtquellen in Deutschland aufzustellen.

» Mit Umsetzung dieser Strategie wird eine Vielzahl völlig neuer wissenschaftlicher Untersuchungen möglich. Die Erkenntnisse bilden die Basis für disruptive Produkte und Verfahren und stimulieren den Forschungs- und Wirtschaftsstandort Deutschland.

#### WAS IST EINE BESCHLEUNIGERBASIERTE LICHTQUELLE (PHOTONENQUELLE)?

- Mit beschleunigten Elektronen werden höchst intensive Lichtpulse erzeugt: vom Infraroten bis jenseits des Röntgenbereiches. Mit diesem Licht (Synchrotronlicht) können nahezu alle Materialien und Proben untersucht werden.
- Zu Photonquellen zählen Speicherringe und Freie-Elektronen-Laser (FEL). Sie unterscheiden sich in Zweck und Aufbau: Speicherringe sind ringförmig und erzeugen kurze Lichtpulse mit hoher Gesamtintensität; FEL sind linear und erzeugen ultra-kurze, extrem intensive Laserblitze.

SPEICHERRING-  
LICHTQUELLE



FEL

# FORTSCHRITT GEMEINSAM GESTALTEN

Exzellente Forschung setzt gleichermaßen hervorragende Forschungsinfrastrukturen wie auch die besten Köpfe in der Wissenschaft voraus. Die Nutzerinnen und Nutzer der beschleunigerbasierten Lichtquellen der Helmholtz-Gemeinschaft verfügen über die entsprechende Expertise und das erforderliche Know-how.

Einerseits sind sie dank langjähriger Erfahrung in der Lage, die Anlagen optimal für ihre Forschung zu nutzen. Andererseits erspüren sie unmittelbar die Grenzen der Anlagen für künftige Projekte und fordern deren Weiterentwicklung ein. Mit ihrer Strategie schafft die Helmholtz-Gemeinschaft die Voraussetzung, die wissenschaftlichen Fragen der Zukunft zu lösen und so auch künftig den Innovationsvorsprung für Deutschland zu sichern. Eng einher damit gehen Ausbildung und Einbindung des wissenschaftlichen Nachwuchses.

Die Anlagen ergänzen sich komplementär und decken die gesamte Breite des benötigten Lichtspektrums ab (siehe Grafik). Die Beteiligung der Helmholtz-Gemeinschaft am European XFEL rundet das Portfolio ab.

» Die Strategie orientiert sich an den Erfordernissen der Wissenschaft. Das Zusammenspiel aller geplanten Anlagen wird den gesamten von der Wissenschaft benötigten Lichtenergiebereich abdecken und garantiert damit, allen Forschungsfragen gewachsen und international wettbewerbsfähig zu sein.

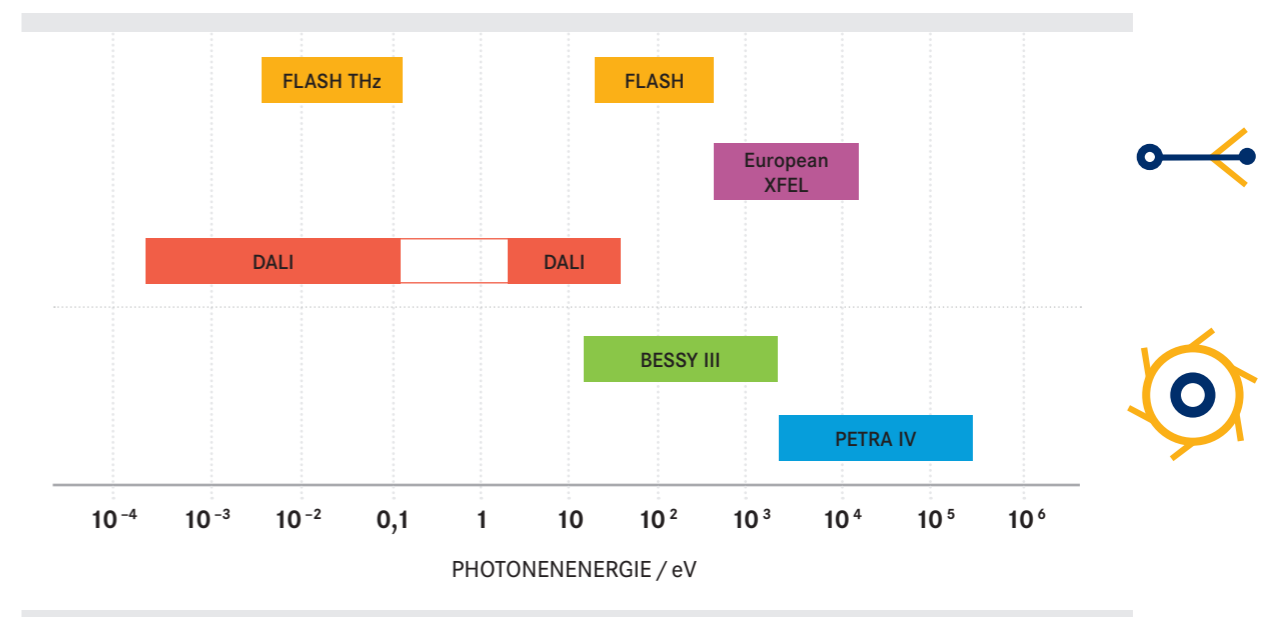


## Prof. Jan-Dierk Grunwaldt

Vorsitzender Nutzer-Komitee Forschung mit Synchrotronstrahlung (KFS), KIT

„Die neuen Photonenquellen sollen auch in Zukunft die erforderliche und bedarfsgerechte Infrastruktur für uns Nutzende bieten und die Zusammenarbeit von Hochschulen und Forschungseinrichtungen fördern. Solche Quellen mit höchster Brillanz werden auch benötigt, um für gesellschaftliche Herausforderungen maßgeschneiderte Lösungen zu finden.“

### Komplementäre Quellen für unterschiedlichste Forschungsdisziplinen



# SPITZENFORSCHUNG ERMÖGLICHEN

Gesundheit, Klimawandel, Energieversorgung und Digitalisierung zählen zu den größten Herausforderungen unserer Zeit. Schon heute die Fragen der Zukunft im Blick haben: Für diese Mission steht die Helmholtz-Gemeinschaft. Sie entwickelt mit ihren exzellenten Forschungsinfrastrukturen wegweisende Lösungen für morgen. Mit ihnen entstehen neue Technologien und Materialien sowie eine vertiefte Kenntnis grundlegender Prozesse. Ihre Anlagen sichern den Fortschritt in allen Lebensbereichen.

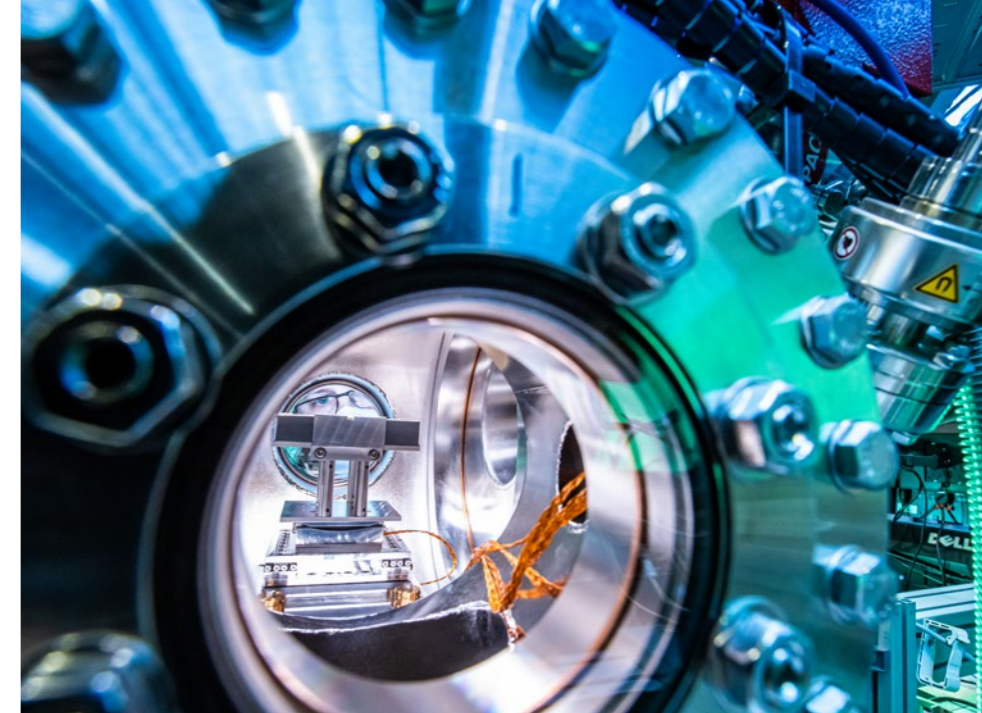
Für die Entwicklung völlig neuer Materialien und Technologien brauchen wir zwingend beschleunigter basierte Lichtquellen. Sie dienen als Supermikroskope und erlauben einen Blick in die Welt der Atome und deren ultraschnelle Prozesse. Dank der weltweit führenden Analysemöglichkeiten erlangen Forschende wichtige Erkenntnisse, über den Aufbau von Coronaviren, die atomare Struktur von Solarzellen oder Elektronen- und Ionenbewegungen in Batterien.

Die geplanten und vorhandenen Lichtquellen ergänzen sich optimal, um die fächerüber-

greifende Nachfrage zu decken. Durch ihre komplementären Experimentiertechniken bilden sie die unverzichtbaren Werkzeuge der Forschung.

Tausende Forschende aus allen Bereichen der Wissenschaft und der Industrie nutzen regelmäßig die bereits bestehenden Anlagen, die in der Vergangenheit mit Weitsicht für die heutige Forschung entwickelt wurden. So konnte mit großem Erfolg unter anderem die Forschung von Biontech zu den mRNA-Impfstoffen vorangebracht werden.

Erfolgreiche Forschung gelingt nur in interdisziplinär aufgestellten Kooperationen. Nationale und internationale Universitäten, außeruniversitäre Forschungsorganisationen wie Max-Planck- und Fraunhofer-Gesellschaft oder Leibniz-Gemeinschaft, arbeiten eng zusammen mit Partnern aus unterschiedlichsten Industriebereichen. An den Helmholtz-Forschungsinfrastrukturen ist dies Alltag. So werden wissenschaftliche Erkenntnisse schneller veröffentlicht sowie der rasche Transfer von Wissen und Technologie in die Wirtschaft gewährleistet.



Dank des speziellen Lichts in den Photonenquellen können neuartige Materialien erforscht werden, wie hier die MXene, die der Energiespeicherung dienen. (© HZB / S. Steinbach)

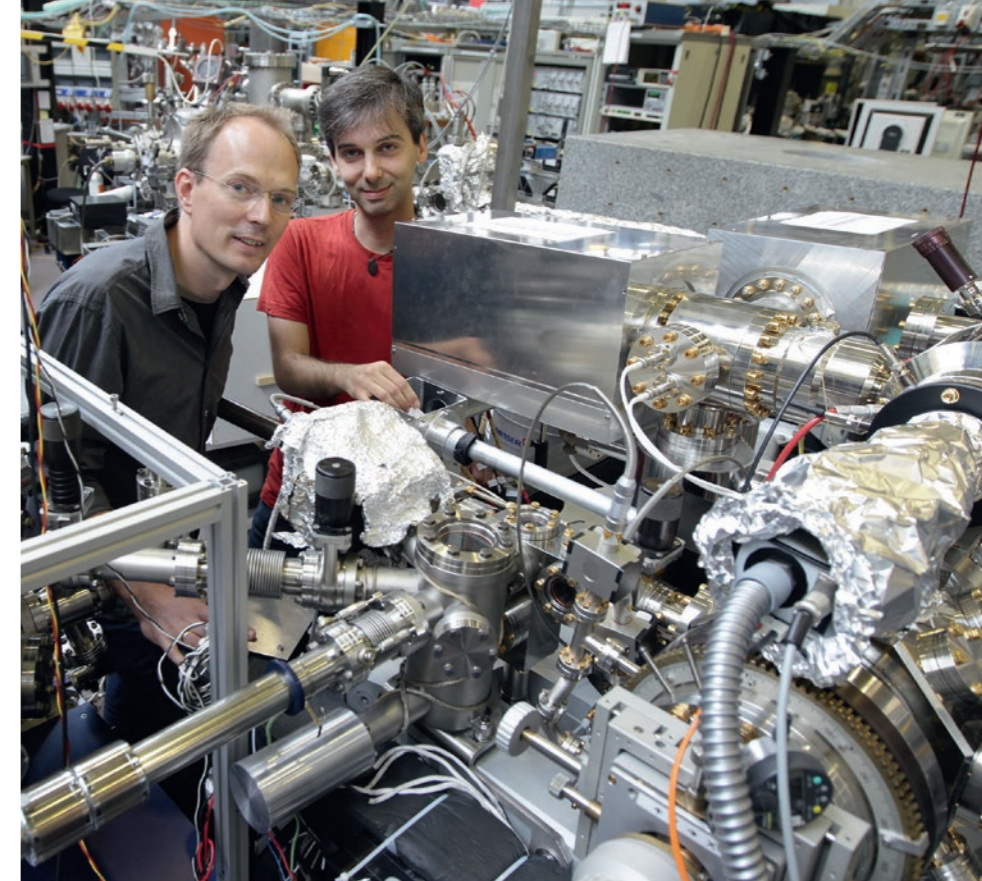
» Mit den Photonenquellen der neuesten Generation wird sichergestellt, dass auch in Zukunft einzigartige Experimentiermöglichkeiten zur Verfügung stehen. Durch Weiterentwicklung der bestehenden Anlagen wird Deutschland im globalen Wettbewerb mit Einrichtungen in den Vereinigten Staaten und Asien weiterhin eine Spitzenstellung einnehmen.

## NEUE MATERIALIEN ENTWICKELN

Die Materialforschung ist eine Schlüsseldisziplin für alle Bereiche unseres Lebens, so auch für eine klimafreundliche und biodiverse Zukunft. Sie liefert Materialien mit vollkommen neuen Eigenschaften, zum Beispiel für höchsteffiziente Solarzellen oder elektrisch leitfähige Kunststoffe. Solche High-tech-Materialien werden bis in die kleinsten Abmessungen individuell gestaltet. Tief in die Materialien hineinsehen und verstehen, wie diese im Detail aufgebaut sind, und wie sie sich auf der Ebene von Atomen und Molekülen verhalten: Dafür werden analytische Werkzeuge benötigt, die in der Lage sind,

Struktur und Dynamik auf der Nanometerskala abzubilden. Am besten live, unter den für die Anwendung relevanten Betriebsbedingungen.

» Mit der kommenden Lichtquellen-Generation können wir den nächsten Schritt gehen: in noch kleinere Dimensionen vordringen und Materialien live unter Prozessbedingungen beobachten. Erst dadurch können neue Materialien entwickelt werden, die grundlegend sind für Sprunginnovationen.



An dieser Messstation untersuchen Forschende, wie man den Spin von Elektronen kontrollieren und schalten kann. Damit werden wichtige Erkenntnisse gewonnen, um neuartige Materialien für energieeffiziente Computer zu schaffen. (© HZB / M. Setzpfandt)



### Prof. Stuart Parkin

Managing Director, Max Planck Institute of Microstructure Physics

„Mit BESSY III, DALI und PETRA IV werden herausragende Forschungsmöglichkeiten geschaffen, um Struktur und Funktion von Materie zu erforschen.

Für die Entdeckung und Erforschung von Quantentechnologien der Zukunft kommt den Großgeräten herausragende Bedeutung zu.“



### Prof. Metin Tolan

Präsident der Universität Göttingen

„Der Zugang zu State-of-the-Art Photonenquellen ist essenziell für die universitäre Forschungslandschaft in Deutschland. Mit ihrer Roadmap stellt die Helmholtz-Gemeinschaft sicher, dass Deutschland auch in Zukunft auf dem Gebiet der Röntgenphysik konkurrenzfähig aufgestellt ist.“

## WISSEN ANWENDEN

Der stetige Austausch mit der Industrie in allen Phasen der Forschung und Wissensproduktion gilt als unverzichtbar. Durch Kooperationen profitieren Unternehmen sowohl von Technologien als auch von wissenschaftlichen Ergebnissen, die unmittelbar in Verfahren oder Produkte münden. Zwei Beispiele:

- Die Carl Zeiss AG und ihre Partner setzten Synchrotronlicht ein, um eine revolutionäre neue Fertigungstechnik für leistungsfähigere Mikrochips zu entwickeln. Diese Erfindung wurde mit dem deutschen Zukunftspreis 2020 ausgezeichnet.
- Hochfeste Stähle für den Leichtbau im Transportwesen sparen Energie und damit CO<sub>2</sub>: Mit brilliantem Röntgenlicht wurde ein besseres Verständnis des Materialverhaltens bei Schneidprozessen dieser Stähle erreicht. Optimiert finden diese beispielsweise schneller den Weg in den Fahrzeugbau.

» Geplante automatisierte Hochdurchsatz-Messplätze sind auf die Bedürfnisse der industriellen Forschung und Entwicklung zugeschnitten. Prototypen-Entwicklung oder standardisierte Probenläufe werden damit erleichtert.



Abstimmung und Austausch, um wissenschaftliche Ergebnisse in Verfahren und Produkte zu transferieren. (© HZDR / AVANGA)



### Prof. Edith Heard

Director General of the European Molecular Biology Laboratory (EMBL)

„Understanding biology from the molecular level to entire organisms requires multiple tools for hierarchical and correlative imaging, over a vast range of length scales. The proposed new sources of the Helmholtz Roadmap will provide a new era of such tools for the life sciences.“

## PARTNER DER GESUNDHEITSFORSCHUNG

Ob Infektion oder Entzündung: Häufig sind es Moleküle, die über Krankheit oder Gesundheit des Menschen entscheiden. Auch dank der Lichtquellen wurden molekulare Grundlagen enträtselt und Wirkstoffe entwickelt, die punktgenau dort ansetzen, wo ein Krankheitserreger angreift.

Ein noch besseres Verständnis der Vorgänge brächte zum Beispiel ein Abbild von ein und derselben Probe, von der atomaren, molekularen und zellulären Ebene bis hin zum Gewebe. Dafür werden komplementäre bildgebende Methoden entwickelt:

- Röntgenkristallographische dreidimensionale Methoden klären die atomaren Strukturen und Funktionen biologischer Makromoleküle auf.
- Mit höchstauflösender Röntgenbildgebung entstehen dreidimensionale Abbildungen von Zellgewebe bis hin zu größeren Organen mit extremer Detailtiefe.
- Mit Terahertz-Licht kann der Einfluss der wässrigen Hülle von Biomolekülen auf die Funktionsweise der Zellmembran untersucht werden.



### Prof. Ada Yonath

Nobel Prize Laureate, Weizmann Institute

„Structural biology of large complexes at very high resolution is unthinkable without high brilliance focused next generation photon sources. It is expected that the achievable resolution for biological imaging at the next generation of photon sources, associated with cryo-electron microscopy, will bridge between the molecular and the cellular levels.“



Dank der neuen Analysemöglichkeiten wurden Wirkstoff-Kandidaten gegen SARS-CoV-2 entdeckt. (© DESY / C. Schmid)

Die neuen Lichtquellen erlauben bei gleicher Experimentierzeit eine circa zehnmal bessere dreidimensionale Auflösung oder bei gleicher Auflösung eine circa tausendfach schnellere Messung. Dank dieser Präzision wird die Erforschung von bisher nicht abbildbaren, dynamischen Prozessen in Zellen und Geweben möglich.

» Durch die verkürzte Experimentierzeit – verbunden mit einer weitergehenden Automatisierung von Messung und Auswertung – wird die systematische Suche nach Wirkstoffen enorm verbessert.



# COMPUTER NEU DENKEN

Sie werden immer kleiner, leichter und dünner. Die zunehmende Miniaturisierung in der Informationstechnologie erfordert einerseits neue Halbleiterbauteile, verlangt andererseits ein profundes Prozessverständnis, damit fehlerfrei funktionierende Elektronik entsteht.

Die Bauteile für Roboter, Drohnen oder autonome Fahrzeuge müssen ausfallsicher und zuverlässig sein. Mit den modernen Lichtquellen wird eine zerstörungsfreie Fehleranalytik möglich. Zwei Beispiele, die den Fortschritt der zukünftigen Lichtquellen verdeutlichen:

- **Magnetische Wirbel, sogenannte Skyrmionen, bergen ein großes Potenzial für die Datenspeicherung und könnten schon bald zu einem sprunghaften Anstieg von Geschwindigkeit und Energieeffizienz moderner Computer führen.**
- **Die deutsche Wirtschaft setzt große Hoffnungen auf die Realisierung eines Quantencomputers mittels Festkörper-Qubits. Diese würden die Datenverarbeitung enorm beschleunigen.**

» Nur mit den neuen Lichtquellen wird die Forschung in den Feldern Mikroelektronik, Nanotechnologie und Supraleitung ihr Potenzial ausschöpfen, denn die Lichtquellen ermöglichen ein detailliertes Verständnis darüber, wie innere Strukturen und fundamentale Prozesse zusammenhängen.



Große und schnelle Computer-Anlagen sind unerlässlich zur Speicherung, Weiterleitung und Verarbeitung von Messdaten.  
(© DESY / H. Müller-Elsner)



## Dr. Manfred Horstmann

Geschäftsführer Globalfoundries Dresden

„Eine breite Materialforschung ist essenzielle Voraussetzung für die Weiterentwicklungen in der Informations- und Kommunikationstechnologie. Am Entwicklungs- und Produktionsstandort Deutschland sind dafür modernste Großforschungseinrichtungen wie BESSY III, DALI und PETRA IV von herausragender Bedeutung.“

# KLIMANEUTRALITÄT BESCHLEUNIGEN

Energie nachhaltig erzeugen, nutzen und speichern: Zahlreiche vielversprechende Projekte werden im Rahmen der Energiewende als Gegenmaßnahmen zum Klimawandel initiiert. Die Herstellung und Umwandlung von grünem Wasserstoff ist ein Beispiel. Geforscht wird unter anderem an winzigsten, strukturierten Systemen, bei denen aktive Katalysator-Materialien auf dünnen Schichten konzentriert sind. Zwei Beispiele:

- Dünner als ein Haar ist die bauliche Einheit einer Solarzelle und eines Wasserstoff-Elektrolyseurs. Die Mini-Kraftwerke könnten auf Dächer gesprüht werden. Die Lichtreaktionen der Solarzelle werden erst mit den neuen Anlagen detailliert verstanden.
- Katalysatoren sind die Voraussetzung für rund 90 Prozent aller relevanten Prozesse in der chemischen Industrie und im Energiebereich. Dazu zählen sämtliche mit der Wasserstofftechnologie verbundenen Abläufe der Energieumwandlung: wie Wasserspaltung,



## Prof. Robert Schlögl

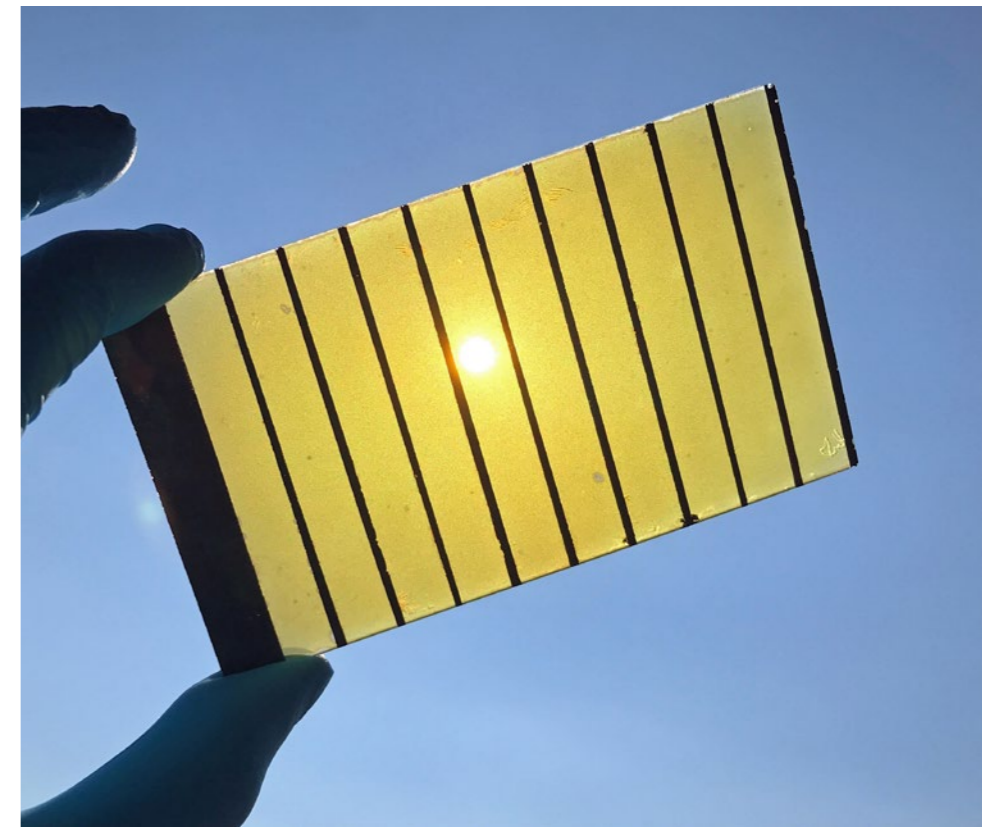
Direktor Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft und Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion

„Die neuen Quellen werden hervorragende Forschungsmöglichkeiten zur Untersuchung neuartiger Katalysatoren bieten, wie sie zum Beispiel zu Herstellung und Transport von grünem Wasserstoff nötig sind.“

Prozesse in der Brennstoffzelle oder Methanolsynthese.

» Das Röntgenlicht der neuen Photonquellen hilft, die Reaktionen unter realen Einsatzbedingungen zu verstehen. Ein Erkenntnisgewinn, der zu neuen Materialien und Bauteilen führt. Der gesamte Prozess der Energieerzeugung und -speicherung wird deutlich effizienter.

Sonnenenergie kann zur Herstellung von Wasserstoff, einem vielseitigen Brennstoff, genutzt werden. (© HZB)



# ERDE UND UMWELT SCHÜTZEN

Unsere Erde verändert sich ständig. Unzählige Prozesse sind dafür verantwortlich. Sichtbar sind sie oft nur auf der Mikro- oder Nanoskala, können jedoch, wie der Klimawandel zeigt, globale Auswirkungen haben.

Auch der Wasserkreislauf hat viele Effekte auf unsere direkte Umwelt. Mittels modernster Lichtquellen wird es möglich, den Zusammenhang zwischen der atomaren Struktur und Dynamik von Wasser sowie den beobachtbaren Eigenschaften besser zu verstehen. Viele Prozesse sind noch nicht vollständig verstanden:

- Biologische Stoffwechselprozesse wie Fotosynthese und Zellatmung.
- Verwitterung von Oberflächen durch Korrosion, die jährlich wertvolle Ressourcen vernichtet.

» Für die Untersuchung dieser lokal auftretenden Effekte ist die Nutzung der fein fokussierten Strahlen der Lichtquellen eine wesentliche Voraussetzung. Durch den technologischen Fortschritt der neuen Anlagen wird das Zusammenspiel von Wassermolekülen mit Proteinen in Zellen oder Elektronen an Materialoberflächen aufgedeckt.

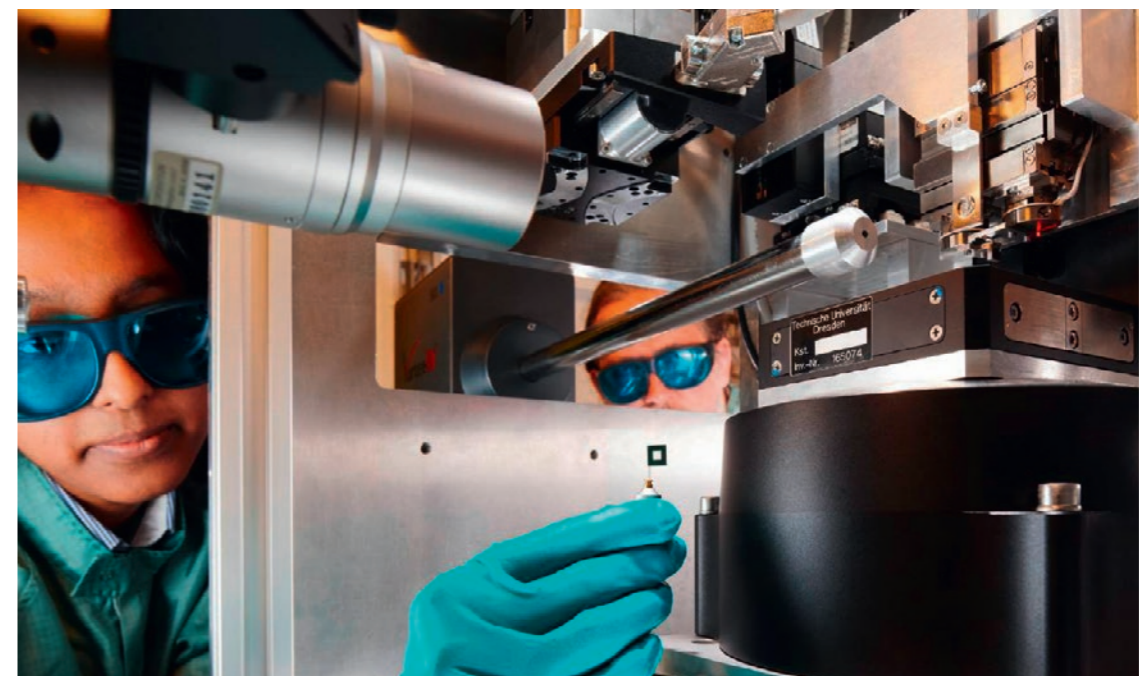
Dank Photonenquellen können Forscherinnen und Forscher zum Beispiel den Arsenanteil in Pflanzen im Detail nachweisen und messen. (© DESY / H. Müller-Elsner)



## Prof. Mojib Latif

GEOMAR und Universität Kiel,  
Präsident der Deutschen Gesellschaft  
CLUB OF ROME

„Die Erforschung der komplexen Zusammenhänge im Mikrokosmos ist für die Klimaforschung hochrelevant. So spielen die Photonenquellen eine wichtige Rolle für die Untersuchung von molekularen Prozessen in der Erdatmosphäre, ohne die zukünftige Klimaentwicklungen nicht vertrauenswürdig vorhersagt werden können.“



# KULTURELLES ERBE NEU BELEUCHTEN

Das Gold kam aus Cornwall in England, nicht wie vermutet aus Rumänien. Das zeigte die zerstörungsfreie Untersuchung der Himmelsscheibe von Nebra an einer Photonenquelle. Die Erkenntnis erlaubte Rückschlüsse auf Handelswege von vor 4000 Jahren.

Ob Goldfund oder Analyse eines Dino-Knochens: Synchrotronlicht eröffnet Einblicke in wertvolle Kulturgüter, die mit den klassischen Methoden der Archäologie allein nicht möglich wären und das, ohne sie dabei zu beschädigen. Mit den Lichtquellen lässt sich sogar unter die Farbe schauen. Übermalte Bilder auf derselben Leinwand werden wieder sichtbar. Die Methode eignet sich zur Echtheitsprüfung oder zur Untersuchung von Pergament und wie dieses durch bestimmte Tinten über Jahrhunderte hinweg zerstört wird. Die gewonnenen Erkenntnisse helfen, antike Schriftstücke vor dem Verfall zu bewahren oder sie zu restaurieren.

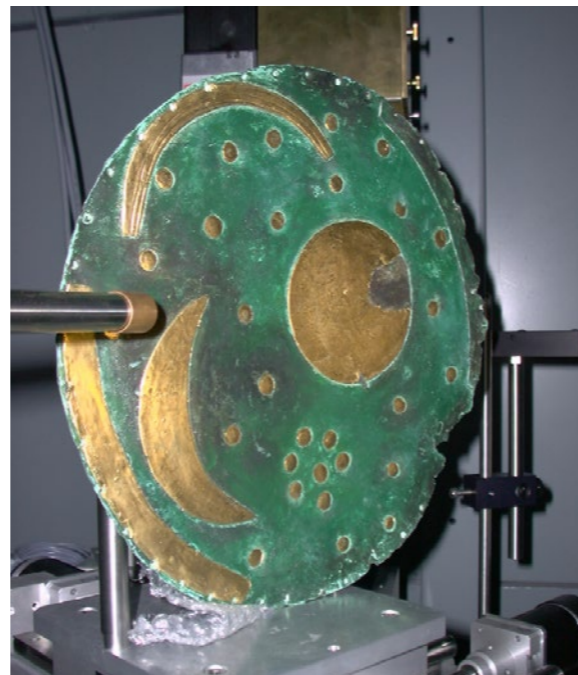
» Die neuen Lichtquellen mit ihrer erhöhten Sensitivität werden entscheidende Beiträge zur Kulturforschung liefern und so manche Geheimnisse entschlüsseln.



## Prof. Joachim Ullrich

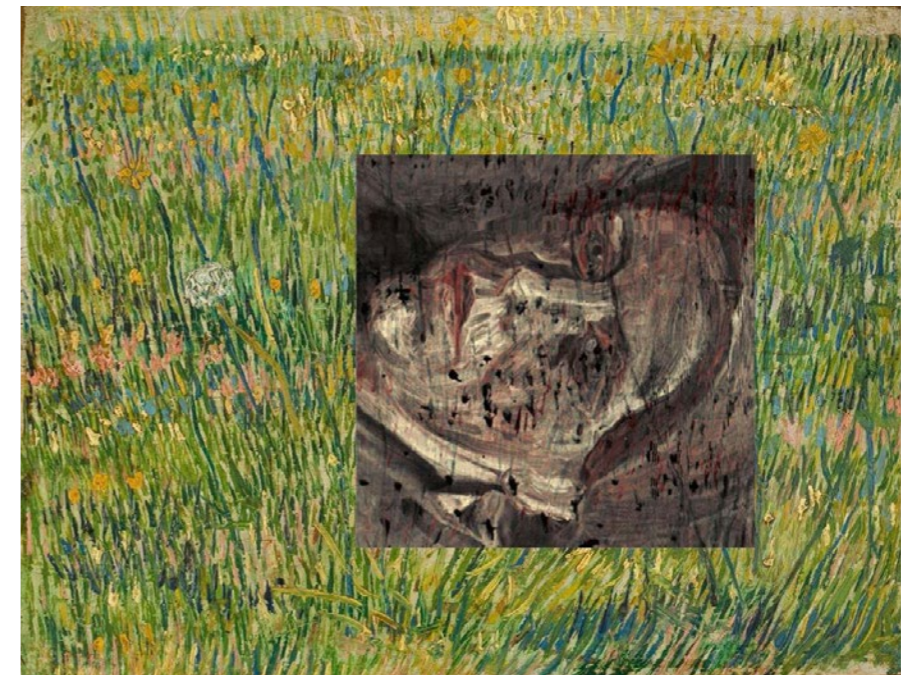
Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig, designierter Präsident der DPG

„Genaue Messungen – also Metrologie mit Synchrotronstrahlung für Industrie und Wissenschaft – sind eine Erfolgsgeschichte in Deutschland mit weltweiter Alleinstellung. Die neuen Quellen werden diese internationale Spitzenstellung weiter ausbauen und den Innovationsstandort Deutschland und Europa nachhaltig stärken.“



Sogar die Himmelsscheibe von Nebra wurde mit dem Licht von Photonenquellen untersucht.

(© BAM / M. Radtke)



Durch eine Lichtquelle aufgedeckt: Unter dem van Gogh-Gemälde einer Graslandschaft befindet sich das Porträt einer Frau.

(© TU Delft / DESY)

## WELTWEIT VERNETZEN

Mit seinen Photonenquellen leistet Deutschland seit 1964 Pionierarbeit: Damals wurden die weltweit ersten Experimente am Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY in Hamburg durchgeführt. Seitdem konnte Deutschland seine internationale Führungsposition stetig ausbauen.

Großforschungsanlagen ermöglichen nicht nur grundlegende Experimente in vielen Forschungsdisziplinen, sondern sie holen auch herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt ins Land. In diesem inspirierenden Umfeld werden junge Menschen zu hochqualifizierten Spitzenkräften ausgebildet.

Die Konkurrenz unter den beschleunigerbasierten Lichtquellen weltweit ist enorm. In den Vereinigten Staaten und in Asien liefern die Photonenquellen einen wichtigen Beitrag zu nationalen Innovationsstrategien. Neubau oder Modernisierung älterer Anlagen ist daher essenziell, um an der Spitze des technologisch Machbaren zu operieren.

» **Damit Deutschland und Europa in der Forschung zukunftsfähig, innovativ und kompetitiv bleiben, bieten die neuen Anlagen beste Voraussetzungen. Sie eröffnen völlig neuartige Möglichkeiten zur Analyse von Funktion und Struktur der Materie.**

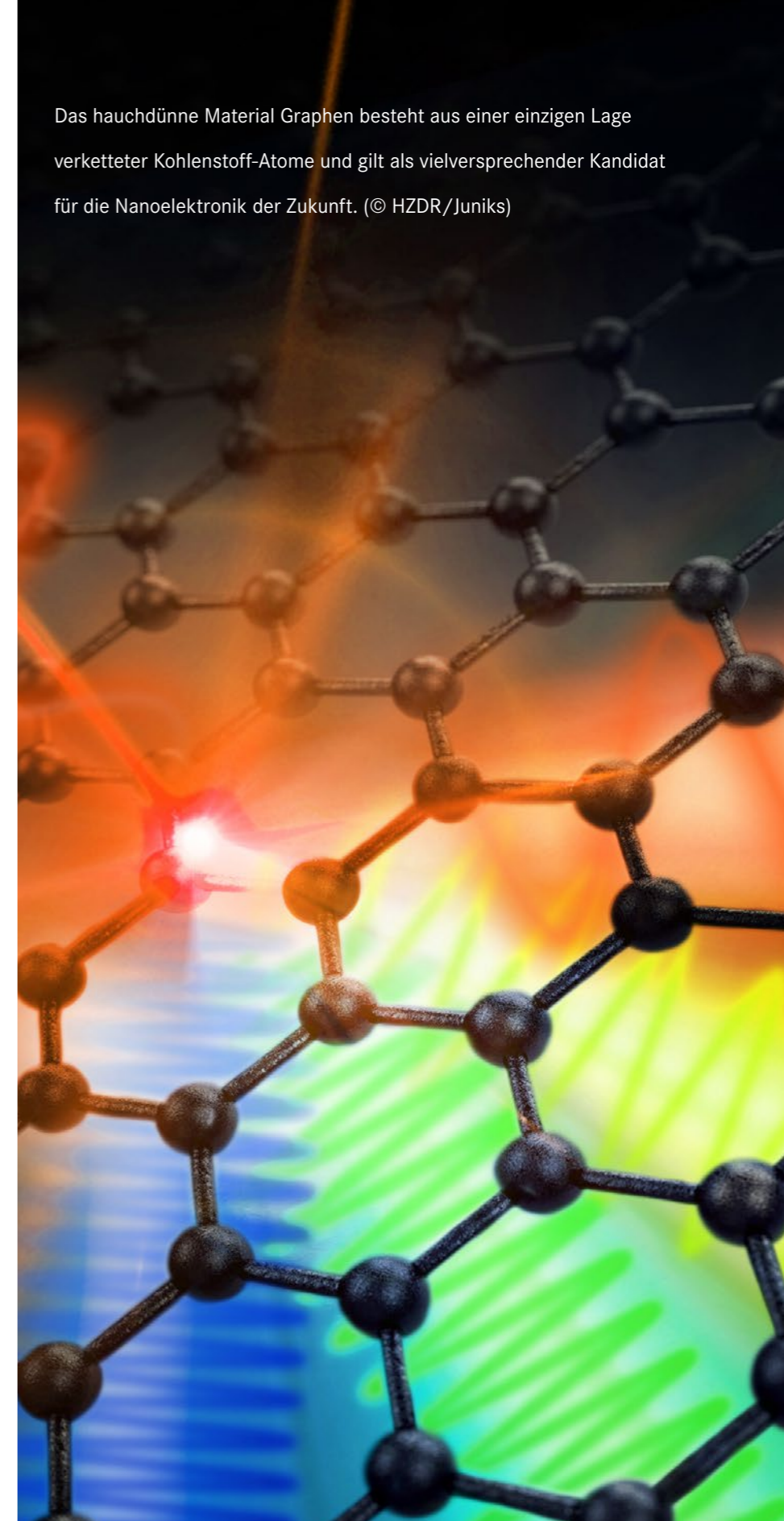


### Dr. Caterina Biscari

Chair of League of European Accelerator-based Photon Sources (LEAPS) and Director of ALBA (Spain)

„Traditionally the German synchrotron and FEL photon sources are extremely important for the portfolio of sources in Europe. Realisation of the Helmholtz Roadmap will ensure that Germany and Europe will stay at the forefront in the respective field of research.“

Das hauchdünne Material Graphen besteht aus einer einzigen Lage verketteter Kohlenstoff-Atome und gilt als vielversprechender Kandidat für die Nanoelektronik der Zukunft. (© HZDR/Juniks)



## RESILIENZ STÄRKEN

Mit den neuen Anlagen wird es spektakuläre Einblicke in winzigste Dimensionen geben: In Echtzeit können die ultraschnellen Bewegungen von Elektronen oder biologische Prozesse beobachtet und sogar verändert werden. Die Schwierigkeiten dabei: Die Menge der anfallenden Daten wächst erheblich, ebenso die Geschwindigkeit, in der sie verarbeitet werden müssen.

Blitzschnell müssen Entscheidungen getroffen werden, um während der Experimente in den Prozessablauf einzugreifen. Das lässt sich einzig durch einen vollständig digitalen Betrieb realisieren, in dem mithilfe von Künstlicher Intelligenz und schneller Datenanalyse automatisiert gesteuert wird.

Durch umfassende Digitalisierung des Betriebes der neuen Anlagen werden die Experimente weitgehend „Remote“, das heißt vom Büro oder von Zuhause aus gesteuert. Die aktuelle Corona-Pandemie lehrt uns, dass ein solcher „Remote Access“ von unschätzbarem Wert sein kann. Stabilität und Fehlertoleranz der Anlagen gewährleisten akademischer wie industrieller Forschung

stetigen Zugang, selbst gegenüber nicht-vorhersagbaren Einflüssen. Dies ist unter wettbewerblichen wie unter ökonomischen Aspekten ein bedeutender Mehrwert.

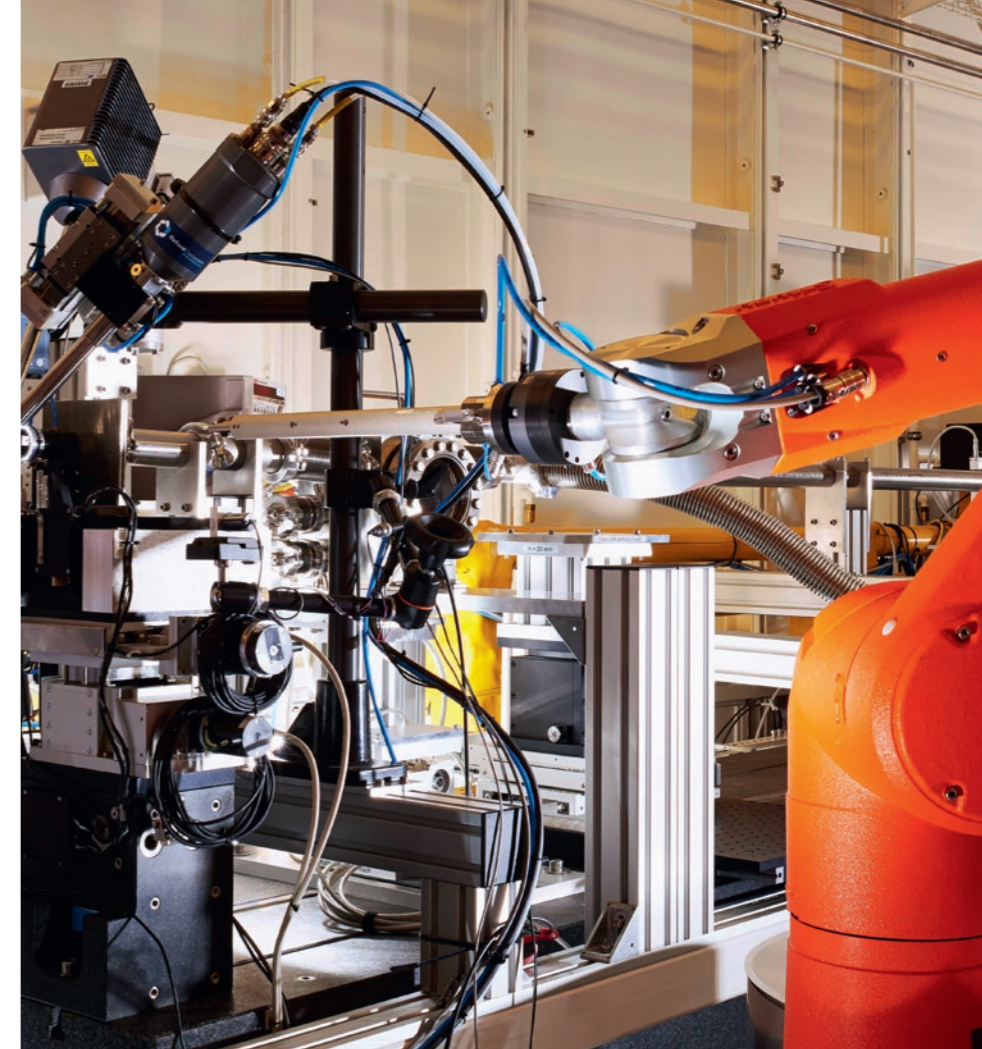
» Die Helmholtz-Gemeinschaft stellt sich nicht nur mit ihrer Forschung den Herausforderungen der 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (UN): Durch gezielten Ausbau des Remotezugangs werden Reisetätigkeiten reduziert und Zugang zu Spitzenforschung wird grenzüberschreitend und in Partnerschaft möglich.



### Prof. Martin Stratmann

Präsident der Max-Planck-Gesellschaft (MPG)

„Institute der Max-Planck-Gesellschaft arbeiten sehr eng mit der Helmholtz-Gemeinschaft auf dem Feld der Nutzung beschleunigerbasierter Photonenquellen zusammen. Die MPG begrüßt die Photon Science Roadmap außerordentlich als wichtiges Element auch weiterhin exzellente Forschung auf diesem Gebiet in Deutschland zu ermöglichen.“



Der Roboterarm ermöglicht einen schnellen, automatischen Wechsel tiefgekühlter Proben (Mitte). So können insbesondere Proteinstrukturen höchst effizient untersucht werden. (© DESY / H. Müller-Elsner)

# DIE ZUKÜNFTIGEN LICHTQUELLEN IN DEUTSCHLAND

BETREIBER	HEUTE	ZUKUNFT	START	CHANCEN
<b>DESY</b> Deutsches Elektronen-Synchrotron, Hamburg	PETRA III 	<b>PETRA IV</b>	2027	Ausbau der bestehenden Lichtquelle PETRA III in Hamburg zu <b>PETRA IV</b> . Das dort bereitgestellte Röntgenlicht bildet atomare Strukturen von Materialien unter Live-Prozessbedingungen ab. Leistungsfähigere Batterien, neue medizinische Wirkstoffe gegen Krankheiten oder maßgeschneiderte Materialien für die Quantenelektronik: Mit den dann tiefen Einblicken in den Nanokosmos entstehen wissenschaftliche Fortschritte. Nach Fertigstellung ist DESYs 3D-Röntgenmikroskop weltweit einzigartig.
<b>HZB</b> Helmholtz-Zentrum Berlin	BESSY II 	<b>BESSY III</b>	2032	<b>BESSY III</b> wird die neue Entdeckungsmaschine für die Energie- und Materialforschung. Die weichen Röntgenstrahlen offenbaren orts aufgelöste Informationen über elektronische Eigenschaften. Neue Operando-Techniken erlauben Echtzeitforschung, die neue Einblicke in die Funktionalität von Materialien ermöglichen. Hightech-Materialien für künstliche Fotosynthese zur Herstellung von grünem Wasserstoff sowie für Quantencomputer werden damit realistisch.
<b>DESY</b> Deutsches Elektronen-Synchrotron, Hamburg	FLASH 	<b>FLASH 2020+</b>	2025	Der Freie-Elektronen-Laser <b>FLASH2020+</b> wird kontinuierlich bis 2026 modernisiert. Mit Abschluss der Umbauphase wird die FLASH-Anlage eine weltweit führende Position im Bereich der FELs für weiche Röntgenstrahlung sein.
<b>HZDR</b> Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf	ELBE 	<b>DALI</b>	2030	In Dresden entsteht eine neue Forschungsanlage mit zwei supraleitenden Elektronenbeschleunigern: <b>DALI</b> . Diese liefert Terahertz- und Vakuum-Ultraviolett-Strahlung. Mit ihrem Licht sollen Materialien zur ultraschnellen Datenverarbeitung entschlüsselt werden, die zum Beispiel die Nachfolger des 5G-Mobilfunkstandards werden können.
<b>European XFEL</b> Schenefeld	EUXFEL 	<b>EuXFEL</b>	2028	Die Helmholtz-Gemeinschaft finanziert den deutschen Beitrag zur Weiterentwicklung des international betriebenen Röntgenlasers. <b>European XFEL</b> ermöglicht die Untersuchung der atomaren Struktur, Dynamik und Funktion von Materie. Ziel ist die optimale Nutzung von hohen Pulswiederholraten. Dadurch können deutlich mehr Experimente durchgeführt und neue Forschungsfelder erschlossen werden.

» Mit der Umsetzung dieser nationalen Strategie zur Weiterentwicklung beschleunigerbasierter Lichtquellen werden komplementäre Forschungsanlagen entstehen, die in ihrer Kombination weltweit einmalig völlig neue Forschung mit Röntgenlicht ermöglichen. Dies führt zu wegweisenden Technologien und stimuliert den Forschungs- und Wirtschaftsstandort Deutschland nachhaltig.

**IMPRESSUM:**

Herausgeber: Helmut Dosch, Jan Lüning, Sebastian M. Schmidt aus dem Forschungsbereich Materie der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren

Inhalt und Redaktion: Ina Helms, Heidrun Hillen, Sven Kiele, Florentine Krawatzek, Wiebke Laasch, Kim-Astrid Magister, Simon Schmitt, Barbara Schramm, Olaf Schwarzkopf, Edgar Weckert

Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB), Deutsches-Elektronen Synchrotron (DESY),  
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR)

Fotonachweise Titel: HZDR / S. Floss, HZB / S. Steinbach, DESY / C. Schmid

Layout: Schleuse01 Werbeagentur GmbH

Stand: Juni 2021

» Die Broschüre stellt eine Kurzfassung der Helmholtz Photon Science Roadmap dar. Weitere Informationen erhalten Sie unter dieser E-Mail-Adresse: [photonscience@helmholtz.de](mailto:photonscience@helmholtz.de)