

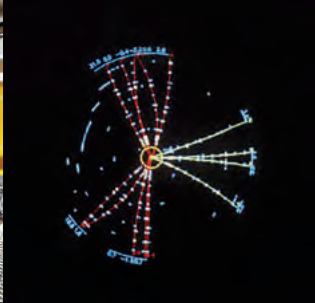
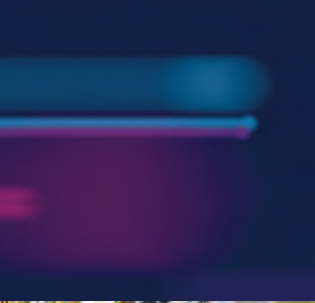
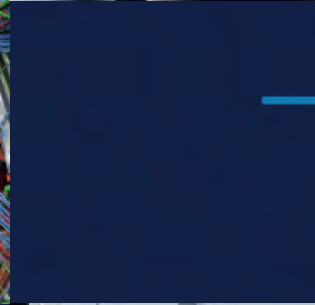
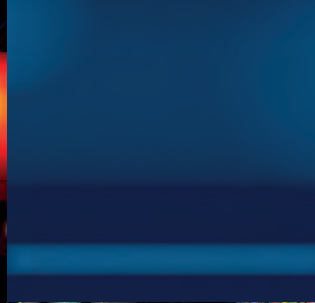
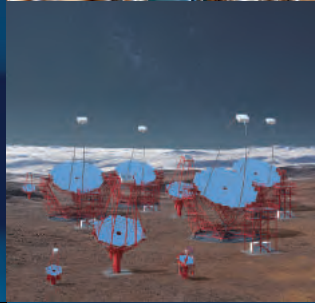
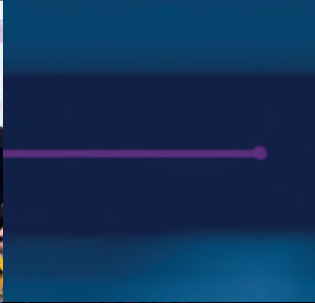
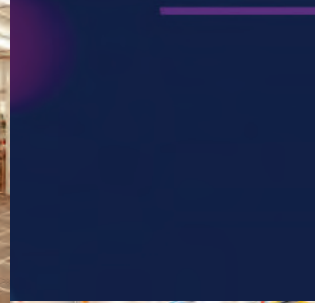
femto

Das DESY-Forschungsmagazin – Jubiläumsausgabe

60 DESY.

1959 2019





Liebe Leserinnen und Leser,

das Deutsche Elektronen-Synchrotron blickt auf 60 Jahre erfolgreiche und bewegte Forschungsgeschichte zurück.

DESY mit seinen beiden Standorten in Hamburg-Bahrenfeld und Zeuthen gilt heute als eines der international führenden Forschungszentren für die Erforschung der Eigenschaften von Materie und als ein verlässlicher Partner und sicherer Hafen für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt.

In den vergangenen sechs Jahrzehnten hat sich DESY mit seinen visionären Ideen, seinen Hightech-Beschleunigeranlagen und seinen wissenschaftlichen Errungenschaften höchste Anerkennung in der Welt erarbeitet. Mit seiner Jahrhundertmission, die Struktur von Materie zu entschlüsseln, hat DESY Wissenschaftsgeschichte geschrieben.



In unserer Strategie „DESY 2030“ haben wir die Eckpfeiler festgelegt, um unsere führende Rolle in der Welt in den kommenden Jahrzehnten weiter zu festigen und auszubauen. Hierzu gehört die Weiterentwicklung unserer beiden Standorte in richtungsweisende Forschungsökosysteme, in denen hochkarätige Forschung, nachhaltige Baukonzepte, Innovation und Technologietransfer, Wissenschaftskommunikation und die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses in einem intelligenten Gesamtkonzept verbunden werden.

Von Anbeginn verstand sich DESY als ein internationaler Anker für Forscherinnen und Forscher, die auf wissenschaftliche und politische Unterstützung angewiesen waren. DESY sieht sich in einer komplizierter werdenden Welt auch in Zukunft mehr denn je in dieser Verantwortung, wissenschaftliche Brücken in Länder zu bauen, in denen die Wissenschaft DESYs Unterstützung braucht.

In dieser Jubiläumsausgabe laden wir Sie ein zu einer Entdeckungstour durch die DESY-Welt. Viel Spaß bei der Lektüre!

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Helmut Dosch'. The signature is fluid and stylized.

Helmut Dosch
Vorsitzender des DESY-Direktoriums

Inhalt



Der Zukunftscampus

Als DESY vor 60 Jahren gegründet wurde, war das Ziel klar: Das neue Forschungszentrum sollte die Urbausteine der Welt ergründen sowie die Kräfte, die zwischen ihnen wirken. Die dazu nötigen Werkzeuge hatten beträchtliche Ausmaße: Beschleuniger, die winzige Teilchen nahezu auf Lichtgeschwindigkeit bringen, um sie mit Wucht aufeinanderprallen zu lassen. Das Kalkül ging auf, im Laufe von Jahrzehnten lieferten die DESY-Beschleuniger zahlreiche wichtige Entdeckungen.

Doch Teilchenbeschleuniger können noch mehr: Mit ihnen lässt sich auch das brillianteste Röntgenlicht der Welt erzeugen, das Einblicke in die Struktur der Materie bietet, die auf andere Weise unerreichbar sind. Heute ist DESY nicht nur das nationale Labor für Teilchenphysik, sondern hat sich auch zu einem weltweit führenden Zentrum für die Forschung mit Röntgenstrahlung entwickelt. DESY-Forscherinnen und -Forscher arbeiten derweil bereits an ganz neuen Konzepten für kompakte Teilchenbeschleuniger für zukünftige Anwendungen. Am DESY-Standort Zeuthen werden zudem die gigantischen natürlichen Teilchenbeschleuniger im Weltall erforscht, um die Entwicklung des Universums besser zu verstehen.



- 06 Meilensteine**
60 Jahre Forschungsgeschichte im Schnelldurchlauf
- 12 Der Zukunftscampus**
Internationale Forschergemeinschaft, Teilchenbeschleuniger der Extraklasse und Institute mit Weltgeltung
- 16 Der Forschungspionier**
Henry Chapman denkt neu und quer durch die Fachdisziplinen
- 18 Der Brillantring**
PETRA III liefert den Röntgenblick für Medizin und Materialforschung
- 20 Die Materialschmiede**
Röntgenlicht und Künstliche Intelligenz helfen bei der Entwicklung neuer Implantate
- 22 Der Wegbereiter**
Matthias Wilmanns treibt die Infektionsforschung auf dem Campus voran
- 24 Die Tiefkühlkameras**
Mit Kryo-Elektronenmikroskopen Zellen und Viren untersuchen
- 25 Die Pioniermaschine**
Der Freie-Elektronen-Laser FLASH erzeugte erstmals ultrakurze Röntgenlaserblitze
- 26 Die Plasmasurfer**
DESY entwickelt innovative Technologien für die Beschleuniger der Zukunft
- 28 Das Wasserinstitut**
Wasser ist Leben – doch was ist Wasser eigentlich und welche Rolle spielt es im Universum?
- 30 Der Nanokombinierer**
Robert Blick nimmt Strukturen ins Visier, die nicht größer sind als Staubkörner
- 32 Die Proteinbändiger**
Um Biomoleküle in Aktion zu verfolgen, muss man sie einsperren
- 34 Der Planetensimulator**
Röntgenlaserblitze aus dem European XFEL simulieren das Geschehen im Erdinneren
- 36 Die Blitz-Schnellen**
Im Max-Planck-Institut für Struktur und Dynamik der Materie zählen Sekundenbruchteile
- 38 Das Daten-Dorado**
Ein Zentrum führt die Computerwissenschaften zusammen
- 40 Die Big-Bang-Theorie**
Im Wolfgang Pauli Centre werden Modelle für die theoretische Physik entwickelt
- 42 Die Vielseitige**
Erika Garutti entwickelt Detektoren für verschiedenste Einsatzgebiete
- 46 Das Drehkreuz für Astroteilchenphysik**
Am DESY-Standort in Zeuthen fahnden Forscher nach kosmischen Boten
- 49 Der Teilchenjäger**
Markus Ackermann reist bis zum Südpol, um kosmische Neutrinos aufzuspüren
- 50 Die Möglichmacher**
Die DESY-Infrastruktur ist für den Zukunftscampus optimal aufgestellt
- 52 Die Wissenschaftsstadt**
Die Science City Bahrenfeld verbindet Wissenschaft, Wirtschaft und Lebensqualität

RUBRIKEN

08 femtopolis
Superkleber für Atome

56 femtofinale
Bauboom



● 1959

DESY, Deutsches Elektronen-Synchrotron
 18.12.1959: Gründung des Forschungszentrums DESY
 1964: Inbetriebnahme des DESY-Synchrotrons

Die DESY-Gründung

Bau auf einem alten Exerzierplatz

Aus welchen Grundbausteinen besteht Materie? Diese Frage rückte in den 1950er Jahren in den Blickpunkt der Physik. Dazu wurden Beschleuniger gebaut – die Hauptwerkzeuge der Teilchenphysik. Auch die Bundesrepublik plante eine eigene Anlage: einen Beschleunigerring vom Typ Synchrotron, Umfang 300 Meter. Er sollte Elektronen auf neue Rekordenergien bringen. Der Name: Deutsches Elektronen-Synchrotron, kurz DESY.

1958 begannen die Bauarbeiten in Hamburg-Bahrenfeld auf einem einstigen Exerzierplatz. Als am 18. Dezember 1959 im Hamburger Rathaus die DESY-Gründungsurkunde unterzeichnet wurde, war

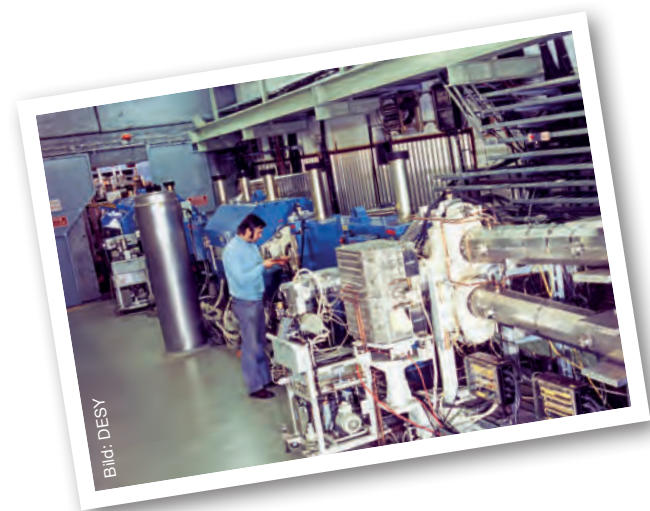
in Bahrenfeld das erste Gebäude schon fertig. Am 25. Februar 1964 schickten die Physiker erstmals Elektronen durch das Synchrotron, den „Ur-Beschleuniger“ beim Forschungszentrum DESY. Interessante Resultate ließen nicht lange auf sich warten. So schafften es DESY-Physiker, ein Antiproton – das Antiteilchen des Wasserstoffkerns – mit Hilfe energiereicher Strahlung zu erzeugen. Eine Weltpremiere! Und sie konnten Protonen sehr genau durchleuchten und feststellen, dass diese keinen festen Kern besitzen. Die Experimente liefen bis 1978. Ausgedient hatte das Synchrotron damit aber nicht. Noch heute dient es – mehrfach umgebaut – als Vorbeschleuniger und Testanlage.

Der DORIS-Speicherring

Elektronen im Dauerlauf

1974

DORIS, DOppeRIngSpeicher
1974: Inbetriebnahme von DORIS



DESYs zweite Anlage war ein damals noch junger Beschleunigertyp – ein Speicherring. Im Gegensatz zu einem Synchrotron werden die schnellen Teilchen nicht auf eine Zielscheibe gefeuert, sondern prallen frontal aufeinander. Das ermöglicht höhere Kollisionsenergien.

Nur: Die Technik war brandneu und kaum erprobt. Ob etwas Interessantes herauskommen würde, war ungewiss. Dennoch wagten die DESY-Verantwortlichen den Schritt. Ihr Mut wurde belohnt. 1974 war DORIS, der „DoppelRIngSpeicher“, fertig. Er hatte einen Umfang von 288 Metern und eine Form wie die Laufbahn eines Stadions – zwei Kurven verbunden durch zwei gerade Stücke.

DORIS half mit, die damals just entdeckten Quarks zu erforschen – ein Aufbruch in eine neue Physik. Denn nach heutiger Kenntnis bauen Quarks letztlich die Atomkerne auf und zählen zu den Grundbausteinen der Materie. Nach mehrfachem Umbau zu DORIS III fungierte der Ring bis 2012 als brillante Röntgenlichtquelle, mit der sich unterschiedlichste Substanzen detailliert untersuchen ließen.



1978

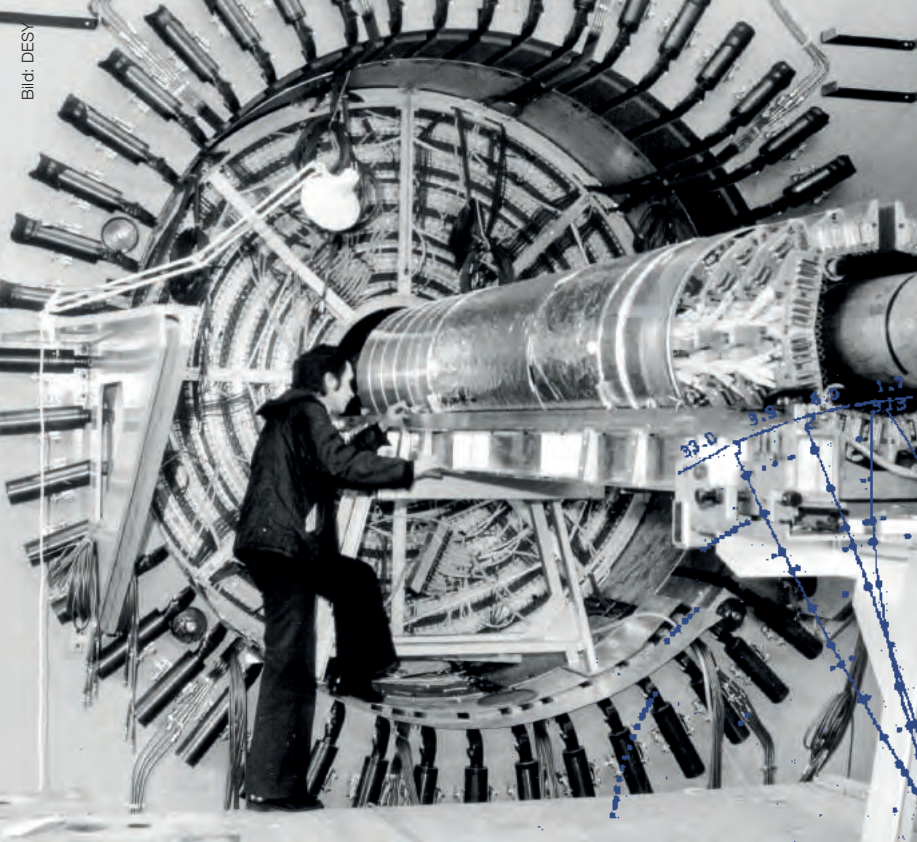
PETRA, Positron-Elektron-Tandem-Ring-Anlage
1978: Inbetriebnahme von PETRA

PETRA, der Rekordbeschleuniger

Mit Karacho auf Kollisionskurs

Im Jahr 1978 schafften die DESY-Physiker einen eindrucksvollen Rekord: Mit PETRA nahmen sie den weltweit größten Speicherring seiner Zeit in Betrieb. Mit einem Umfang von 2,3 Kilometern passte er gerade noch aufs DESY-Gelände. PETRA schoss Elektronen auf deren Antiteilchen, die Positronen. Aufgrund seiner Größe erreichte der Ring eine rund fünfmal höhere Kollisionsenergie als die vorangegangenen Beschleuniger. Die Konstrukteure hatten ihn in einer Bauzeit von nur drei Jahren fertiggestellt – ein Jahr früher als geplant.

1979 machte PETRA seine wichtigste Entdeckung: Die Physiker spürten das Gluon auf – jenes Klebeteilchen, das die Kräfte zwischen den Quarks übermittelt und sie bildlich gesprochen zusammenhält. Damit hatte sich DESY endgültig in der absoluten Spitzenforschung etabliert und zählte fortan zu den ersten Adressen in der Teilchenphysik. 1986 wurde PETRA zum Vorbeschleuniger für den noch größeren HERA-Ring umgebaut. Heute erlebt der Ring seinen dritten Frühling: Als PETRA III dient er als weltweit hellste Röntgenquelle ihrer Art.



femtopolis

Der TASSO-Detektor wurde 1978 in der PETRA-Experimentierhalle Südost in Betrieb genommen.

Superkleber für Atome

Vor 40 Jahren wurde das Gluon am PETRA-Beschleuniger entdeckt

Erkennen, was die Welt im Innersten zusammenklebt – die Erkenntnis, warum nicht alles, was ist, auseinanderfliegt, brachte 1979 die Entdeckung des Gluons. Namenspathe war das englische Wort „glue“, also „Kleber“, und das kraftvolle Teilchen macht seinem Namen alle Ehre: Das Gluon klebt Quarks aneinander und hält sie in Protonen und Neutronen zusammen, die wiederum Atomkerne bilden, sich mit einer Hülle aus Elektronen umgeben und so den Aufbau unserer aus Atomen bestehenden Welt begründen. Ohne den subatomaren Superkleber würden Häuser, Bäume und wir selbst auseinanderfliegen, beziehungsweise hätten nie zusammengefunden.

Vor 40 Jahren wurde das Gluon am PETRA-Speicherring entdeckt – die bedeutendste Entdeckung der Teilchenphysik bei DESY. Eine „Entdeckung“ ist in der Teilchenphysik allerdings ein höchst indirekter Vorgang. Ein Teilchen zeigt sich nie direkt, sondern hinterlässt lediglich Spuren in den großen Nachweisgeräten an Teilchenbeschleunigern.

Am 18. Juni 1979, auf der Teilchenphysik-Konferenz „Neutrino 79“ in Bergen (Norwegen), präsentierte Bjørn Wiik, damals Mitglied der TASSO-Kollaboration und später DESY-Direktor, das erste Spurenbild aus dem TASSO-Detektor, das die Signatur eines Gluons zeigte. Das Bild bestand aus drei Teilchenstrahlen, sogenannten Jets, die aus zwei Quarks und eben dem Gluon hervorgegangen waren. Kurz darauf konnten alle vier Experimente am PETRA-Beschleuniger ebenfalls diese charakteristischen Drei-Jet-Bilder in ihren Detektoren nachweisen. 1995 wurden die TASSO-Forscher Paul Söding, Bjørn Wiik, Günther Wolf und Sau Lan Wu für diese Entdeckung mit dem Hochenergie- und Teilchenphysikpreis der European Physical Society ausgezeichnet.

Mit der Quantenchromodynamik (QCD) ersannen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ein ganzes Formelwerk zur Beschreibung der von den Gluonen vermittelten starken Kraft – quasi eine Theorie des Klebens. Es ist bis heute eine wichtige Grundlage zum Verständnis der Teilchenphysik insgesamt.

Das Röntgenlabor HASYLAB

Teilchenbeschleuniger als Lichtquelle

1978

HASYLAB, HAmburger SYNchrotronstrahlungSLABor
1978: Gründung des HASYLAB



Rasch entwickelte sich Hamburg zu einem Mekka der Teilchenphysik. Doch bald sollte DESY ein zweites Standbein erhalten – die Nutzung der Synchrotronstrahlung. Denn Beschleuniger taugen nicht nur als Werkzeug der Teilchenjäger, sondern auch als ganz besondere Lichtquellen. Das erkannten die DESY-Experten früh. Um die Möglichkeiten der Strahlung auszuloten, versahen sie 1966 bereits das Synchrotron mit einem kleinen Messbunker. Das Resultat: Das Röntgenlicht aus dem Beschleuniger ist deutlich heller als das aus einer Röntgenröhre. Dadurch lassen sich die Materialien viel genauer analysieren – Metalle, Kunststoffe oder auch biologische Proben.

Nach und nach wuchs das Interesse der Forscherinnen und Forscher so stark, dass 1978 ein eigenes Großlabor gegründet wurde: das Hamburger Synchrotronstrahlungslabor HASYLAB. Bald zählte es zu den weltweit wichtigsten Adressen für die Forschung mit Röntgenlicht. Tausende von Wissenschaftlern profitierten von seinen Möglichkeiten – Physiker, Chemiker und Materialforscher ebenso wie Biologen, Mediziner und Geologen.



HERA, der Gigant

Der größte Speicherring bei DESY

1990

HERA, Hadron-Elektron-Ring-Anlage
1990: Inbetriebnahme von HERA

Ende 1990 ging der größte Beschleuniger in Betrieb, den DESY je gebaut hat: Mit seinem Umfang von 6,3 Kilometern passte HERA nicht mehr aufs DESY-Gelände. Deshalb mussten die Experten einen unterirdischen Ringtunnel graben, der unterhalb von Volkspark, Trabrennbahn und einem Gewerbegebiet verläuft. Das Besondere: HERA war der einzige Beschleuniger auf der Welt, der Elektronen und Wasserstoffkerne (Protonen) aufeinander feuerte. Damit war HERA ein extrem leistungsfähiges Mikroskop für Protonen.

Um die Wasserstoffkerne auf ihrer Kreisbahn zu halten, verwendeten die Forscher supraleitende Magneten, die mit flüssigem Helium auf minus 269 Grad Celsius gekühlt werden mussten. Besonders bemerkenswert: Auch das Ausland beteiligte sich an dem Projekt und trug mehr als 20 Prozent zu Beschleuniger und Detektoren bei – nahezu 300 Millionen D-Mark.

Bis zum seinem Stopp 2007 lief HERA äußerst zuverlässig und lieferte fleißig Daten. Unter anderem entdeckten die Physiker, dass das Proton weit komplizierter aufgebaut ist als zuvor gedacht: Es besteht aus einem regelrechten Gewimmel von noch kleineren Bausteinen, den Quarks und Gluonen.



DESY in Zeuthen

Ein zweiter Standort im
Osten Deutschlands

1991

Zeuthen als DESY-Standort

Seit 1991 hat DESY in Zeuthen nahe Berlin einen zweiten Standort. 1939 gründete hier das Reichspostministerium ein kernphysikalisches Labor. Nach dem Krieg sollte es für die DDR als „Institut X“ die Möglichkeiten der Kernenergie ausloten, um später zum „Institut für Hochenergiephysik“ zu werden. Hier schafften es die ostdeutschen Teilchenforscher, trotz schwieriger Bedingungen international sichtbare Spitzenforschung zu betreiben.

Nach dem Mauerfall empfahlen unabhängige Experten, das Institut zu erhalten. Ende 1991 wurde es Teil von DESY und entwickelte eigene Schwerpunkte. Mit dem Zentrum für paralleles Rechnen entstand ein anerkanntes Computerzentrum für die theoretische Teilchenphysik. Der PITZ-Beschleuniger fungiert als Teststand für hochpräzise Elektronenquellen, wie man sie für Röntgenlaser braucht. Und Zeuthener Astrophysiker beteiligten sich an IceCube. Das spektakuläre Experiment am Südpol hat erstmalig kosmische hochenergetische Neutrinos gemessen und damit ein neues Fenster zum Kosmos aufgestoßen. Heute entwickelt sich der DESY-Standort in Zeuthen zu einem nationalen Drehkreuz für die Astroteilchenphysik.

Der Freie-Elektronen-Laser FLASH

Blitze aus dem Hamburger Superlaser

2005

FLASH, Freie-Elektronen-LASer in Hamburg
2005: Beginn des Forschungsbetriebs

Anfang der 1990er Jahre entschied DESY, eine neue Technologie weiterzuentwickeln: supraleitende Beschleunigungsröhren, die Teilchen höchst effizient auf Trab bringen können, allerdings mit flüssigem Helium auf minus 271 Grad Celsius gekühlt werden müssen. Das erste Forschungsgerät, das mit dieser sogenannten TESLA-Technologie ausgestattet wurde, war FLASH – ein neuartiger Laser mit einzigartigen Eigenschaften.

Der 260 Meter lange Freie-Elektronen-Laser FLASH beschleunigt Elektronen fast auf Lichtgeschwindigkeit. Anschließend zwingen spezielle Magnetanordnungen, die Undulatoren, die Elektronen auf einen Slalomkurs. In den Kurven geben die schnellen Teilchen Röntgenlichtblitze ab, die sich überlagern und im Gleichtakt schwingen. Auf diese Weise erzeugt FLASH unvorstellbar intensive, ultrakurze Lichtblitze. Seit 2005 untersuchen damit Forscher aus aller Welt winzigste Nanoteilchen oder Schmelzprozesse an Oberflächen. Weil das Interesse an FLASH enorm ist, wurde die Anlage ausgebaut und um eine zweite Tunnelstrecke samt Experimentierhalle mit Platz für sechs Messstationen erweitert.





Der Brillantring PETRA III

Eine der weltbesten
Speicherring-Röntgenquellen

2009

PETRA III, dritte Ausbaustufe der
Positron-Elektron-Tandem-Ring-Anlage
2009: Inbetriebnahme von PETRA III

Einst war er der weltweit leistungsfähigste Elektronenbeschleuniger für die Teilchenphysik. Jetzt dient der Speicherring als brillante Röntgenstrahlungsquelle PETRA III. Um die Anlage umzubauen, mussten die DESY-Experten einigen Aufwand treiben. Um mehrere Spezialmagnete (Undulatoren) einsetzen zu können, mussten sie ein Achtel des Beschleunigerrings komplett umgestalten. Und der erschütterungsfreie Boden der neuen, fast 300 Meter messenden Experimentierhalle besteht aus der längsten Betonplatte, die je aus einem Stück gefertigt wurde.

Nach dem Umbau liefert PETRA III seit 2010 besonders starke und gebündelte Röntgenstrahlung für eine Vielzahl von Untersuchungen, bei denen es um die Entschlüsselung von Materie auf der Ebene von Atomen und Molekülen geht. Beispielsweise können Biologen Eiweißmoleküle als Bausteine des Lebens im Detail untersuchen. Und Materialforscher prüfen und entwickeln Werkstoffe für eine Vielzahl von Anwendungen.

Der Röntgenlaser European XFEL

Eine Forschungsanlage der
Superlative

2017

European XFEL, European X-Ray Free-Electron Laser
2017: Inbetriebnahme des European XFEL

In der Metropolregion Hamburg hat 2017 eine Forschungsanlage der Superlative den Betrieb aufgenommen: Der European XFEL erzeugt ultrakurze Laserlichtblitze im Röntgenbereich – 27 000 Mal in der Sekunde und milliardenfach intensiver als die der besten herkömmlichen Röntgenquellen. Die weltweit einzigartige Anlage eröffnet völlig neue Forschungsmöglichkeiten für Naturwissenschaftler und industrielle Anwender. Als Hauptgesellschafter ist DESY in den Betrieb der Anlage maßgeblich involviert.

Der European XFEL, der in unterirdischen Tunnelröhren steht, ist über drei Kilometer lang und reicht vom DESY-Gelände in Hamburg bis ins schleswig-holsteinische Schenefeld, wo sich der Forschungscampus mit einer großen Experimentierhalle befindet. Das Milliardenprojekt ist ein internationales Unterfangen, für das mit der European XFEL GmbH eine eigene Gesellschaft gegründet wurde.

Mit den Röntgenlaserblitzen lassen sich atomare Details von Viren und Zellen entschlüsseln, dreidimensionale Aufnahmen aus dem Nanokosmos machen, chemische Reaktionen filmen und Vorgänge wie die im Inneren von Planeten untersuchen.





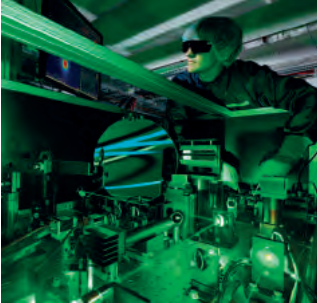
Der Zukunftscampus

DESY vereint eine internationale Forschergemeinschaft,
Teilchenbeschleuniger der Extraklasse und Institute mit Weltgeltung

Als DESY am 18. Dezember 1959 gegründet wurde, war das Ziel klar: Auf einem ehemaligen Exerzierplatz in Hamburg-Bahrenfeld sollte das neue Forschungszentrum die Urbausteine der Welt ergründen sowie die Kräfte, die zwischen ihnen wirken. Die dazu nötigen Werkzeuge hatten beträchtliche Ausmaße: Beschleuniger, die winzige Teilchen nahezu auf Lichtgeschwindigkeit bringen, um sie mit Wucht aufeinanderprallen zu lassen. Das Kalkül ging auf, im Laufe von Jahrzehnten trugen DESY-Beschleuniger wichtige Entdeckungen zum Fortschritt der Teilchenphysik bei: DORIS beleuchtete die Frage, warum es im Univer-

sum mehr Materie als Antimaterie gibt. PETRA spürte die Gluonen auf – jene Klebeteilchen, die letztlich die Atomkerne zusammenhalten. Und HERA, der größte je in Deutschland gebaute Teilchenbeschleuniger, bescherte entscheidendes Detailwissen über den inneren Aufbau des Protons, eines Bausteins der Atomkerne.

Im Laufe der Zeit erweiterte sich das Forschungsspektrum: In den 1980er Jahren wurde immer klarer, dass Beschleuniger nicht nur als Entdeckungsmaschinen für die Teilchenphysik taugen, sondern auch extrem starkes und gebündeltes Röntgenlicht liefern, das den Blick in den atomaren Aufbau der Materie öffnet. Mit den



Jahren kamen immer mehr Forscherinnen und Forscher aus den verschiedensten Naturwissenschaften nach Hamburg, um ihre Proben detailliert zu analysieren.

Für die Gesundheitsforschung bieten DESYs Röntgenlichtquellen einzigartige Einblicke in Krankheitserreger und Wirkmechanismen von Medikamenten. Energie- und Materialwissenschaften profitieren von den Möglichkeiten, atomgenaue Einblicke in Prozesse und Werkstoffe zu erhalten.

Lichtquellen mit internationaler Strahlkraft

Heute hat sich der DESY-Campus in Hamburg zu einem weltweit führenden Zentrum für die „Photon Science“ entwickelt, die Forschung mit dem intensiven Licht aus den Beschleunigern. Der Speicherring PETRA III und der Freie-Elektronen-Laser FLASH sind weltweit begehrte Röntgenlichtquellen, die Jahr für Jahr Tausende von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern nach Hamburg locken. Außerdem hat DESY gemeinsam mit europäischen Partnern den Röntgenlaser European XFEL aus der Taufe gehoben. Diese rund drei Kilometer lange Anlage beginnt auf dem DESY-Campus und endet in einer großen Halle im schleswig-holsteinischen Schenefeld, wo eine internationale Forschergemeinde seit 2017 die stärksten Röntgenblitze der Welt für neuartige Experimente nutzt.

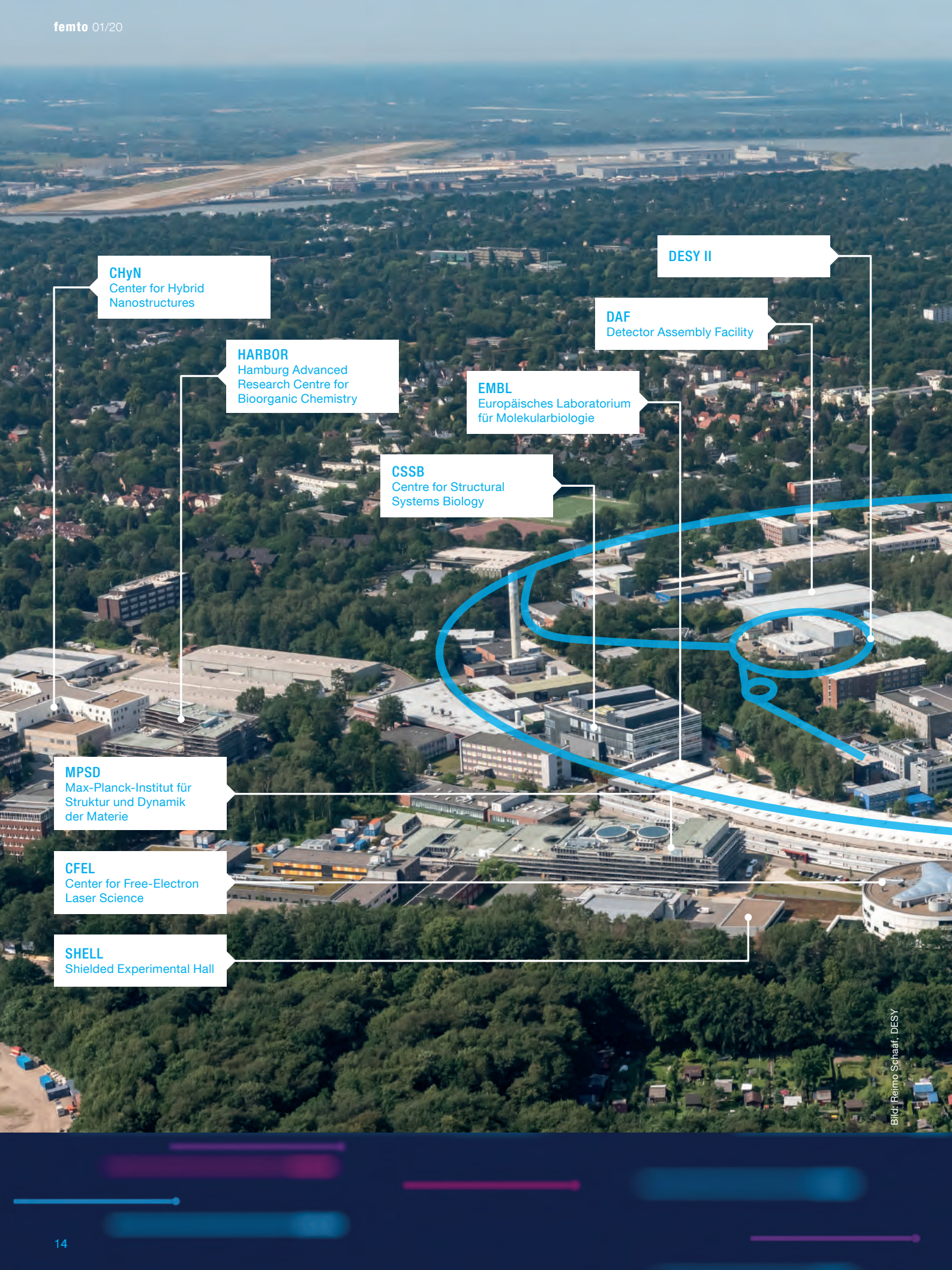
Das Universum enträtseln

Nach wie vor ist auch die Teilchenforschung prominent vertreten: So sind DESY-Gruppen maßgeblich an den Experimenten am größten Beschleuniger der Welt beteiligt, dem Large

Hadron Collider (LHC) am europäischen Teilchenforschungszentrum CERN bei Genf. Theorie-teams entwerfen neue Modelle für ein tieferes Verständnis des Mikrokosmos, andere fahnden mit ausgeklügelten Experimenten nach der geheimnisvollen Dunklen Materie. Seinen zweiten Standort in Zeuthen bei Berlin baut DESY zu einem nationalen Zentrum für die Astroteilchenphysik aus und leistet wesentliche Beiträge für zwei internationale Großprojekte – den Neutrino-detektor IceCube im ewigen Eis der Antarktis sowie das künftige Gammastrahlenobservatorium CTA (Cherenkov Telescope Array).

Keimzelle für Kooperationen

Die wachsende Vielfalt spiegelt sich in der Entwicklung des Bahrenfelder Geländes: Mit der Zeit sind zahlreiche Kooperationen und Institutionen hinzugekommen. DESY hat sich zur Keimzelle eines international bedeutenden Forschungscampus entwickelt. Und es geht weiter: Mit seiner „Strategie 2030“ hat DESY einen Masterplan für künftige Schwerpunkte entworfen. Eine wesentliche Säule bleibt die Beschleunigerentwicklung: Neuartige Technologien für kompakte und vielseitig einsetzbare Anlagen sollen bis zur Anwendungsreife entwickelt werden, und mit PETRA IV soll ein zukunftsweisendes 3D-Röntgenmikroskop für den Nanokosmos realisiert werden. Auf lange Sicht soll DESY Kernstück eines wegweisenden Unterfangens werden – der Science City Bahrenfeld. Der Plan sieht vor, weitere Universitätsinstitute sowie zahlreiche Forschungseinrichtungen und Technologiefirmen in den Hamburger Westen zu holen und einen ganzen innovativen Wissenschaftsstadtteil zu schaffen.



CHyN
Center for Hybrid
Nanostructures

HARBOR
Hamburg Advanced
Research Centre for
Bioorganic Chemistry

EMBL
Europäisches Laboratorium
für Molekularbiologie

CSSB
Centre for Structural
Systems Biology

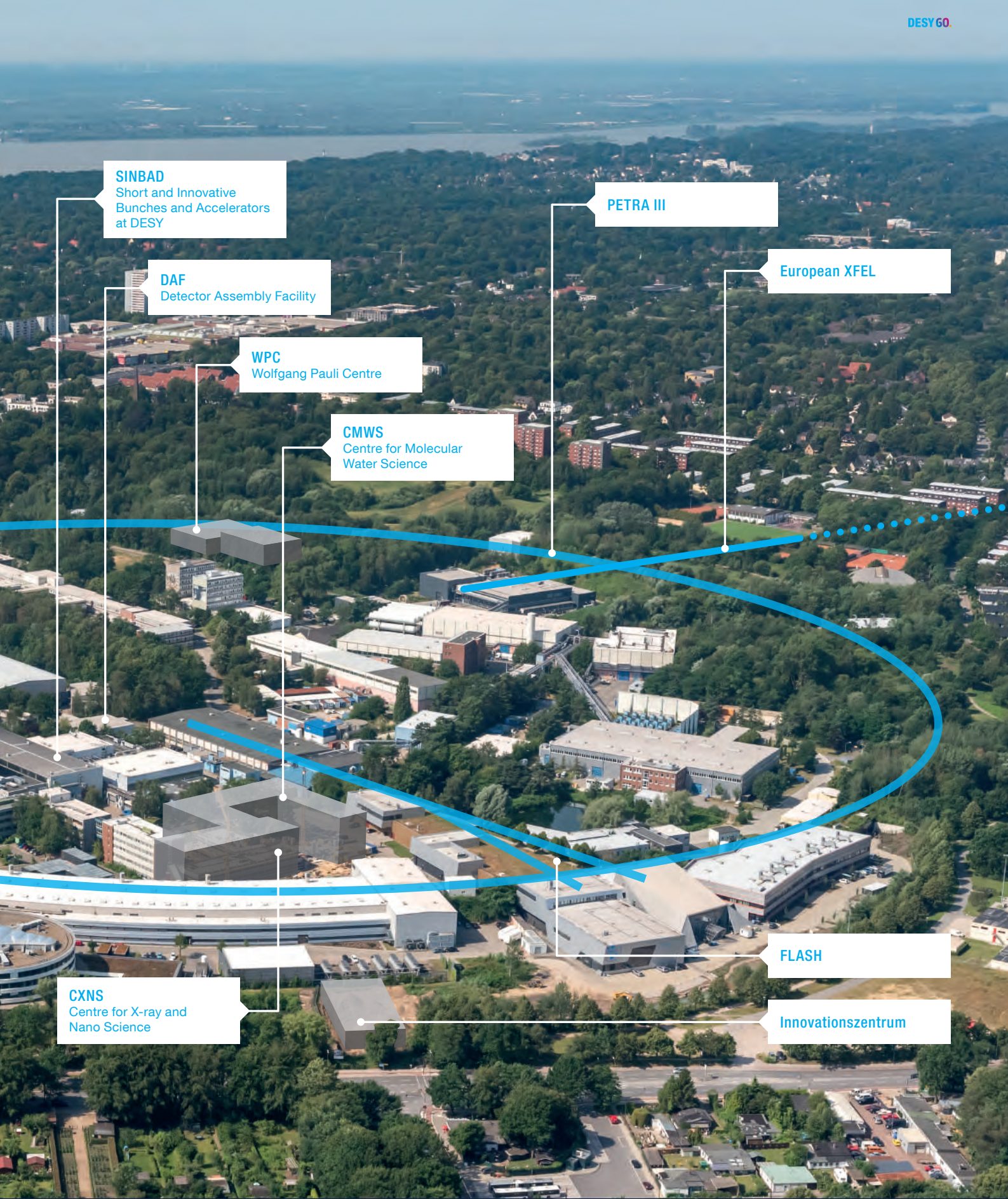
DAF
Detector Assembly Facility

DESY II

MPSD
Max-Planck-Institut für
Struktur und Dynamik
der Materie

CFEL
Center for Free-Electron
Laser Science

SHELL
Shielded Experimental Hall



SINBAD
Short and Innovative
Bunches and Accelerators
at DESY

DAF
Detector Assembly Facility

WPC
Wolfgang Pauli Centre

CMWS
Centre for Molecular
Water Science

PETRA III

European XFEL

CXNS
Centre for X-ray and
Nano Science

FLASH

Innovationszentrum

Der DESY-Campus im Hamburger Westen

Die DESY-Beschleuniger sind Keimzelle für eine Vielzahl von interdisziplinären Instituten und Kooperationen von DESY und seinen Campus-Partnern.



Bild: Gesine Böhm

Der Forschungspionier

Henry Chapman denkt neu und quer durch die Fachdisziplinen

Henry Chapman lässt sich in seinen Bürosessel fallen und macht einen durch und durch zufriedenen Eindruck. „In den letzten Tagen haben wir am European XFEL experimentiert, dem europäischen Röntgenlaser hier in Hamburg“, erzählt der Australier. „Wir haben einzelne DNA-Moleküle untersucht und sind mit den Messungen sehr glücklich.“ Damit folgt Chapman der Vision seines Forschungszentrums: Das Center for Free-Electron Laser Science (CFEL) soll die wissenschaftlichen Möglichkeiten ausloten, die eine neue Generation von Großgeräten bietet: Freie-Elektronen-Laser (FEL) erzeugen die mit Abstand kürzesten und stärksten Röntgenblitze der Welt – und erlauben dadurch neue Einblicke in das Geschehen im Nanokosmos.

Nach dem Physikstudium in seiner Heimat begann Chapman seine Karriere in den USA. Dort entwickelte er erste Ideen, was man mit einem Röntgen-FEL anfangen könnte – damals im Wesentlichen noch eine Zukunftsvision. 2008 kam das Angebot, nach Hamburg zu wechseln und dort ein neues Forschungszentrum mit aufzubauen – das CFEL, eine Gemeinschaftseinrichtung von DESY, der Universität Hamburg und

der Max-Planck-Gesellschaft. „Das Konzept ist auf die Zusammenarbeit verschiedener Fachdisziplinen ausgelegt“, sagt Chapman, der auch Leitender Wissenschaftler bei DESY und Physikprofessor an der Universität Hamburg ist. „Das hat mich überzeugt.“

»Ein Umfeld wie hier gibt es nirgendwo anders auf der Welt«

Henry Chapman, DESY

Ein weiterer Grund: Einige Jahre zuvor hatte in Hamburg eine echte Pionieranlage den Betrieb aufgenommen: Der Freie-Elektronen-Laser FLASH basiert auf einem knapp 100 Meter langen supraleitenden Beschleuniger und erzeugt Röntgenblitze mit Lasereigenschaften. Bald darauf gelang Chapmans Team mit FLASH eine Meilensteinsmessung. Ein Problem bei den FELs ist, dass die Laserblitze derart stark sind, dass sie bei bestimmten Experimenten die untersuchte Probe regelrecht pulverisieren. „Theoretisch sollte es

zwar möglich sein, die Messdaten rechtzeitig zu erfassen, bevor die Probe zerstört wird“, sagt Chapman. „Aber erst mit FLASH hatten wir die Möglichkeit, das wirklich zu beweisen.“ Heute kommt die Methode überall auf der Welt routinemäßig zum Einsatz.

»Wir wollen Materie verstehen, indem wir ihre grundlegenden Prozesse auf der Größenordnung der Atome verfolgen«

Henry Chapman, DESY

Später gelang Chapman gemeinsam mit Biologen der Universitäten Hamburg, Lübeck und Tübingen sowie internationalen Partnern ein weiteres spektakuläres Resultat: An einem kalifornischen FEL konnte das Team die genaue Gestalt eines Enzyms des Schlafkrankheitserregers bestimmen. Mit gewöhnlichen Röntgenmethoden ließ sich dieses Enzym nicht analysieren – dafür bildet es schlicht zu kleine Kristalle. Erst die Blitze des Röntgenlasers waren intensiv genug, um die gewünschte Information aus den mikrometerkleinen Enzymkristalle herauszukitzeln – ein Durchbruch, den das US-Magazin „Science“ zu den zehn wichtigsten wissenschaftlichen Erkenntnissen des Jahres 2012 zählte und der eine Grundlage für die Entwicklung neuer Medikamente liefert.

In jüngster Zeit lässt sich Chapman vor allem vom European XFEL faszinieren – seit zwei Jahren ist der europäische Röntgenlaser in der Metropolregion Hamburg in Betrieb. „Eine tolle Maschine, sie erzeugt pro Sekunde viel mehr Blitze als

vergleichbare Anlagen“, schwärmt er. „Allerdings bringt sie auch manche Herausforderungen mit sich, etwa für die Detektoren, die in kürzester Zeit Unmengen von Daten aufnehmen müssen.“

Um die Herausforderungen zu meistern, initiierte der Physiker das SFX-Konsortium – eine internationale Nutzergruppe, die neue Methoden für die Untersuchung winziger Kristalle aus Biomolekülen entwickelt. Ebenso aktiv ist Chapman im neuen Hamburger Exzellenzcluster „Advanced Imaging of Matter“. „Das Ziel ist ehrgeizig“, betont er. „Wir wollen Materie verstehen, indem wir ihre grundlegenden Prozesse auf der Größenordnung der Atome verfolgen.“ Auf der Agenda stehen unterschiedlichste Themen – von der Analyse neuartiger Supraleiter bis hin zum Studium von Nanoteilchen, die eines Tages in Elektronik und Medizin zum Einsatz kommen könnten.

Chapman ist ein ausgesprochener Netzwerker, er mischt in zig Projekten mit und kooperiert mit unzähligen Partnern. „Manchmal trifft man sich zufällig im CFEL-Gebäude und kommt ins Diskutieren“, erzählt er. „Immer wieder entstehen dabei neue Ideen, ebenso wie in unseren Workshops und Seminaren.“ Seine Zukunftspläne jedenfalls klingen konkret: Er möchte weiterhin neue Instrumente und Methoden für den European XFEL entwickeln und dabei einen alten Traum in die Realität umsetzen – mit ultrastarken Röntgenblitzen Präzisionsmessungen an einzelnen Molekülen zu schaffen. „Ein ehrgeiziges Ziel, aber der Campus in Bahrenfeld bietet dafür die passende Umgebung“, schwärmt Chapman. „Ein Umfeld wie hier gibt es nirgendwo anders auf der Welt.“

Blick in die Experimentierkammer: Hier werden Biomoleküle von ultrahellen Röntgenlaserblitzen des European XFEL durchleuchtet.

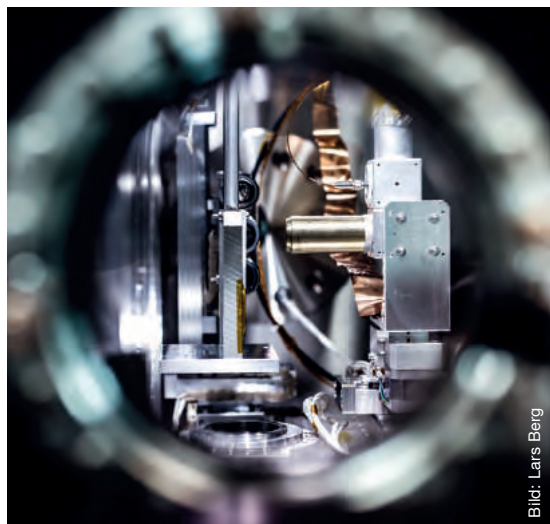


Bild: Lars Beig



Bild: Dirk Nölle

In den tonnenschweren Undulatoren erzeugen starke Magnete das begehrte Röntgenlaserlicht.

Der Brillantring

PETRA III liefert den Röntgendurchblick für Medizin und Materialforschung – und sein Innovationspotenzial ist noch lange nicht ausgereizt

Im Jahr 2009 hat sie den Betrieb aufgenommen: PETRA III ist eine der brillantesten Speicherring-Röntgenstrahlungsquellen der Welt. Das Prinzip: Elektronen kreisen nahezu lichtschnell durch den gut zwei Kilometer großen Ring. Dabei passieren sie Spezialmagnete, Undulatoren genannt, die sie zum Aussenden von überaus intensiver Röntgenstrahlung zwingen. Durch Vakuumröhren gelangt die Strahlung in drei Experimentierhallen, wo insgesamt mehr als 20 Messstationen die unterschiedlichsten Experimente ermöglichen – zum Beispiel detaillierte Untersuchungen von Eiweißmolekülen, Nanoteilchen oder Hightech-Werkstoffen.

PETRA III ist begehrt – pro Jahr kommen rund 2500 Nutzerinnen und Nutzer aus aller Welt nach Hamburg, um hier zu experimentieren. Nun plant DESY den nächsten Schritt: In einigen Jahren soll der Ring mit neuen Komponenten bestückt und deutlich leistungsfähiger gemacht werden – aus PETRA III

»Unsere Nutzer stehen voll hinter dem Projekt PETRA IV und wünschen sich diese neuen, fantastischen Möglichkeiten«

Christian Schroer, DESY

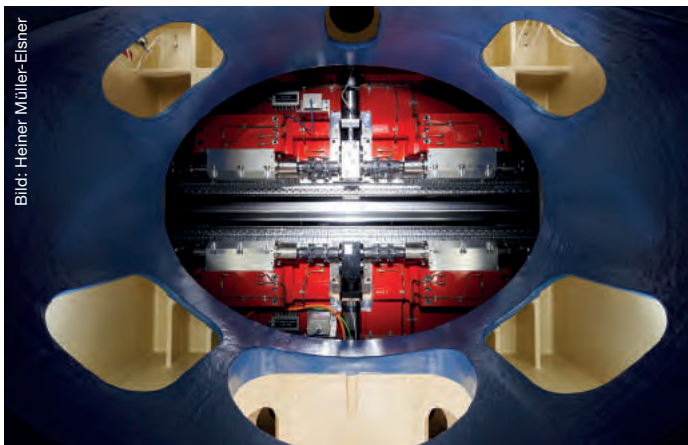
soll PETRA IV werden. „Dadurch ergeben sich fantastische neue Möglichkeiten“, schwärmt DESY-Physiker Christian Schroer. „Mit PETRA IV wird ein gezielter mikroskopischer Blick auf die Proben möglich sein.“

Basis ist eine neue Speichertechnik. Sie ermöglicht es, den Querschnitt der einzelnen Elektronenpakete im Ring auf ein Hundertstel zu verringern. Dadurch würde auch das Röntgenlicht, das die Elektronenpakete in den Undulatoren erzeugen, deutlich schärfer gebündelt – was den Vorteil hat, dass man kleinere Bereiche auf einer Probe beleuchten und sie wesentlich detaillierter inspizieren kann.

Christian Schroer ist wissenschaftlicher Leiter von PETRA III.



Bild: Gesine Born



Der große PETRA III-Undulator besitzt 1170 Magnete zur Röntgenlichterzeugung und wiegt 18 Tonnen.

Um das zu bewerkstelligen, muss PETRA mit neuen Elektromagneten bestückt werden. Sie haben die Aufgabe, die rasanten Elektronen auf ihrer Kreisbahn zu halten. „Bei PETRA III gibt es relativ wenige und starke Ablenkmagnete“, erläutert Schroer. „Das hat den Nachteil, dass Elektronen verschiedener Energien auseinanderlaufen und die Elektronenpakete sich dadurch aufweiten.“ Als Folge davon weitet sich auch der Röntgenstrahl, den die Teilchen aussenden, relativ stark auf.

»PETRA IV wird uns Möglichkeiten eröffnen, an die wir heute noch gar nicht denken«

Christian Schroer, DESY

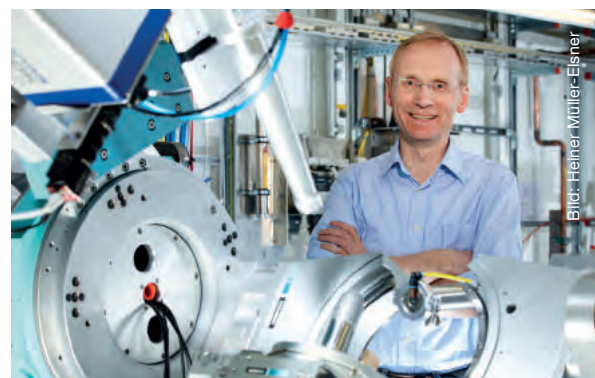
Bei PETRA IV sollen die derzeitigen Ablenkmagnete durch deutlich mehr, aber dafür schwächere Exemplare ersetzt werden. „Dadurch wird die Ablenkung deutlich sanfter, und die Elektronen bleiben dichter in ihren Paketen zusammen“, erklärt Schroer. Ergänzt würde der neue Aufbau durch technologisch anspruchsvolle Magnetlinsen, die den Elektronenstrahl effektiv bündeln. Um das volle Potenzial zu nutzen, müssen die Fachleute zudem die Röntgenoptiken an den Messstationen weiterentwickeln.

Ziel ist, das Röntgenlicht bei höchster Intensität auf einen Fleck zu bündeln, der gerade mal einen Nanometer (millionstel Millimeter) groß ist – Dutzende Male kleiner als heute. Um alle geplanten Messstationen unterbringen zu können, ist der Bau einer weiteren Experimentierhalle geplant.

„Was die Wissenschaft betrifft, wird uns PETRA IV Möglichkeiten eröffnen, an die wir heute noch gar nicht denken“, ist Christian Schroer sicher. Bislang werden zumeist geordnete Systeme analysiert, insbesondere Kristalle. Mit dem deutlich feineren Strahl von PETRA IV könnten die Fachleute deutlich komplexere Proben unter die Lupe nehmen. „Wir könnten eine millimetergroße Probe bis herunter zu den atomaren Strukturen abtasten“, sagt Schroer. „Wir bezeichnen das als ultimatives 3D-Mikroskop.“

Sogar der Ablauf einer chemischen Reaktion ließe sich so detailliert wie nie verfolgen: Wie etwa gelangen bei einer Katalyse die Reaktionspartner zum Ort des Geschehens? Wie genau reagieren sie miteinander, und auf welche Weise bewegen sich die entstandenen Moleküle hinfort?

Das Konzept für PETRA IV ist bereits fertig, bis Ende 2021 wollen die Fachleute die detaillierten Baupläne fertigstellen – und damit die fundierte Grundlage für eine politische Entscheidung schaffen. 2025, so die Hoffnung, könnte der



Edgar Weckert

Direktor für den Bereich Forschung mit Photonen

» Mit dem intensiven Röntgenlicht aus den Teilchenbeschleunigern bei DESY kann der atomare Aufbau von Materialien und biologischen Strukturen entschlüsselt werden. Heute vereint unser Campus herausragende wissenschaftliche Expertise mit den vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der Freie-Elektronen-Laser FLASH und European XFEL und der Speicherring-Röntgenquelle PETRA III. Gemeinsam mit unseren Partnern werden wir unsere Rolle als weltweit führendes Zentrum für die Erforschung der Struktur, Dynamik und Funktion von Materie mit Röntgenstrahlung weiter ausbauen und stärken. «

Umbau beginnen, zwei Jahre später könnte PETRA IV das erste Mal leuchten. Die Konkurrenz jedenfalls schläft nicht. Die schwedische Röntgenquelle MAX IV und die European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) in Grenoble haben bereits auf die neue Technik umgerüstet, Japan und die USA hegen ähnliche Pläne. „Um PETRA international konkurrenzfähig zu halten, wäre ein Umbau höchst sinnvoll“, betont Christian Schroer. „Eines jedenfalls ist klar: Unsere Nutzer stehen voll hinter dem Projekt PETRA IV und wünschen sich diese neuen, fantastischen Möglichkeiten.“

Die Materialschmiede

Wie Röntgenlicht und Künstliche Intelligenz bei der Entwicklung neuer Implantate helfen

Das Institut für Werkstoffforschung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht (HZG) arbeitet an einer medizinischen Innovation – Schrauben, Nägel oder Platten aus Magnesiumlegierungen, die in den Körper implantiert werden sollen, etwa um gebrochene Knochen zu fixieren. Das Besondere: Anders als gewöhnliche Implantate aus Edelstahl oder Titan baut sich Magnesium im Laufe der Zeit im Körper ab. Das könnte künftig manche belastende Folgeoperation ersparen. Denn heute müssen die Schrauben oder Nägel oft wieder entfernt werden, nachdem der Knochen geheilt ist.

Eine der Herausforderungen: Zersetzt sich eine Magnesiumlegierung zu schnell, würde sie den Knochen nicht lange genug stabilisieren. Deshalb suchen die Fachleute systematisch nach Legierungen, die einen guten Kompromiss zwischen Stabilität und Abbaubarkeit liefern. Ein wichtiges Analysewerkzeug ist dabei die Mikrotomographie mit dem hochintensiven Röntgenlicht aus dem Speicherring PETRA III, an dem das HZG eine Außenstelle für Materialforschung unterhält.

Die Methode ähnelt einem CT-Scanner im Krankenhaus – er liefert 3D-Röntgenbilder aus dem Körperinneren. „Allerdings ist die Röntgenstrahlung von PETRA III viel intensiver als bei einem Gerät in einer Klinik“, erläutert HZG-Forscher Felix Beckmann. „Dadurch ist unsere Bildauflösung um einen Faktor 1000 besser.“ Bei der Aufnahme wird die Probe im Strahl rotiert, um sie von allen Seiten ablichten zu können. Jedes Einzelbild sieht aus wie eine normale Röntgenaufnahme. Anschließend setzt eine Software die vielen Aufnahmen zu einem 3D-Bild zusammen.

Felix Beckmann leitet die vom Helmholtz-Zentrum Geesthacht betriebene Messstation P05 an DESYs Röntgenquelle PETRA III.

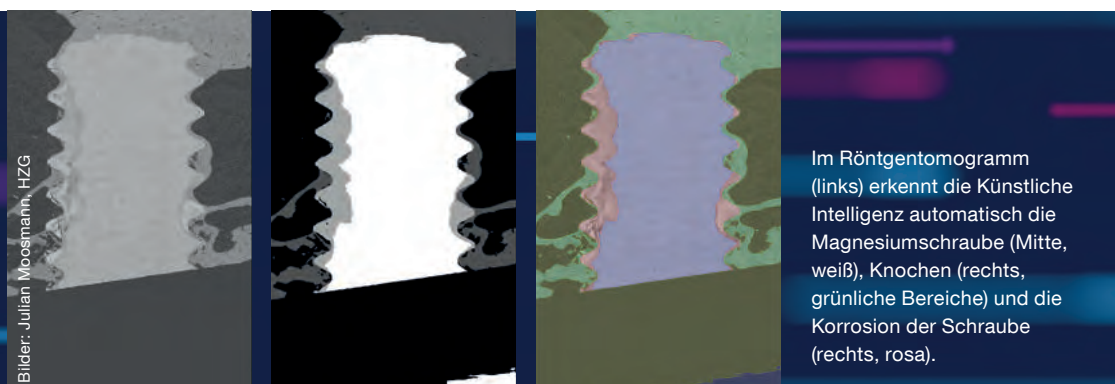


Bild: Lars Berg

»Die Röntgenstrahlung von PETRA III ist viel intensiver als bei einem Gerät in einer Klinik. Dadurch ist unsere Bildauflösung um einen Faktor 1000 besser«

Felix Beckmann, HZG

Bei den biologisch abbaubaren Magnesium-implantaten lässt sich so detailliert beobachten, wie sich die Legierungen zersetzen. Konkret hatte eine deutsch-schwedische Forschungs Kooperation, gefördert vom Röntgen-Ångström Cluster, Hunderte von Implantaten untersucht, um die Schnittstelle zwischen Implantat und Knochen möglichst genau zu charakterisieren und unterschiedliche Legierungen zu testen. Indem man die Knochen später per Mikrotomographie durchleuchtet, lassen sich wichtige Fragen beantworten: Hat sich der neue Knochen schnell genug gebildet, oder hat sich das Magnesium zu früh aufgelöst?



Im Röntgentomogramm (links) erkennt die Künstliche Intelligenz automatisch die Magnesiumschraube (Mitte, weiß), Knochen (rechts, grünliche Bereiche) und die Korrosion der Schraube (rechts, rosa).

Bilder: Julian Moosmann, HZG

Allerdings gibt es bei der Auswertung der Aufnahmen eine Schwierigkeit: „In den Bildern muss man den Knochen, die Korrosionsschicht und den Rest des Implantats auseinanderhalten können“, erläutert Beckmanns Kollege Julian Moosmann. „Doch alle drei haben einen ähnlichen Grauwert mit teilweise fließenden Übergängen, so dass sie vom menschlichen Auge oft nur schwer zu erkennen sind und mit den Standardmethoden der Bildbearbeitung nicht unterschieden werden können.“

Um dieses Problem zu lösen, erhielten die HZG-Fachleute Unterstützung von Philipp Heuser vom DESY-Rechenzentrum. Er entwickelte ein Programm, das die Bilder automatisch segmentieren, also unterschiedliche Bereiche voneinander trennen kann. Die Software basiert auf dem

Prinzip des maschinellen Lernens. Dabei wird ein neuronales Netzwerk mit bekannten Datensätzen trainiert und dadurch nach und nach in die Lage versetzt, die drei Bereiche voneinander zu unterscheiden – Knochen, korrodiertes sowie restliches noch erhaltenes Implantat.

„Inzwischen ist die Software sogar in der Lage, die von Hand segmentierten Daten zu verbessern, mit denen das Netzwerk trainiert wurde“, freut sich Moosmann. „Damit können wir jetzt die verschiedenen Komponenten, einschließlich der relativ komplex strukturierten Korrosionsschicht, aus den Bilddaten extrahieren.“ Ein kleiner, wenn auch wichtiger Schritt auf dem Weg zum Forschungsziel – einer Knochenschraube, die nach getanem Dienst einfach verschwindet.

Das Tor zur Nanowelt

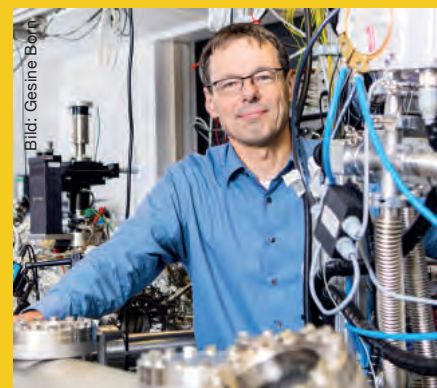
Ein neues Zentrum für Röntgen- und Nanowissenschaften vereint Expertise und Hightech, um Werkstoffe und Katalyseprozesse zu erforschen

Der Speicherring PETRA III zieht die unterschiedlichsten Fachdisziplinen an. Von seiner hochintensiven, gebündelten Röntgenstrahlung profitieren auch jene Fachleute, die sich mit der Nanotechnologie befassen: Mit den Röntgenblitzen lassen sich viele der faszinierenden Eigenschaften von Nanoteilchen und -strukturen bis ins feinste Detail beleuchten. Künftig wird dieser Forschungszweig bei DESY weiter gestärkt: Im neuen Centre for X-ray and Nano Science (CXNS) werden die Expertinnen und Experten ab 2021 ihre Nanoproben herstellen, präparieren und analysieren können, bevor sie sie mit dem Röntgenstrahl von PETRA III durchleuchten.

„Das CXNS wird mehrere Gruppen beherbergen, die auf ähnlichen Feldern arbeiten“, erläutert DESY-Physiker Andreas Stierle. Darunter finden sich Teams der Uni Kiel und des Helmholtz-Zentrums Geesthacht

sowie das DESY-NanoLab. „Es kann von PETRA III-Nutzern für die Herstellung und Präparierung ihrer Proben gebucht werden“, so Stierle. „Ein Alleinstellungsmerkmal, das es in dieser Form an keiner anderen Röntgenquelle gibt.“ Zum wissenschaftlichen Instrumentarium gehören diverse Hightech-Mikroskope sowie eine Ionenstrahlanlage, mit der man mikrometergroße Schnipsel aus einer Probe ausschneiden und anschließend mit PETRA III untersuchen kann, um auf diese Weise 3D-Röntgenbilder zu gewinnen.

Zu den Forschungsobjekten zählen unter anderem Nanopartikel aus Edelmetallen wie Platin und Palladium. Sie finden sich in Autokatalysatoren oder Brennstoffzellen und beschleunigen die dort stattfindenden chemischen Reaktionen, etwa die Umwandlung von giftigem Kohlenmonoxid zu Kohlendioxid oder von Wasserstoff zu Elektrizität. Dabei spielt die genaue



Andreas Stierle leitet das DESY NanoLab.

Gestalt der Nanopartikel eine wichtige Rolle – manche Formen sind katalytisch aktiver als andere. „Man weiß zwar, dass diese Katalysatoren funktionieren“, betont Stierle. „Aber zum Teil weiß man noch nicht so genau, welche Atome eigentlich die Hauptarbeit bei der chemischen Reaktion verrichten.“ Diese Prozesse können die Fachleute bei PETRA III unter Realbedingungen analysieren. Das CXNS wird sie ab 2021 dabei unterstützen.

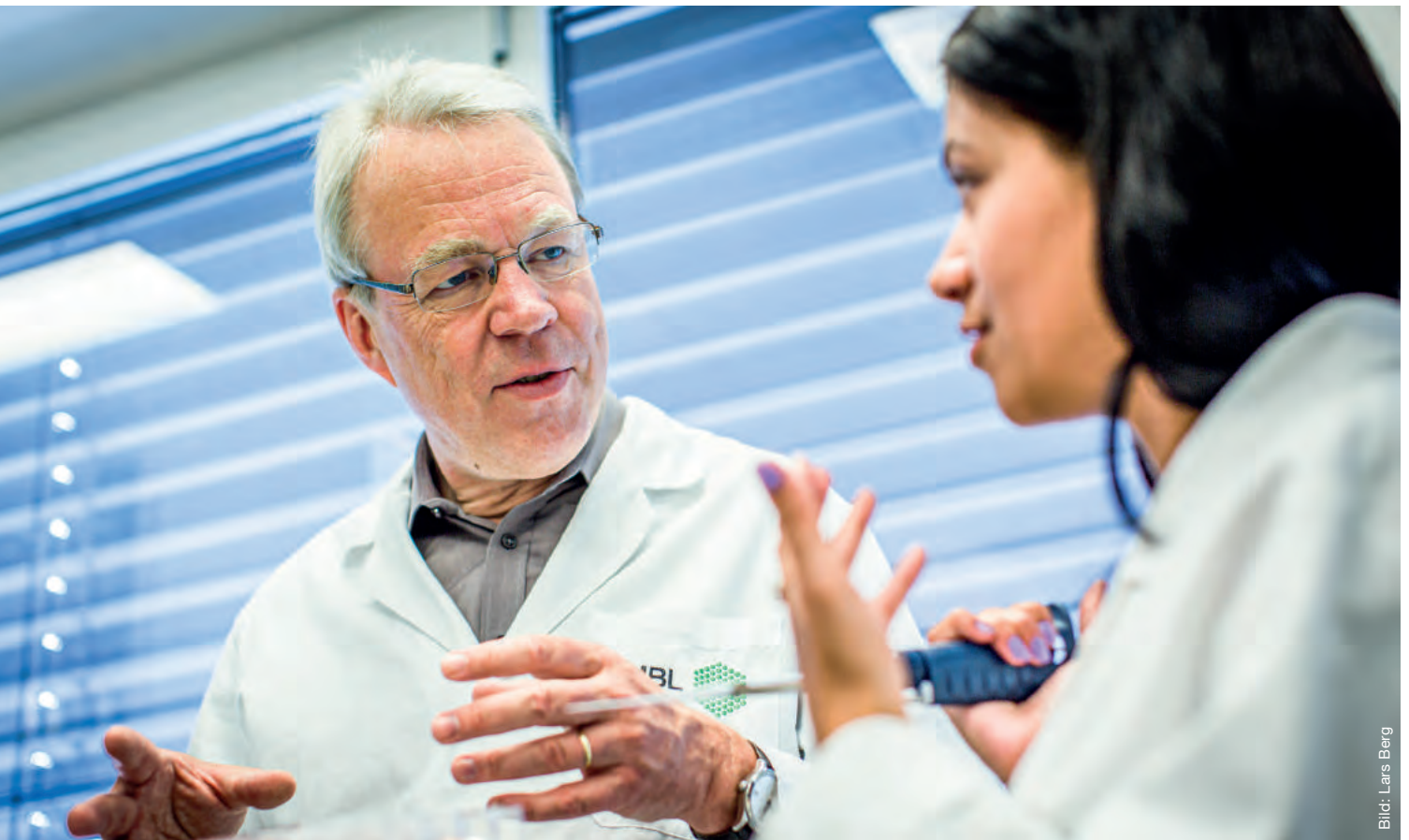


Bild: Lars Berg

Der Wegbereiter

Matthias Wilmanns treibt die Infektionsforschung auf dem Campus voran

Saravanan Panneerselvam nimmt ein Gebilde zwischen die Finger, das aussieht wie eine Stecknadel. „Es ist ein Probenhalter für einen Proteinkristall, der nur ein paar Dutzend Mikrometer groß ist“, erklärt der Forscher. „So einen Kristall zu züchten, ist ziemlich schwierig und dauert manchmal Jahre.“ Dann zeigt er auf einen Roboterarm: Der greift sich den Probenhalter mitsamt Kristall und setzt ihn präzise in eine Apparatur ein. Auf die wird später ein gebündelter, hochintensiver Röntgenstrahl zielen – der Strahl aus dem Speicherring PETRA III. Das Röntgenlicht streut am Kristall, Detektoren nehmen die Streusignale auf. Aus deren Verteilung können die

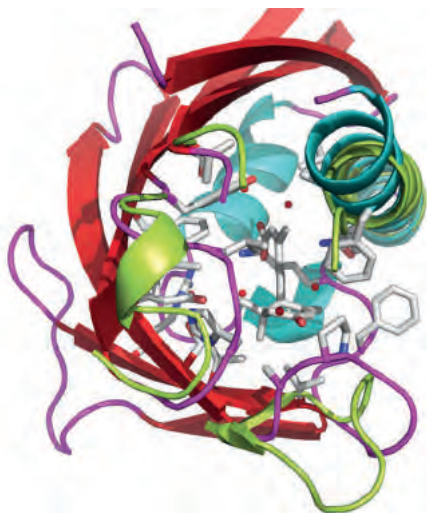
Fachleute dann auf die detaillierte Gestalt des Proteins schließen, wodurch sich dessen Funktionsweise enträtseln lässt – eine wichtige Grundlage etwa für die gezielte Entwicklung neuer Medikamente. Panneerselvam steht an der Mess-

»Da beim CSSB zehn Partnereinrichtungen unter einem Dach arbeiten, gibt es Kooperationen, zu denen es früher nie gekommen wäre«

Matthias Wilmanns, EMBL

station P13, die das Europäische Laboratorium für Molekularbiologie (EMBL) in Hamburg betreibt. Die Analysen laufen wie am Fließband: Alle zwei bis drei Minuten setzt der Roboter einen neuen Kristall in die Apparatur ein, pro Sekunde können die Detektoren zwölf hochauflösende Aufnahmen machen. „Das alles läuft ferngesteuert“, erläutert Panneerselvam. „Wissenschaftler, die unsere Apparatur nutzen, können sie von ihrem Heimatinstitut aus bedienen.“

Von solchen Möglichkeiten konnte Matthias Wilmanns nur träumen, als er 1997 seinen heutigen Posten als Leiter der Hamburger EMBL-Einheit auf dem DESY-Campus antrat. „Damals bin ich als junger



»Ich konnte hier an fantastischen Entwicklungen teilhaben, und das sehe ich wirklich als Privileg an«

Matthias Wilmanns, EMBL

Wissenschaftler gleich zwei Stufen auf der Karriereleiter nach oben gefallen“, erinnert er sich. Doch die Beförderung hatte ihre Tücken. Damals nämlich gab es PETRA III noch nicht – heute eine der stärksten Röntgenquellen der Welt. Stattdessen mussten sich die Fachleute mit dem deutlich kleineren DORIS-Speicherring begnügen. Aber: „Es war absehbar, dass DORIS international nicht mehr wettbewerbsfähig war“, sagt Wilmanns. Deshalb hatte die EMBL-Leitung erwogen, die Hamburger Filiale zu schließen – es fehlte eine langfristige Perspektive „Also war zu befürchten, dass mein Job auf eine reine Abwicklung hinauslief“, so Wilmanns.

Doch es kam anders – was einer richtungsweisenden Entscheidung zu verdanken ist: Anfang der 2000er Jahre entwarf DESY den Plan, den bislang vor allem für die Teilchenforschung verwendeten Speicherring PETRA zu einer reinen Lichtquelle umzubauen. „Damit war eine Forschungsanlage in Aussicht, die den Anspruch hatte, weltweit führend zu sein“, sagt Wilmanns. „Und das ist sie dann auch geworden.“

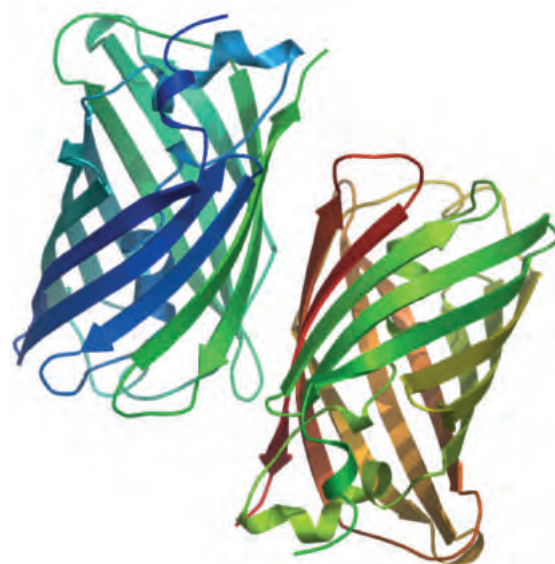
Heute betreibt die Hamburger EMBL-Einheit drei Messstationen an PETRA III, die Strukturbiologen aus aller Welt zur Verfügung stehen. Relativ neu ist die Station T-REXX – sie erlaubt eine zeitaufgelöste Röntgen-

strukturanalyse. So kann man Enzymen bei der Arbeit zuschauen und die verschiedenen Stadien einer Reaktion detailliert verfolgen. „Ein echtes Highlight“, meint Matthias Wilmanns. „Weltweit gibt es nichts Vergleichbares.“ Zum Beispiel hat sein Team ein Enzym namens Glutamin-Aminotransferase untersucht. In einer hochkomplexen Reaktion baut es Stickstoff in chemische Verbindungen ein – ein interessantes Molekül für Pharmakonzerne und chemische Industrie.

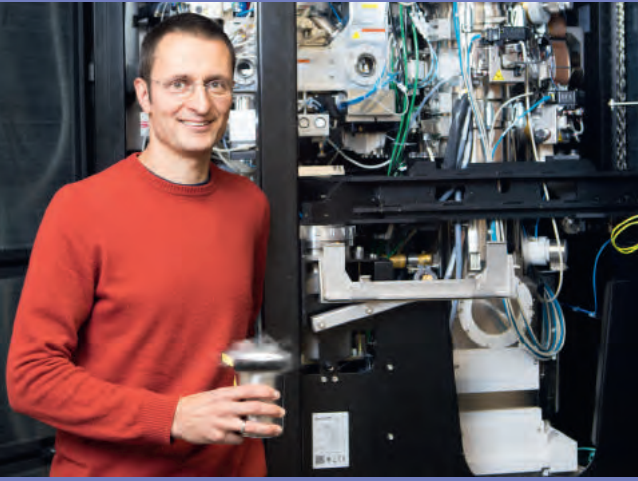
Später übernahm Wilmanns einen weiteren Posten: Bis Ende 2017 war er Gründungsdirektor des Centre for Structural Systems Biology (CSSB) auf dem Campus in Bahrenfeld. Getragen von zehn Partnereinrichtungen beschäftigt es sich mit einem hochaktuellen Thema – der Infektionsforschung. „Immer mehr bakterielle Erreger entwickeln Antibiotikaresistenzen“, erklärt der Biologe. „Und immer mehr Menschen sterben in Deutschland an solchen multiresistenten Keimen.“ Die CSSB-Partner versuchen gegenzusteuern, indem sie die grundlegenden Prozesse einer Infektion enträtseln: Wie im Detail läuft sie ab, wie lässt sie sich stoppen? „Da beim CSSB zehn Partnereinrichtungen unter einem Dach arbeiten, gibt es Kooperationen, zu denen es früher nie gekommen wäre“, betont Wilmanns. So konnte kürzlich ein

Team eine Methode verfeinern, die bestimmte Membranproteine isoliert, um sie anschließend untersuchen zu können.

Matthias Wilmanns jedenfalls hat es nicht bereut, 1997 trotz ungewisser Perspektiven nach Hamburg gekommen zu sein. „Ich konnte hier an fantastischen Entwicklungen teilhaben“, sagt er. „Und das sehe ich wirklich als Privileg an.“



Beispiele für die Darstellung von Proteinstrukturen, die Hochleistungscomputer aus den komplexen Beugungsmustern berechnen, die Proteinkristalle im Röntgenlicht erzeugen.



Arbeitsgruppenleiter Kay Grünewald untersucht unter anderem mit Kryo-Elektronenmikroskopen die strukturelle Zellbiologie der Viren.

Hagen. Er arbeitet am Heinrich-Pette-Institut, dem Leibniz-Institut für Experimentelle Virologie, einem der CSSB-Partner. „Dazu frieren wir Zellen mit Hilfe von Flüssigstickstoff so schnell ein, dass sich keine Eiskristalle bilden können, die die Zelle zerstören.“ Die Prozedur ist ebenso effektiv wie schonend: Taut man die schockgefrorenen Zellen oder Viren später auf, erwachen sie größtenteils wieder zum Leben.

»Man konnte die Auflösung um das Zehnfache steigern, so dass sich plötzlich sogar einzelne Atome erkennen ließen«

Christoph Hagen, Heinrich-Pette-Institut

Die Tiefkühlkameran

Mit Kryo-Elektronenmikroskopen lassen sich Zellen und Viren zerstörungsfrei und hochaufgelöst untersuchen – eine perfekte Ergänzung zu PETRA III

Im Keller des Centre for Structural Systems Biology (CSSB) öffnet der Biologe Christoph Hagen eine wuchtige Tür. Dahinter steht ein zimmerhoher Klotz mit einem filigranen Innenleben – ein Kryo-Elektronenmikroskop. Die Methode ist ein regelrechter Senkrechtstarter in der biomedizinischen Forschung: Seit einigen Jahren erlaubt sie es, Zellen, Viren und Biomoleküle in erstaunlicher Auflösung abzubilden und immer neue Details über ihre Funktion zu enträtseln.

Das Prinzip des Elektronenmikroskops ist schon alt: Ein Elektronenstrahl trifft auf eine Probe und kann sie deutlich feiner abtasten als der Lichtstrahl eines konventionellen Mikroskops – wodurch sich sehr viel kleinere Strukturen abbilden lassen. Doch für biologische Proben eignete sich das Verfahren in der Vergangenheit nur bedingt, oft genug wurden die Proben durch die Elektronen schlicht zerstört.

Doch dann entwickelten Forscher mehrere Tricks und konnten das Problem umgehen. „Man muss die Proben zunächst vitrifizieren, also in einen glasartigen Zustand bekommen“, erläutert

Ein weiterer Meilenstein kam 2012 – in der Fachwelt als „Resolution Revolution“ bezeichnet: „Damals wurden Kameras entwickelt, die die Elektronen direkt und sehr genau detektieren“, beschreibt Hagen. „Dadurch konnte man die Auflösung um das Zehnfache steigern, so dass sich plötzlich sogar einzelne Atome erkennen ließen.“ 2017 gab's den Chemie-Nobelpreis für die Entwicklung, heute nutzen immer mehr Forschungsteams die Methode für ihre Arbeiten.

Auch das CSSB hat mehrere dieser Geräte angeschafft – eine Millioneninvestition und eine perfekte Ergänzung zur Proteinkristallographie, wie sie am Speicherring PETRA III betrieben wird. Christoph Hagen und seinem Chef Kay Grünewald geht es vor allem um ein besseres Verständnis von Infektionsprozessen. „Wir infizieren Zellen zum Beispiel mit Herpesviren und untersuchen per Kryo-Elektronenmikroskop verschiedene Stadien der Infektion“, sagt Hagen. „Denn Viren sind eigentlich nur zu verstehen, wenn man sie in der Zelle sieht – schließlich ist das ihr eigentlicher Lebenszustand.“ Auch über die Funktionsweise der Zelle lässt sich einiges lernen, wenn man sie mit einem Virus konfrontiert – wichtige Grundlagenarbeiten, um Infektionskrankheiten künftig besser in den Griff zu bekommen.

Die Pioniermaschine

Der Freie-Elektronen-Laser FLASH erzeugt erstmals ultrakurze Röntgenlaserblitze und legte den Grundstein für das „Filmen“ von chemischen Reaktionen

Er ist ein echter Pionier: Als FLASH 2005 in Hamburg seinen Betrieb aufnahm, war er der weltweit erste Freie-Elektronen-Laser für den Röntgenbereich. Seine Basis ist ein gut hundert Meter langer supra-leitender Linearbeschleuniger, der pro Sekunde bis zu 8000 Elektronenpakete nahezu auf Lichtgeschwindigkeit bringt. Anschließend passieren diese Pakete einen Undulator – eine Magnetstruktur, die die Elektronen auf eine Slalombahn zwingt und ihnen dadurch intensive Laserblitze im weichen Röntgenbereich und im vakuum-ultravioletten Spektrum entlockt. Mit diesen Lichtpulsen lassen sich an fünf Experimentierstationen im 24-Stunden-Betrieb verschiedenste Proben analysieren – Atome, Moleküle, Oberflächen und Festkörper, zum Beispiel magnetische Materialien oder organische Solarzellen. „Mit den ultrakurzen Pulsen im Femtosekundenbereich lassen sich elementare Prozesse zeitlich verfolgen, etwa der Ablauf chemischer Reaktionen“, sagt FLASH-Physikerin Elke Plönjes-Palm.

»Mit den ultrakurzen Pulsen im Femtosekundenbereich lassen sich elementare Prozesse zeitlich verfolgen, etwa der Ablauf chemischer Reaktionen«

Elke Plönjes-Palm, DESY

Um die Kapazität der Anlage zu erhöhen, nahm 2016 mit FLASH2 eine weitere Undulatorstrecke mitsamt einer neuen Experimentierhalle den Nutzerbetrieb auf. Dabei wird ein Teil der Elektronenpakete in Richtung des neuen Undulators abgelenkt. Dieser beliefert abwechselnd drei Experimentierstationen mit Röntgenblitzen. Eine vierte Station ist derzeit in Vorbereitung. Nun soll ein weiteres Upgrade-Programm die Möglichkeiten nochmals erweitern und FLASH auch künftig an der Weltspitze halten. Das Projekt namens FLASH2020+ umfasst drei Maßnahmen:



Bild: Gesine Born

DESY-Physikerin Elke Plönjes-Palm ist Spezialistin für FLASH.

- Ein Teil des FLASH-Beschleunigers wird durch neue, noch leistungsfähigere Module ersetzt. Dadurch lassen sich die Elektronen künftig stärker beschleunigen, wodurch man Röntgenblitze von kürzerer Wellenlänge erhält – interessant zum Beispiel für Untersuchungen von magnetischen Materialien, bei denen man Elemente wie Eisen, Kobalt oder Nickel gezielt anregen und spezifisch untersuchen kann.
- FLASH1 – die ursprüngliche Anlage – soll einen neuen, modernen Undulator erhalten, mit dem sich wie bereits bei FLASH2 die Wellenlänge der Laserblitze während eines laufenden Experimentes ändern lässt – ein Vorteil für viele Versuche.
- Bislang werden die Röntgenpulse mit der sogenannten SASE-Methode erzeugt. Diese führt von Schuss zu Schuss zu leicht unterschiedlicher Pulsdauer und Wellenlänge – ein Manko für manche Experimente. Deshalb soll bei FLASH1 künftig eine Methode namens „Seeding“ zum Einsatz kommen: Ein herkömmlicher Laser feuert Pulse in den Undulator hinein und beeinflusst den Prozess der Lichterzeugung so, dass deutlich einheitlichere und sauberere Röntgenpulse entstehen.

Das Umbauprogramm soll 2021 starten und sich über mehrere Etappen erstrecken. 2024 könnte es abgeschlossen sein.

Plasmabeschleuniger wie hier bei DESYs FLASHForward versprechen bis zu tausendfach stärkere Beschleunigung als die besten konventionellen Anlagen.

Bild: Carl Andreas Lindström

Die Plasmasurfer

DESY entwickelt innovative Technologien für die Beschleuniger der Zukunft

Heutige Teilchenbeschleuniger sind zuweilen riesig – so misst der Linearbeschleuniger des europäischen Röntgenlasers European XFEL fast zwei Kilometer. In verschiedenen Projekten entwickeln Forscherinnen und Forscher bei DESY bereits heute neue und innovative Technologien für kompakte und platzsparende Beschleuniger von morgen.

Bei den derzeitigen Beschleunigern werden Radiowellen in spezielle Metallröhren eingespeist, sogenannte Resonatoren. Auf diesen Wellen können die Teilchen reiten wie ein Surfer auf einer Ozeanwelle. Allerdings hat die Methode ihre Grenzen: „Die Maximalspannung der Resonatoren ist auf Werte um die 50 Megavolt pro Meter limitiert“, erläutert Ralph Aßmann, Leitender DESY-Wissenschaftler für Beschleunigerforschung. Will man Teilchen auf hohe Energien bringen, müssen viele Resonatoren hintereinandergeschaltet werden – die Anlage wird entsprechend lang.

Deutlich höhere Beschleunigungsspannungen lassen sich mit einer noch jungen Methode erreichen – der Plasmabeschleunigung. „Das Ziel sind 50 Gigavolt pro Meter, also das Tausendfache des bisherigen Spitzenwerts“, sagt Aßmann.

Dadurch könnten Beschleuniger schrumpfen: „Theoretisch ließe sich eine Hundert-Meter-Anlage durch eine Maschine ersetzen, die in einen Laborkeller passt“, sagt Jens Osterhoff, Leiter der Plasmabeschleunigergruppe bei DESY. Dahinter steckt folgendes Prinzip: Starke, kurze Laserblitze oder, wie im Fall des DESY-Projekts FLASHForward, schnelle Elektronenpakete pflügen durch ein Plasma – einen ionisierten Materiezustand aus Elektronen und Atomrümpfen. „Schießt der Puls ins Plasma, schiebt er die Plasmaelektronen wie ein Schneepflug vor sich her und erzeugt ähnlich einem Schiff eine Kielwelle“, erläutert Osterhoff. „Dadurch bilden sich auf kleinstem Raum extrem starke elektrische Felder aus, die Elektronenpakete enorm beschleunigen können.“



Bild: Heiner Müller-Elsner

»Theoretisch ließe sich eine Hundert-Meter-Anlage durch eine Maschine ersetzen, die in einen Laborkeller passt«

Jens Osterhoff, DESY

2006 konnten Forscher um den jetzigen DESY-Beschleunigerdirektor Wim Leemans am Lawrence Berkeley National Laboratory in den USA Elektronen per Laser-Plasmabeschleunigung erstmals auf eine Energie von einem Gigaelektronen-



Bild: Thomas Schuster

volt (GeV) bringen. Mittlerweile liegt der Rekord bei acht GeV über eine Strecke von 20 Zentimetern, ebenfalls gehalten von der Berkeley-Gruppe. Ein gewöhnlicher Beschleuniger müsste dafür über 100 Meter lang sein. Gleichzeitig haben DESY-Forscher wichtige Fortschritte dabei erzielt, Elektronenstrahlen durch Laser-Plasmabeschleunigung besonders stabil zu erzeugen, was ein wichtiger Schritt hin zu künftigen Anwendungen ist.

„Aufbauend auf den Erfolgen aus Berkeley und DESYs einzigartigen Stärken werden wir Plasmabeschleuniger in die Anwendung bringen“, sagt Osterhoff. „Wir fokussieren uns dabei zunächst auf die Entwicklung von Plasmabeschleunigern, die eine neue Generation kompakter Freie-Elektronen-Laser und energiereicher Röntgenquellen für die medizinische Bildgebung antreiben können. Darüber hinaus erkunden wir, wie sich diese Beschleuniger stärker und verlässlicher machen lassen.“

Um dieses Ziel voranzutreiben, schafft DESY zusätzlich zum Projekt FLASHForward derzeit mit SINBAD (Short Innovative Bunches and Accelerators at DESY) eine neue und einzigartige Forschungsinfrastruktur. Damit ist DESY bestens aufgestellt, um ein deutlich genaueres Verständnis der Physik hinter der neuen Technologie zu schaffen und diese zugleich weiter zu einer breiten Anwendung zu entwickeln. In SINBAD werden mit ARES, einem Beschleuniger zur Erzeugung ultrakurzer Elektronenpakete, und AXIS, einem

»Mit KALDERA wollen wir die Laser-Plasmabeschleunigung einen großen Schritt näher an praktische Anwendungen führen«

Andreas Maier, DESY

Beschleuniger, der kurzwellige Terahertzstrahlung statt der herkömmlichen Radiowellen nutzt, bereits zwei innovative Technologien erprobt.

Künftig wird SINBAD auch Heimat des neuen KALDERA-Lasers, der pro Sekunde mehr als tausend ultra-starke Lichtblitze abfeuern kann. Bisher waren Plasma-Beschleuniger auf wenige Elektronenpulse pro Sekunde limitiert, was im Vergleich zu den heute verfügbaren Beschleunigertechnologien ein deutlicher Nachteil ist. KALDERA soll Plasmabeschleuniger konkurrenzfähig machen und neue Möglichkeiten eröffnen.

„Mit KALDERA wollen wir die Laser-Plasmabeschleunigung einen großen Schritt näher an praktische Anwendungen führen“, sagt KALDERA-Projektleiter Andreas Maier. „Eines unserer Ziele ist zu zeigen, dass sich mit Laser-Plasmabeschleunigern ein Freie-Elektronen-Laser betreiben lässt.“

Mit der Plasmatechnologie und innovativen Lasern, wie sie mit KALDERA realisiert werden, sind kompaktere und preisgünstigere Röntgenquellen denkbar. Sie könnten unter anderem zur Materialprüfung in der Industrie taugen. Ein weiteres Anwendungsfeld wäre die Röntgendurchleuchtung von Frachtcontainern. Heute erfolgt sie – etwa im Hamburger Hafen – mit konventionellen Beschleunigern. Diese sind stationär, die Container müssen unter einem brückenartigen Gerät durchgefahren werden. Mit Plasmabeschleunigern könnte man diese Anlagen womöglich mobil machen



Bild: Gesine Born

Wim Leemans

Direktor des Beschleunigerbereichs

» DESY ist das führende Labor für Beschleunigertechnologien. Um den Herausforderungen der Zukunft gerecht zu werden, planen wir den Ausbau von PETRA III zu dem einzigartigen 3D-Röntgenmikroskop PETRA IV – mit herausragendem Potenzial für Nutzer aus der Industrie und Anwendungen in Energieforschung, Informationstechnologie, Mobilität und Medizin. Komplementär dazu entwickeln wir die Freie-Elektronen-Röntgenlaser weiter und testen ganz neue Konzepte für kompakte Teilchenbeschleuniger für zukünftige Anwendungen, beispielsweise in der Medizin. «

– der Scanner käme zum Container statt wie bisher die Fracht zum Scanner. Auch für die Inspektion von Straßenbrücken könnten solche mobilen Prüfgeräte taugen.

Ebenso interessant dürften die künftigen Röntgenquellen für die Medizin sein. Hier könnten sie neuartige Diagnosemöglichkeiten schaffen, etwa die sogenannte Röntgenfluoreszenz. Damit könnten sich Tumore aufspüren lassen, die so klein sind, dass sie den heutigen Verfahren schlicht durch die Lappen gehen – die Heilungschancen für die Patienten würden sich erhöhen. Mit seinem Ziel, die Plasmabeschleunigung zur Anwendung zu bringen, ist DESY ein wichtiger Partner in der internationalen Forschungsgemeinde und kann eine wichtige Rolle als Exzellenzzentrum für europäische Projekte wie EuPRAXIA oder das ALEGRO-Konsortium spielen.

Das Wasserinstitut

Wasser ist Leben – doch was ist Wasser eigentlich? Wie reagiert es im Detail und prägt die Lebensvorgänge? Welche Rolle spielt es im Universum?



Bild: Gasline Born

»Wasser ist zwar ein ziemlich einfaches Molekül, aber auf seine Art sehr speziell«

Melanie Schnell, DESY

Eigentlich ist es ein ganz profanes und wirklich allgegenwärtiges Molekül. Doch der Wissenschaft gibt es nach wie vor manches Rätsel auf – Wasser. Wie im Detail wirkt es auf wichtige Lebensvorgänge ein, etwa das Verhalten von Proteinen? Was passiert auf mikroskopischer Ebene, wenn Wassermoleküle chemische Reaktionen beeinflussen, zum Beispiel bei der Korrosion? Und welche Rolle spielt Wasser in den Tiefen des Weltraums, etwa im Inneren ferner Riesenplaneten? Fragen wie diesen will ein neues, interdisziplinäres Institut nachgehen, das auf dem DESY-Campus geplant ist – das Centre for Molecular Water Science (CMWS).

„Wasser ist zwar ein ziemlich einfaches Molekül, aber auf seine Art sehr speziell“, erklärt die Chemikerin Melanie Schnell, Leitende Wissenschaftlerin bei DESY. Gemeinsam mit ihrem Kollegen Gerhard Grübel koordiniert sie das Projekt. „Zum Beispiel sorgen spezielle Bindungen zwischen den Wassermolekülen dafür, dass es erst bei 100 Grad Celsius siedet.“ Würde es diese Wasserstoffbrückenbindungen nicht geben, wäre Wasser schon bei Raumtemperatur ein Gas. Besonderheiten wie diese faszinieren die Fachwelt schon lange. „In den letzten Jahren haben wir bemerkt, dass sich im DESY-Umfeld die verschiedensten Forschungsgruppen mit dem Thema Wasser beschäftigen“, erzählt Schnell. „Irgendwann kam der Gedanke auf, diese Interessen in einem gemeinsamen Zentrum zu bündeln – quasi eine wissenschaftliche Graswurzel-Initiative.“ Was allen Beteiligten gemein ist: Sie nutzen die Hamburger Röntgenquellen PETRA, FLASH und den European XFEL, um sich das Verhalten ihres Studienobjekts im Detail anzuschauen.

Das CMWS möchte Wasser und seine Eigenschaften aus diversen Blickwinkeln beleuchten: Spezielle Versuchsaufbauten sollen Wasser buchstäblich unter Hochdruck setzen und dadurch exotische Eiskristalle erzeugen, wie sie ansonsten nur im Inneren von Riesenplaneten existieren dürften. In der Biologie geht es um die Frage, wie Wassermoleküle die Proteinfaltung beeinflussen: Nimmt ein Eiweißmolekül eine andere Form an, wenn Wasser zugegen ist? Forschungsgruppen aus der Chemie wollen unter anderem herausfinden, wie katalytische Prozesse durch das Wassermolekül geprägt werden – interessant etwa bei der Elektrolyse, dem zentralen Baustein der klimafreundlichen Wasserstoffgewinnung.

Melanie Schnell ist vor allem von einer Frage fasziniert: „Welche Rolle spielt Wasser im interstellaren Raum?“ Dahinter steckt ein Rätsel: Im Laufe der Zeit entdeckte die Fachwelt, dass es in den Tiefen des Alls eine erstaunliche Vielfalt an verschiedenen Molekülen gibt – bis hin zu Aminosäuren, wichtigen Bausteinen des Lebens. Die Frage: Wie konnten sie dort entstehen, wo fanden die entsprechenden chemischen Reaktionen statt?

Die Antwort könnte mit unzähligen kleinen Eiskörnchen zusammenhängen, die astronomischen Beobachtungen zufolge im Weltraum herumgeistern. „Wir vermuten, dass darauf die chemischen Reaktionen stattfinden, bei denen sich die verschiedensten Stoffe bilden“, meint Schnell. Die Idee: Moleküle treffen auf herumgeisternde Eiskörnchen, frieren dort fest – und können mit anderen Molekülen reagieren, die ebenfalls an den Körnchen kleben. „Demnach wäre Eis eine Art interstellarer Katalysator“, so Schnell. „Im Rahmen des neuen Zentrums wollen wir prüfen, was an dieser Hypothese dran ist.“ Konkret will ihr Team die Weltraumbedingungen im Labor simulieren und die Prozesse mit den hochintensiven Blitzen des DESY-Röntgenlasers FLASH unter die Lupe nehmen.

„Fast alle Einrichtungen auf dem DESY-Campus mischen beim CMWS mit“, freut sich Gerhard Grübel. „Auch darüber hinaus gibt es soviel Zuspruch, dass man fast schon von einem europäischen Zentrum sprechen kann.“



Bild: Gesine Born

»Fast alle Einrichtungen auf dem DESY-Campus mischen beim CMWS mit«

Gerhard Grübel, DESY

Mehr als 30 Gruppen aus verschiedenen Instituten Europas und aus Übersee haben konkretes Interesse angemeldet. Es gibt bereits Zusammenarbeiten im Rahmen eines „Early Science Program“, und schon heute tauschen sich die Fachleute bei regelmäßigen Workshops aus. Zunächst wird ein erstes Labor für die Probenpräparation eingerichtet, später soll ein eigenes Gebäude auf dem Campus folgen.



Bild: istockphoto.com/Artem_Egorov

Der Nanokombinierer

Robert Blick nimmt Strukturen ins Visier, die nicht größer sind als Staubkörner, aber großes Potenzial für die Technik der Zukunft haben

Robert Blick zwängt sich in den Overall, dann schlüpft er in Überschuhe und setzt sich eine Haube auf den Kopf. „Das muss sein, damit wir den Reinraum nicht verschmutzen“, erklärt der Physikprofessor. „Denn hier ist der Mensch die größte Staubquelle.“ Der Reinraum ist das Prunkstück einer noch jungen Forschungseinrichtung: 2017 hat die Universität Hamburg das Center for Hybrid Nanostructures (CHyN) auf dem Campus in Bahrenfeld eröffnet.

Die Fachleute beschäftigen sich mit Strukturen, die nur einige millionstel Millimeter messen und für die Technik der Zukunft wichtig sein könnten. „Speziell befasst sich das CHyN mit Nanomaterialien, die sich nicht aus einer, sondern aus mehreren Stoffklassen zusammensetzen“, erläutert Blick. „Beispielweise kombinieren wir Halbleiter mit Biomolekülen, mit zweidimensionalem Kohlenstoff oder mit Supraleitern.“

Später einmal könnten diese Hybridmaterialien den unterschiedlichsten Zwecken dienen –

Der Reinraum im Center for Hybrid Nanostructures (CHyN) ist über 300m² groß und in drei Bereiche unterteilt, in denen mehr als 30 Nutzer simultan arbeiten können.



Bild: Gesine Born

Gemeinsam mit schwedischen Forschern haben die CHyN-Experten unter anderem Nervenzellen auf Nanodrähten wachsen lassen, die eine Art Solarzelle enthalten. Scheint Licht auf die Hybridstruktur, entsteht eine elektrische Spannung, mit der die Zellfunktion aktiviert werden kann.



Bild: Aune Koitmaa, CHyN

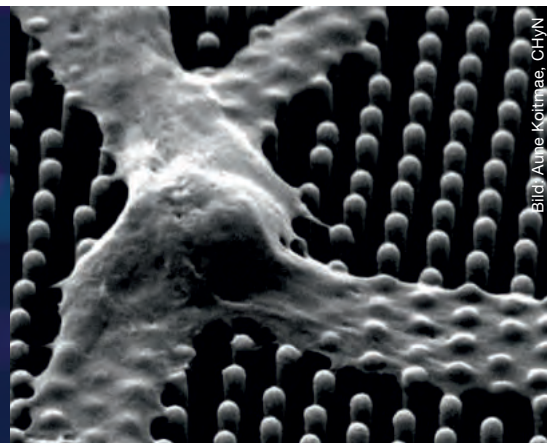


Bild: Aune Koitmaa, CHyN

»Wir kombinieren beispielsweise Halbleiter mit Biomolekülen, mit zweidimensionalem Kohlenstoff oder mit Supraleitern«

Robert Blick, CHyN

als Recheneinheit für künftige Quantencomputer, in Spezialchips für die DNA-Analyse oder in Netzhautimplantaten, mit denen Sehbehinderte ihr Augenlicht zurückgewinnen könnten. Nur: Die Herstellung entsprechender Prototypen ist heikel. Die Strukturen sind so winzig, dass einzelne Staubkörner sie außer Gefecht setzen können. Also müssen die Arbeiten in einer extrem sauberen Umgebung stattfinden – dem Reinraum.

»Hier ist der Mensch die größte Staubquelle«

Robert Blick, CHyN

Dessen Eingang führt durch eine Schleuse. Robert Blick betätigt einen Schalter, ein paar Sekunden später pustet eine kräftige Luftdusche den Restschmutz von seinem Overall. Dann zeigt er auf den Fußboden: Überall Lüftungsschlitze – insgesamt 628 kreisrunde Öffnungen saugen die Luft ab. Aufwändige Filteranlagen reinigen sie, Gebläse pusteten die saubere Luft von der Decke aus wieder in den Raum – und zwar ohne nennenswerte Verwirbelungen. „Pro Liter Luft gibt es hier nur wenige Staubteilchen“, erklärt Thomas Finger, der technische Leiter des Reinraums. „Das ist ein Zehntausendstel dessen, was man in einem normalen Labor findet.“

Im Inneren des Reinraums reiht sich ein High-tech-Gerät an das andere: Luftabzüge für die chemische Präparierung, eine hochpräzise Ätzanlage und ein Kasten zur Herstellung von Nanostrukturen. Der funktioniert ähnlich wie ein Kartoffelstempel, allerdings für die Nanometerskala. „Wir können hier alle Standardmethoden aus der Halbleiterindustrie anbieten“, erklärt Robert Blick. „Aber verglichen mit einer Chipfabrik sind wir viel flexibler.“ Ein Highlight ist der Elektronenstrahlschreiber: Er kann extrem feine Strukturen erzeugen, die kleinsten messen gerade mal acht Nanometer. Schon winzige Vibrationen könnten die Herstellung ruinieren, weshalb die Anlage auf einem eigenen, schwingungsgedämpften Fundament ruht.

Neun Millionen Euro hat der Reinraum gekostet – und ist auf dem gesamten Campus sehr gefragt. „Für unsere Studierenden steht hier eine tolle Umgebung zur Verfügung, um auf neue Ideen zu kommen“, betont Blick. „Und im Rahmen des Exzellenzclusters ‚Advanced Imaging of Matter‘ nutzt DESY unseren Reinraum, etwa um piezoelektrische Nanomembranen für hochgenaue Messmethoden zu entwickeln.“ Bald sollen sich auch Start-ups einmieten können, darunter eine Firma, die Spezialchips für die Analyse menschlicher Zellen entwickelt. „Für Start-ups bietet Hamburg heute ein tolles Umfeld“, meint Blick. „Und mittlerweile gibt es auch einiges an Investitionskapital.“

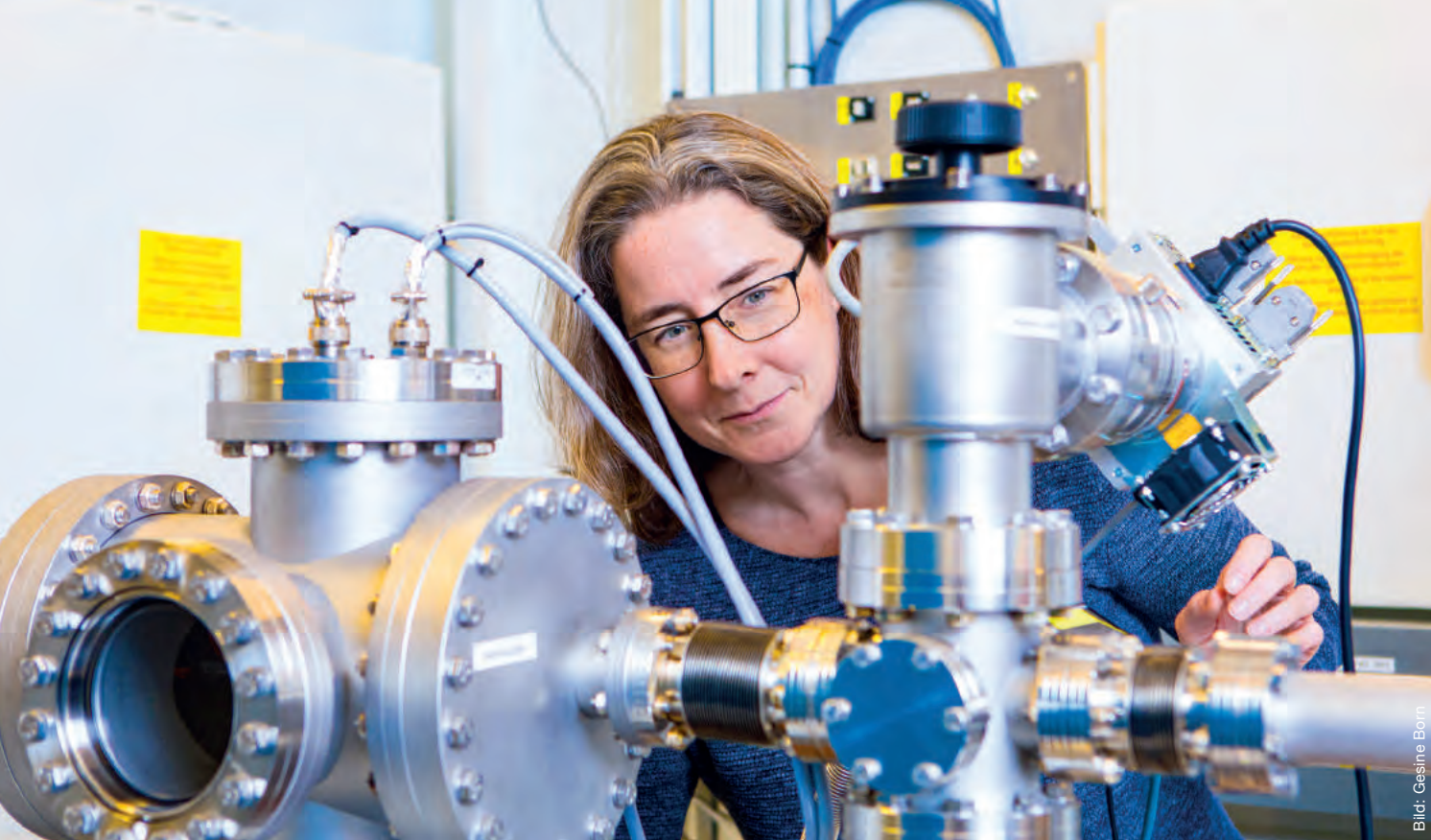


Bild: Gesine Born

Die Biophysikerin Arwen Pearson von der Universität Hamburg leitet HARBOR.

Die Proteinbändiger

Um Biomoleküle in Aktion zu verfolgen, muss man sie zunächst einsperren – und das ist gar nicht so einfach

Seit langem zählen Biologinnen und Biologen zu den Stammgästen auf dem DESY-Campus. Meist verwenden sie die Röntgenblitze von PETRA III, um die genaue Form von Proteinen zu entschlüsseln – je besser man die Form eines Eiweißmoleküls kennt, desto präziser lässt sich herausfinden, wie es funktioniert und welche Rolle es in einem Organismus spielt. Dagegen nutzen sie eine weitere interessante Eigenschaft der Hamburger Röntgenquellen bislang eher zögerlich: „Die Röntgenquellen bei DESY erlauben auch detaillierte zeitaufgelöste Messungen“, sagt Arwen Pearson, Biophysikerin an der Universität Hamburg. „Dadurch lässt sich wie in einem Film verfolgen, wie Proteine mit anderen Stoffen reagieren.“

Dass Biologen diese Möglichkeit bislang noch relativ selten nutzen, hat seinen Grund: Die Experimente sind anspruchsvoll und bedürfen besonderer Versuchstechniken. Ab 2020 wird ein neues Institut der Uni auf dem Campus Bahrenfeld solche Techniken entwickeln und verfeinern:

Das Hamburg Advanced Research Centre for Bioorganic Chemistry, kurz HARBOR, schafft die Infrastruktur für zeitaufgelöste Experimente an Biomolekülen.

Schwerpunkt ist die Entwicklung sogenannter „Photocages“, auf Deutsch Käfigverbindungen. Darunter versteht man künstliche chemische Anhängsel, die ein Protein in seiner Funktion hemmen. Das Entscheidende: Ein passender Lichtimpuls genügt, um das Anhängsel abzusprengen. Damit ist das Protein von seiner Fessel befreit und kann aktiv werden. Der raffinierte Mechanismus fungiert als ideales Startsignal für eine zeitaufgelöste Messung: Trifft der Lichtblitz nicht nur ein gehemmtes Protein, sondern viele Millionen, können alle gleichzeitig ihren molekularen Hemmschuh abstreifen und synchron aktiv werden, etwa als lebenswichtiges Enzym. Dieses „Synchronballett“ der Proteine lässt sich dann mit den Röntgenblitzen von PETRA III oder dem European XFEL aufnehmen. Das Ergebnis: ein molekularer Film, auf dem sich das Treiben der

»Die Röntgenquellen bei DESY erlauben auch detaillierte zeitaufgelöste Messungen. Dadurch lässt sich wie in einem Film verfolgen, wie Proteine mit anderen Stoffen reagieren«

Arwen Pearson, Universität Hamburg

Biomoleküle im Detail nachverfolgen lässt. „In HARBOR wollen wir Käfigverbindungen entwickeln, die flexibel für alle möglichen Arten von Proteinen anwendbar sind“, sagt Pearson. Dazu braucht es einen multidisziplinären Ansatz: Biologen identifizieren die interessanten Biomoleküle, Chemiker bauen passende Käfigverbindungen. Und Physiker testen mit Laserapparaturen, wieviel Licht und welche Wellenlängen optimal sind, um den Hemmschuh schnell und effizient loszuwerden. Dem trägt das HARBOR-Gebäude Rechnung: Im Erdgeschoss finden sich ultraschnelle Laser sowie Räume für die chemische Analytik, in den oberen Stockwerken Synthese- und Biochemielabore. Zudem simulieren Theoretiker die Prozesse auf dem Computer, um zielsicher geeignete Kandidaten aufzuspüren. „Das neue Zentrum soll Biologen aus aller Welt zur Verfügung stehen, um sie bei ihren Experimenten hier bei DESY zu unterstützen“, betont Arwen Pearson. „Sie können ihre Proben zunächst in den HARBOR-Laboren testen, um dann gezielter an PETRA III oder dem European XFEL arbeiten zu können.“

Ein Beispiel bildet die Untersuchung sogenannter Membranproteine. Diese sitzen in der Zellmembran und sorgen unter anderem dafür, dass lebenswichtige Stoffe in die Zelle hinein und aus ihr herauskommen. Interessant ist, wie ein Membranprotein selektiv nur eine bestimmte Substanz passieren lässt, vergleichbar mit einem molekularen Sesam-öffne-dich.

Vor einiger Zeit untersuchte die Forschungsgruppe des Biochemikers Henning Tidow von der Universität Hamburg, wie bestimmte Membranproteine Eisen ins Innere von krankmachenden Bakterien transportieren. „Dieses Eisen ist für das Bakterium lebenswichtig“, erläutert Tidow. „Könnte man seine Aufnahme verhindern, hätte man womöglich ein neues Antibiotikum zur Hand.“ Mittlerweile konnte sein Team wichtige Details dieses Prozesses enträtseln, indem es vereinfacht gesagt Standbilder des Eisentransports aufnahm. „Die genauen Abläufe kennen wir aber noch nicht“, sagt Tidow. „Deshalb planen wir nun Untersuchungen mit zeitaufgelösten Techniken. Die neuen Möglichkeiten von HARBOR dürften dabei höchst nützlich sein.“

Mit HARBOR will die Universität Hamburg exzellente Physik und exzellente Lebenswissenschaften verbinden. Henning Tidow ist einer der Arbeitsgruppenleiter.

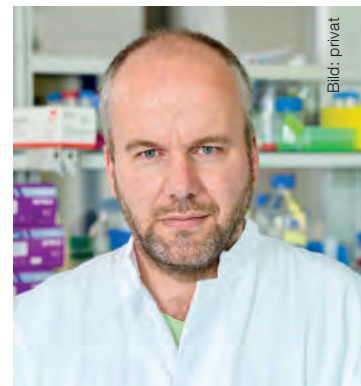


Bild: privat



Bild: Spinnkenhof GmbH / Nickl & Partner Architekten AG

Der Planetensimulator

Röntgenlaserblitze aus dem European XFEL simulieren das Geschehen im Erdinneren

Wie reagiert Materie unter Extrembedingungen, etwa bei enormen Drücken und Temperaturen? Antworten darauf kann eine neue Experimentierstation am Röntgenlaser European XFEL liefern: Die HED-Beamline (High Energy Density) hat vor kurzem ihren Betrieb aufgenommen. Für Extrembedingungen sollen unter anderem zwei Laser sorgen. Sie feuern superstarke Pulse auf eine Materialprobe und versetzen sie dadurch in den Ausnahmezustand. Unmittelbar darauf treffen die ultrakurzen Röntgenblitze des European XFEL auf das Geschehen und beleuchten es in bis dato unerreichter Detailschärfe.

Ein weiteres Instrument zur Erzeugung von Extrembedingungen ist die Diamantstempelstelle: Sie presst winzigste Proben zusammen und erzeugt in ihnen einen Druck, wie er im Inneren der Erde herrscht. Dadurch können Geowissenschaftler die Verhältnisse im Inneren unseres Planeten simulieren und wichtige Informationen über Erdkern und Erdmantel in Erfahrung bringen.

Im Rahmen eines Nutzerkonsortiums namens HIBEF (Helmholtz International Beamline for Extreme Fields) planen die Fachleute mehrere Experimente am European XFEL. Zum Beispiel wollen sie Eisenproben untersuchen – Eisen ist der Hauptbestandteil des Erdkerns. Der Plan:

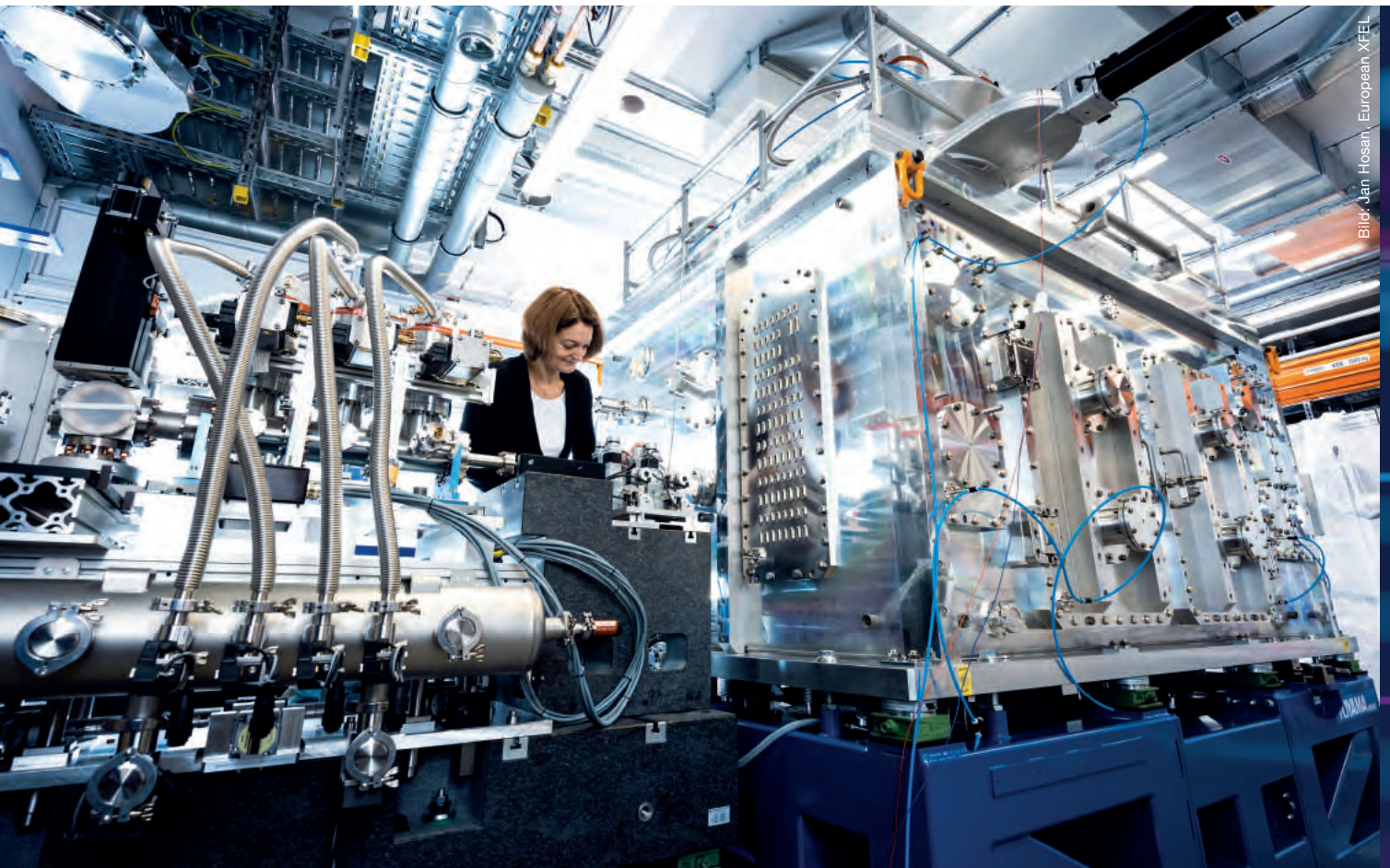


Bild: Jan Hosan, European XFEL

Die Experimentierstation HED dient der Erforschung von Materie unter extremen Druck- und Temperaturbedingungen oder sehr starken elektromagnetischen Feldern, wie sie etwa im Inneren von Exoplaneten oder in Plasmen mit hoher Dichte vorkommen.

Blick in den Tunnel des Röntgenlasers: Das Tunnelsystem des European XFEL beginnt 3,4 Kilometer entfernt auf dem Hamburger DESY-Gelände.

Bild: Jan Hosan, European XFEL



Ein erster Röntgenblitz aus dem European XFEL soll das im Diamantstempel komprimierte Eisen schmelzen. Im direkten Anschluss sollen die darauffolgenden Blitze das Geschehen präzise vermessen – noch bevor das geschmolzene Eisen mit der Zelle reagieren kann. „Das ist nur am European XFEL möglich“, betont DESY-Forscher Cornelius Strohm. „Nur er stellt ausreichend viele und kurz aufeinanderfolgende Röntgenblitze von hoher Energie zur Verfügung.“ Die Resultate sollen eine wichtige geowissenschaftliche Frage klären helfen: Wo genau im Erdinneren gibt es Eisen in geschmolzener Form, wo liegen die Grenzen zur festen Phase?

»Mit dem European XFEL können wir zum Kernbereich eines Impakts vorstoßen«

Hanns-Peter Liermann, DESY

Ebenfalls auf der Agenda: die Simulation von Meteoriteneinschlägen. Während eines Experiments sorgen besondere Aktuatoren dafür, dass sich der Druck zwischen den Diamanten schlagartig erhöht. Die European XFEL-Röntgenblitze helfen, die dabei entstehenden Kristallformen zu identifizieren. Diese vergleichen die Fachleute dann mit Mineralproben, die sie in Meteoriten oder in der Nähe alter Asteroidenkrater gefunden haben. Die Resultate der Simulationen können helfen, Größe und Art eines Einschlags besser abzuschätzen. „Bislang konnten wir nur die Randbereiche eines Asteroideneinschlags simulieren“ erläutert DESY-Mineraloge Hanns-Peter Liermann. „Mit dem European XFEL können wir nun zum Kernbereich eines Impakts vorstoßen.“

Ein weiteres Forschungsobjekt ist Eis – allerdings in einer ziemlich exotischen Version. Im Inneren von Riesenplaneten herrschen derart gewaltige Drücke, dass sich Eis auch bei hohen Temperaturen bilden kann. Jedoch liegt es dann nicht mehr in der gewohnten Schneeflockenform vor, sondern in ungewöhnlichen Kristallvarianten. Diverse Theorien sagen voraus, dass es im Inneren von Planeten noch weitere, bislang unentdeckte Eiskristallversionen geben soll. Das wollen die Fachleute mit ihren Experimenten am European XFEL überprüfen – auch in Zusammenarbeit mit dem neuen CMWS-Wasserinstitut auf dem DESY-Campus. „Diese Versuche sind für uns ein komplett neuer Bereich“, sagt Liermann. „Wir sind sehr aufgeregt, denn wir wissen nicht, was uns erwartet.“

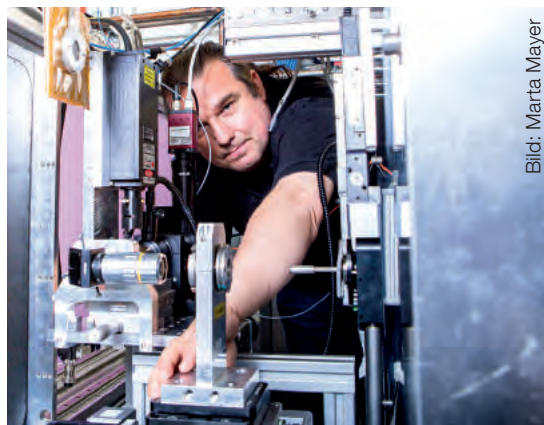


Bild: Marta Mayer

DESY-Forscher Hanns-Peter Liermann leitet die Messstation für Extrembedingungen an DESYs Röntgenquelle PETRA III.

Die Blitz-Schnellen

Im Max-Planck-Institut für Struktur und Dynamik der Materie sind Sekundenbruchteile das Zeitmaß, das zählt

Elektronen, die sich durch einen Kristall bewegen. Atome, die Licht aufnehmen und wieder abgeben. Und Moleküle, die chemisch miteinander reagieren. All diese Prozesse spielen sich in unfassbar kurzer Zeit ab – im Bereich von Piko-, Femto- oder gar Attosekunden. Auf dem Campus Bahrenfeld bildet die Erforschung dieser extrem schnellen Phänomene einen Schwerpunkt. Ein wichtiger Akteur dabei ist das Max-Planck-Institut für Struktur und Dynamik der Materie (MPSD). Um das rasante Treiben im Mikrokosmos zu verfolgen, nutzen seine Fachleute spezielle Werkzeuge – ultrakurze Blitze aus Speziallasern sowie aus Röntgenquellen wie dem European XFEL.

„Mit Hilfe von Licht können wir Materiezustände schaffen, die es sonst nicht gibt“, sagt Andrea Cavalleri, Direktor am MPSD. „Das sind ultraschnelle Prozesse, die sich sehr rasch einstellen, aber ebenso

»Mit Hilfe von Licht können wir Materiezustände schaffen, die es sonst nicht gibt«

Andrea Cavalleri, Direktor am MPSD

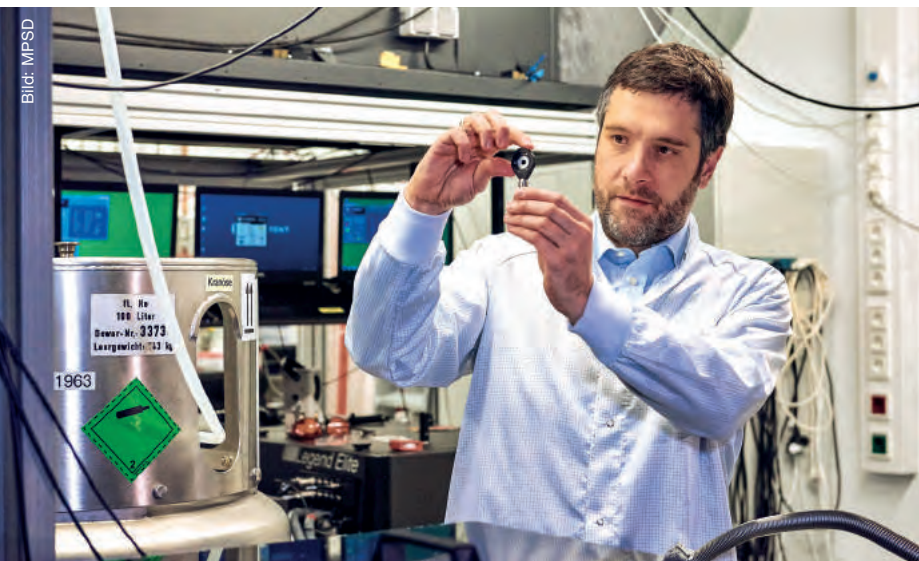
rasch wieder vorbei sind.“ Unter anderem ist sein Team den Ursprüngen eines faszinierenden physikalischen Phänomens auf der Spur, der Supraleitung. Bei ihr kann elektrischer Strom vollkommen verlustfrei fließen – vorausgesetzt, man kühlt das supraleitende Material auf tiefe Temperaturen ab, zum Teil bis in die Nähe des absoluten Nullpunkts bei minus 273 Grad Celsius.

Seit Jahrzehnten schon versuchen Physiker, Materialien zu finden, die bei möglichst hohen

Temperaturen supraleitend sind. Zwar konnten sie schon manche Erfolge erzielen. Doch von ihrem Traum, ein Material zu finden, das ganz ohne Kühlung seinen elektrischen Widerstand verliert, sind sie noch ein gutes Stück entfernt. Ein solcher Raumtemperatur-Supraleiter hätte großes technisches Potenzial, etwa für einen effizienten Stromtransport über große Distanzen. Anders als die heutigen Materialien müsste er nicht mehr aufwändig gekühlt werden.

Vor einiger Zeit gelang es den MPSD-Physikern tatsächlich, mit Hilfe von ultrakurzen Laserblitzen bestimmte Keramikmaterialien bei Raumtemperatur supraleitend zu machen – allerdings nur für wenige millionstel Mikrosekunden. „Das Laserlicht kann jene mikroskopischen Prozesse aktivieren, die für die Supraleitung verantwortlich sind“, erläutert Cavalleri. Analysen mit einem Röntgenlaser lieferten eine Erklärung: Demnach führen die Laserblitze zu kurzzeitigen Verschiebungen des Kristallgitters und stärken dadurch die Supraleitung – eine Erkenntnis, die das theoretische Verständnis des Phänomens verbessert und künftig zur Entwicklung neuer, besserer Materialien beitragen könnte.

„Wir arbeiten intensiv mit anderen Einrichtungen auf dem Campus in Bahrenfeld zusammen, etwa mit CFEL, DESY und dem Zentrum für Optische Quantentechnologien der Uni Hamburg“, betont Cavalleri. „Es gibt einen regen Austausch von Ideen und Personal, etwa bei der Entwicklung innovativer Lasertechniken und neuer theoretischer Konzepte.“



Andrea Cavalleri ist Direktor der Abteilung Dynamik kondensierter Materie am MPSD.

Doppelt exzellent!

Mit der Exzellenzstrategie fördern Bund und Länder herausragende Kooperationen von Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Gleich vier solche Exzellenzcluster hat die Universität Hamburg in der jüngsten Runde des Wettbewerbs gewonnen, an zwei von ihnen ist DESY maßgeblich beteiligt. Insbesondere mit ihren Exzellenzclustern hat die Universität Hamburg den Titel der Exzellenzuniversität erworben.

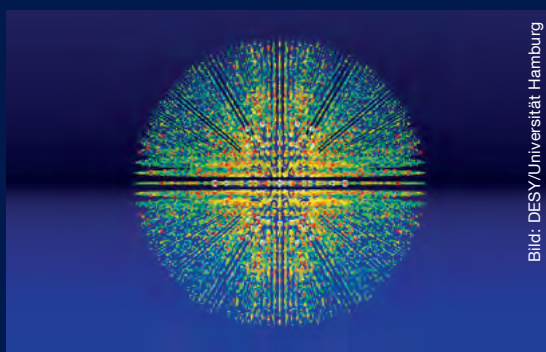


Bild: DESY/Universität Hamburg

Tanz der Moleküle

Auf ihrer elementaren Skala – der Größenordnung von Atomen und Molekülen – kann die Natur überaus komplex sein. Unzählige Bausteine wechselwirken miteinander, die Prozesse geschehen unvorstellbar schnell und spielen sich im Bereich von Femtosekunden (billiardstel Sekunden) ab. Je detaillierter sich dieser dynamische „Tanz“ beobachten lässt, umso besser lässt sich das Verhalten von Materie verstehen.

Heute stehen unter anderem bei DESY Werkzeuge zur Verfügung, die einen genauen Blick auf diese Prozesse erlauben – spezielle Laseranlagen wie etwa der European XFEL erzeugen ultrakurze Blitze, mit denen sich das Geschehen auf der mikroskopischen Bühne präzise verfolgen lässt. Seit Januar 2019 geht der Exzellenzcluster „Advanced Imaging of Matter“ dem Ziel nach, diese Werkzeuge zu verfeinern, neue Methoden für detaillierte Untersuchungen des Mikrokosmos zu entwickeln und die Dynamik auf allen Zeitskalen zu untersuchen. Im Zentrum steht die Frage, wie das mikroskopische Geschehen die Eigenschaften eines Materials prägt und wie man auf der Basis dieses Wissens neuartige Funktionen schaffen könnte. Beteiligt sind die Universität Hamburg, das Max-Planck-Institut für Struktur und Dynamik der Materie, European XFEL und DESY.



Bild: DESY/Universität Hamburg

Frühe Entwicklung des Kosmos

Das Universum entstand vor etwa 13,8 Milliarden Jahren mit dem Urknall. Doch wie sich der Big Bang im Detail abspielte, ist nach wie vor rätselhaft. Der Erforschung des frühkindlichen Kosmos widmet sich seit Januar 2019 der Exzellenzcluster „Quantum Universe“, an dem die Universität Hamburg sowie DESY beteiligt sind.

Das heutige, große Universum folgt den Regeln von Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie. Doch zu Anbeginn der Zeit war der Kosmos derart klein, dass zusätzlich auch Quantenphänomene eine dominierende Rolle gespielt haben müssen. Das Problem: Eine „Quantengravitation“, die Einsteins Relativitätstheorie mit der Quantentheorie verknüpft, gibt es noch nicht. Der Exzellenzcluster sucht auf mehreren Wegen nach der Annäherung an eine solche Theorie – unter anderem gilt die Stringtheorie als ein aussichtsreicher Kandidat. Ein Fokus ist das 2012 nachgewiesene Higgs-Teilchen, dessen präzise Untersuchung Rückschlüsse auf fundamentale Fragen ermöglicht. Ein anderer ist die ominöse Dunkle Materie, die eine Schnittstelle zwischen Kosmologie und Teilchenforschung bildet und womöglich aus unentdeckten Teilchen besteht. Auch Gravitationswellen könnten einen Blick ins junge Universum und auf die dort geltenden Gesetze erlauben.

Das Daten-Dorado

Für die stetig steigende Datenflut braucht man speziell ausgebildete Fachkräfte und ein Zentrum, das die Computerwissenschaften zusammenführt

Bild: Heiner Müller-Eisner

Immer schärfere Aufnahmen, immer größere Bilddateien. Das kennt man von Digital- und Smartphone-Kameras: Galt bei frühen Modellen eine Dateigröße von einigen hundert Kilobyte als beachtlich, sind heute zig Megabyte für ein einziges Bild gang und gäbe. Grund ist die rasante technische Entwicklung: Sowohl Kamera- als auch Speicherchips sind mit den Jahren immer leistungsfähiger geworden.

Diesen Trend gibt es auch in der Forschung – und zwar bei wissenschaftlichen Kameras, sogenannten Detektoren. Beim Riesenbeschleuniger LHC in Genf zeichnen sie auf, was beim Zusammenstoß ultraschneller Teilchen passiert. An Röntgenlasern wie dem European XFEL in Hamburg machen sie hochauflösende Röntgenaufnahmen. Und in Teleskopen schnappen sie selbst das schwächste Sternenfunkeln auf. „Unsere Detektoren werden immer besser und liefern immer größere Dateien“, sagt Nina

Rohringer, Leitende Wissenschaftlerin bei DESY. „Die Folge ist eine stetig steigende Datenflut, die verarbeitet und ausgewertet werden muss.“

Genau das stellt die Forschung vor ein Problem: Viele Wissenschaftler verfügen gar nicht über das Fachwissen, um diese „Big Data“, diese gewaltigen Datenmengen, schnell und effizient zu bewältigen. „Dafür braucht es neue Programme und Algorithmen, die beispielsweise die Daten bereits während des Experiments auswerten“, erläutert Rohringer. An Röntgenlasern etwa müssen die Messwerte während des Versuchs verarbeitet werden, um zu prüfen: Läuft das Experiment wie geplant, oder sollte man etwas korrigieren?

Für die Entwicklung solcher Software braucht es ausgewiesene Fachkräfte, die sich sowohl mit den physikalischen Methoden auskennen, als auch fundierte Informatikkenntnisse haben. Um sie auszubilden, koordiniert Nina Rohringer eine neue Graduiertenschule namens

„Data Science in Hamburg – Helmholtz Graduate School for the Structure of Matter“, kurz DASHH. Neben DESY sind als Hauptpartner die Universität Hamburg sowie die TU Hamburg beteiligt.

„DASHH soll wissenschaftlich motiviertem Nachwuchs ein gutes Umfeld für eine Promotion bieten“, erklärt Rohringer. Die für 15 Studierende pro Jahr ausgelegte Graduiertenschule ist interdisziplinär und deckt die Themenfelder Strukturbio-logie, Teilchenforschung und Physik mit Röntgenstrahlungsquellen ab. „Diese unterschiedlichen Bereiche nutzen zum Teil dieselben Methoden“, erklärt die Physikerin. „Dieselben Softwareverfahren, die sich in der Teilchenforschung bewährt haben, können auch für die Strukturbio-logie oder die Astrophysik hilfreich sein.“

Alle DASHH-Promovierenden werden von je zwei Fachleuten betreut – einer aus dem Bereich Informatik oder Mathematik, einer aus der Physik oder Biologie. Hinzu

kommen Seminare und Kolloquien über zahlreiche Themen der Datenwissenschaften, zum Teil in Kooperation mit der Helmholtz Information & Data Science Academy (HIDA). „Es gab viele Bewerbungen, auch aus dem Ausland,“ freut sich Rohringer. „Unsere Absolventen dürften sehr gefragt sein, etwa als Datenspezialisten in Forschungseinrichtungen.“

Doch nicht nur der Wissenschaftsnachwuchs, sondern auch das etablierte Forschungspersonal profitiert von der neuen Graduiertenschule. Vor Beginn des Programms habe sie kaum Kollegen aus den Mathe- und Informatikfachbereichen der beiden Partneruniversitäten gekannt, erzählt Nina Rohringer. „Aber bei den Gesprächen haben wir schnell gemerkt, dass es viele Synergien geben könnte, wenn wir künftig zusammenarbeiten. Das ist einfach großartig.“

Die Folge: ganz neue Impulse für Rohringers Forschung. So initiierte sie mit einer Uni-Mathematikerin ein gemeinsames Projekt, bei dem eine Software entwickelt wird, die zwei verschiedene Röntgenmessmethoden gleichzeitig verarbeiten und auswerten kann.

Im DESY-Rechenzentrum laufen die Datenströme von Experimenten auf dem Campus, aber auch am European XFEL und am CERN zusammen.

„Durch die Graduiertenschule haben wir nun eine bessere Anknüpfung an die Uni und die TU“, sagt Rohringer. „Es gibt einen regen Austausch – und für mich einen wirklichen Mehrwert.“

Künftig könnte die Graduiertenschule in einen größeren Rahmen eingebettet sein: Im Rahmen seiner „Strategie 2030“ plant DESY mit dem Center for Data and Computing in Natural Sciences (CDCS) ein Zentrum, das die Computerwissenschaften auf dem Campus stärken soll. „Unsere Mission ist, stärker als bisher interdisziplinär zu arbeiten“, erläutert Volker Gülzow, Leiter der IT-Abteilung von DESY. „Wir wollen Forscher, die mit Anlagen wie PETRA III, dem European XFEL oder dem LHC arbeiten, mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus der Informatik und der Mathematik zusammenbringen.“

Auch beim CDCS geht es darum, möglichst effektiv mit den stetig wachsenden Datenmengen in der Wissenschaft umzugehen. Wie zum Beispiel lassen sich in einem regelrechten Messwert-Wust die relevanten Signale aufspüren? „Um die riesigen Datenmengen aus den Experimenten, aber auch aus



Bild: Gesine Born

»Unsere Absolventen dürften sehr gefragt sein, etwa als Datenspezialisten in Forschungseinrichtungen«

Nina Rohringer, DESY

dem Betrieb der Beschleuniger zu analysieren, braucht es schnelle Algorithmen, etwa aus den Bereichen maschinelles Lernen und automatische Bilderkennung“, sagt Gülzow. Um diese innovativen Software-Instrumente zu entwickeln, soll das CDCS Fachleute aus verschiedenen Fakultäten zusammenbringen – und zwar in einem neuen, eigens für die Zusammenarbeit konzipierten Gebäude.

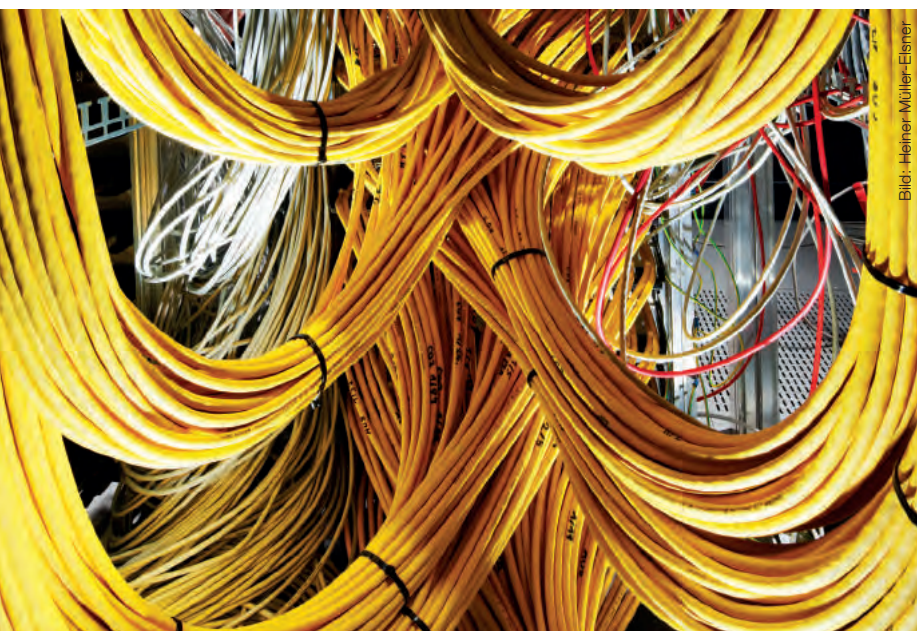


Bild: Heiner Müller-Eisner

»Unsere Mission ist, stärker als bisher interdisziplinär zu arbeiten«

Volker Gülzow, DESY

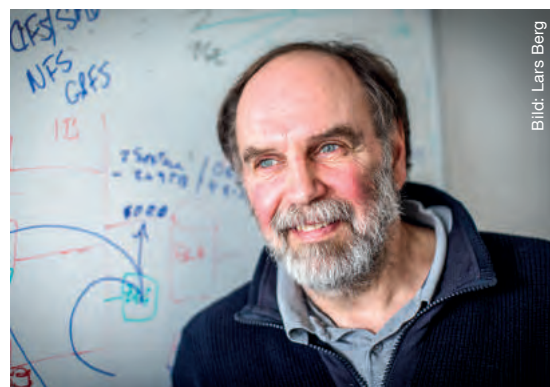


Bild: Lars Berg

Die Big Bang Theorie

Im Wolfgang Pauli Centre werden mathematische Modelle für die theoretische Physik entwickelt

Die meisten Physikerinnen und Physiker wollen der Natur mit mehr oder minder aufwändigen Versuchsaufbauten auf die Schliche kommen: Sie spähen durch Mikroskope, blicken mit Observatorien ins All oder jagen winzige Teilchen durch riesige Beschleuniger. Andere dagegen setzen auf Bleistift, Papier und Computer: Die Theoretiker unter den Physikern entwerfen mathematische Modelle, die unsere Welt in Zahlen und Formeln fassen sollen. Ihr bekanntester Vertreter war Albert Einstein – seine Relativitätstheorie gilt nach wie vor als tragende Säule der modernen Physik.

Beide Zweige können nicht ohne einander: Oft geben die Theoretiker den Experimentalphysikern die entscheidenden Hinweise, wonach sie überhaupt suchen könnten. Umgekehrt dienen handfeste Messdaten als Nagelprobe für physikalische Theorien: Manch schlüssiges Modell hat sich schon in Wohlgefallen aufgelöst, weil es den Ausgang von Experimenten falsch vorhersagte.

DESY und die Universität Hamburg haben eine lange Tradition in der theoretischen Physik: So entwickeln und verfeinern die Fachleute seit Jahrzehnten grundlegende Modelle der Teilchenforschung und der Kosmologie. Seit einiger Zeit aber kommen neue Bereiche hinzu: „Die theoretische Physik erlebt in Hamburg einen Aufschwung“, erklärt DESY-Physiker Volker Schomerus. „Es gibt neue Themen beispielsweise im Umfeld der Laserphysik, der Quantenoptik oder der theoretische Chemie.“

Um diesem Trend Rechnung zu tragen, gründete DESY 2014 gemeinsam mit der Universität Hamburg das Wolfgang Pauli Centre für theoretische Physik. Seine Mission: Es soll einen Rahmen schaffen, um die verschiedenen Aspekte des Fachs unter einem Dach zusammenzufassen. „In der theoretischen Physik ist der Transfer von Ideen und Methoden besonders wichtig“, sagt Schomerus. „Häufig stellt man fest, dass Methoden aus einem Bereich auch in anderen Feldern Anwendung finden können.“

»Wir wollen das Zentrum zu einem der weltweit führenden Institute für theoretische Physik entwickeln und dadurch eine für Europa einzigartige Institution schaffen«

Volker Schomerus, DESY

Ein Beispiel ist das Studium sogenannter Phasen. Ähnlich wie die Phasenzustände „fest“, „flüssig“ und „gasförmig“ kennt die Physik weitere, exotischere Materiezustände – die topologischen Phasen. Diese finden sich in Festkörperphysik und Chemie, sind aber auch für den frühen Kosmos und die Teilchenforschung relevant. „Diese Materiezustände verhalten sich anders als gewohnt und gehorchen neuen Regeln“, erklärt Schomerus. „Sie mathematisch zu beschreiben, ist sehr anspruchsvoll.“ Erforscht werden sie unter anderem in den beiden Exzellenzclustern „Quantum Universe“ und „Advanced Imaging of Matter“.

Ein weiteres Beispiel sind die sogenannten Tensor-Netzwerke, ursprünglich entwickelt im Bereich der Quantenoptik. Dahinter verbirgt sich eine neue Weise, wie man Informationen über die Zustände eines Quantensystems möglichst effektiv verpacken kann. Im Wolfgang Pauli Centre ergänzen sich verschiedene Bereiche: Die Stringtheorie – ein aus der Teilchenforschung bekanntes Modell – beschäftigt sich erfolgreich mit der Frage,

was passiert, wenn Information in ein Schwarzes Loch fällt – ein Problem, das schon den berühmten Stephen Hawking umtrieb. Die dabei entwickelten Ideen und Konzepte können wiederum für ein anderes Feld nützlich sein – die Entwicklung von Algorithmen für den Quantencomputer, eine künftige und vermutlich überaus mächtige Rechnergeneration. „Das Institut für Quantenoptik der Uni Hamburg arbeitet an den Bauelementen eines solchen Quantencomputers“, sagt Volker Schomerus. „Und Teilchentheoretiker können Algorithmen entwickeln, die auf solchen Systemen tatsächlich laufen.“

In den kommenden Jahren soll das Wolfgang Pauli Centre deutlich erweitert werden. „Wir wollen das Zentrum zu einem der weltweit führenden Institute für theoretische Physik entwickeln und dadurch eine für Europa einzigartige Institution schaffen“, betont Schomerus. Konkret heißt das: Aus dem virtuellen Institut soll ein reales werden. Geplant ist ein neues Gebäude, das ab 2024 als zentrale Anlaufstelle für die Fachleute fungieren soll – und als Schmelztiegel für neue Ideen.



Joachim Mnich

Direktor für den Bereich Teilchenphysik

» Unser Universum stellt uns auch heute noch vor große Rätsel: Was ist Dunkle Materie? Wo ist die Antimaterie? Was genau ist der Ursprung der Massen von Elementarteilchen? Was ist der gemeinsame Ursprung aller fundamentalen Kräfte? Unsere Teilchenphysikerinnen und Teilchenphysiker arbeiten an vorderster Front an den großen Experimenten weltweit und an theoretischen Modellen. Dank seiner hervorragenden Infrastruktur und Expertise ist DESY das nationale Labor für Teilchenphysik und ein gefragter Partner in internationalen Kooperationen. «



Bild: Heiner Müller-Elsner

» Das Institut für Quantenoptik der Uni Hamburg arbeitet an den Bauelementen eines Quantencomputers, und Teilchentheoretiker können Algorithmen entwickeln, die auf solchen Systemen tatsächlich laufen «

Volker Schomerus, DESY



Bild: Gesine Born

Die Vielseitige

Erika Garutti entwickelt Detektoren, deren Einsatzgebiete von der Erkundung des Universums bis hin zur Krebsdiagnose reichen

Immer wenn Erika Garutti in ihr neues Labor will, muss sie eine massive Wand aus Stahlbeton passieren, rund drei Meter dick. Im Inneren des Bunkers steht ein zweiter Bau – ein Kubus mit einer wuchtigen Metalltür als Zugang. Die Physikprofessorin der Universität Hamburg stemmt sie auf und zeigt auf die Wände: „Da sind feine Kupfernetze eingelassen, sie schirmen jegliche elektromagnetische Strahlung ab“, erklärt sie und lacht: „Wir sind hier im ruhigsten Raum Hamburgs.“ Denn ein Handy wird hier niemals bimmeln – die Funkwellen kommen schlicht nicht durch.

SHELL, Shielded Experimental Hall, so heißt der Forschungsbunker auf dem Campus in Bahrenfeld. Sein Innenleben ist komplett neu, finanziert durch den Exzellenzcluster „Quantum Universe“ der Universität Hamburg. Für Garuttis Experiment bietet er beste Voraussetzungen: Mit MADMAX möchte ein internationales Team das Axion aufspüren, ein bislang hypothetisches Teilchen. Der winzige Sonderling könnte hinter einem der größten Rätsel der Physik stecken, der Dunklen Materie. Gemäß der gängigen Meinung hält diese die Galaxien zusammen und hat zudem die Entwicklung des Universums ent-

scheidend geprägt. Nur: Woraus Dunkle Materie besteht, ist völlig unklar. Theoretiker haben mittlerweile Dutzende von Kandidaten vorgeschlagen. Eines davon ist das Axion – und MADMAX könnte es in einigen Jahren aufspüren.

»Motoren, die so etwas schaffen, müssen erst noch entwickelt werden«

Erika Garutti, Universität Hamburg

„Als ich von dem Projekt hörte, dachte ich: Das ist mein Ding, da könnte ich doch mitmachen“, erinnert sich Garutti. „Dummerweise hatte ich missverstanden, dass es dabei nicht um eine mir vertraute Detektorart ging, sondern um eine ganz andere.“ Doch sie nahm die Herausforderung an – und entwickelt nun mit ihrem Team einen Detektor, der die Geisterteilchen aufspüren soll. Das Kalkül: In insgesamt 80 Scheiben aus einem Material namens Lanthan-Aluminat, eingesetzt in einen luftleer gepumpten Tank und gekühlt auf Weltraumtemperaturen, könnten sich unter

Einfluss eines starken Magnetfelds Axionen in Mikrowellen verwandeln. Der Nachweis dieser extrem schwachen Mikrowellen soll durch spezielle Radioantennen erfolgen – eine messtechnische Herausforderung.

»Wir sind hier im ruhigsten Raum Hamburgs«

Erika Garutti, Universität Hamburg

„Wir müssen die sechs Kilogramm schweren Scheiben im Vakuumtank bis auf zehn Mikrometer genau positionieren“, erläutert Garutti. „Motoren, die so etwas schaffen, müssen erst noch entwickelt werden.“ Die Technik ist so anspruchsvoll, dass sie die Fachleute zunächst mit einem kleinen Prototyp testen wollen. Garutti öffnet eine Schublade und holt eine der Testscheiben heraus, groß wie eine Schallplatte. „Ende 2020 wollen wir sie in diesem Raum erproben, danach folgen weitere Tests am CERN in Genf“, erläutert sie. „Das eigentliche, große Experiment soll dann bei DESY in der unterirdischen Halle des ehemaligen HERA-Beschleunigers aufgebaut werden und könnte ab 2025 loslegen.“ Damit wird Hamburg zum regelrechten Axionzentrum: Neben MADMAX sollen in den kommenden Jahren weitere Experimente auf die Geisterteilchen lauern, darunter das DESY-Experiment ALPS II.

Dann kommt Erika Garutti auf ihre weiteren Projekte zu sprechen. Derzeit entwickelt ihr Team spezielle Siliziumzähler für den CMS-Detektor am CERN. Der steht am LHC, dem größten Beschleuniger der Welt, und analysiert, ob sich bei den Kollisionen ultraschneller Protonen exotische Teilchen bilden, etwa das Higgs-Boson. In den kommenden Jahren wird der LHC darauf getrimmt, deutlich mehr Kollisionen und damit mehr Messdaten zu liefern. Im Zuge dessen muss auch der CMS-Detektor hochgerüstet werden, etwa durch leistungsfähigere Siliziumzähler, die die Flugbahnen der bei den Kollisionen entstehenden Teilchen vermessen. „Zurzeit erproben wir unsere Neuentwicklung an einem Teststrahl hier bei DESY“, berichtet Garutti. „2026 soll der runderneuerte CMS-Detektor dann loslegen.“

Doch die Detektortechnik, an der die Physikerin feilt, soll nicht nur der reinen Grundlagenforschung dienen, sondern auch der Medizin: Gemeinsam mit Ärzten und Biochemikern hat Garuttis Team in einem EU-Projekt die Basis

für ein neuartiges Endoskop geschaffen. Es soll zwei bildgebende Techniken miteinander verknüpfen – Ultraschall und PET (Positronen-Emissions-Tomographie). Eines Tages könnte die Technik helfen, Tumoren der Bauchspeicheldrüse minimalinvasiv zu operieren: Per Ultraschall ließe sich das Endoskop im Körper navigieren, mit PET könnte man Krebszellen aufspüren. „Je näher der PET-Detektor an der Bauchspeicheldrüse ist, umso genauer lässt sich ein Tumor erkennen und lokalisieren“, erläutert Garutti.

Basierend auf der Siliziumzähler-Technik entwickelte ihr Team einen miniaturisierten PET-Detektor. „Der Prototyp funktioniert, das Prinzip ist machbar“, sagt Garutti. „Was aber noch nicht gelang, war der Einbau des PET-Detektors in ein Ultraschall-Endoskop – das müsste eine Firma übernehmen.“ Zwar zeigten mehrere Endoskophersteller Interesse, wollten sich dann aber doch nicht auf die für sie ungewohnte PET-Technologie einlassen. Dennoch fanden einige der Projektergebnisse ihren Weg auf den Markt – zum Beispiel neue Biomarker, die spezifisch an Bauchspeicheldrüsen-Tumore binden. Und spezielle Auslesechips für Siliziumzähler, die heute in diversen Laboren zum Einsatz kommen und von einer eigens gegründeten Spin-off-Firma vermarktet werden. Auch die Grundidee eines neuartigen Endoskops ist für Erika Garutti noch nicht vom Tisch. „Die Mediziner sind nach wie vor sehr interessiert“, sagt sie. „Und ich glaube nach wie vor, dass die Industrie die Sache eines Tages aufgreifen wird.“

Das Compact Muon Solenoid (CMS) ist einer der beiden gigantischen Teilchendetektoren am LHC, mit denen das Higgs-Boson entdeckt worden ist.

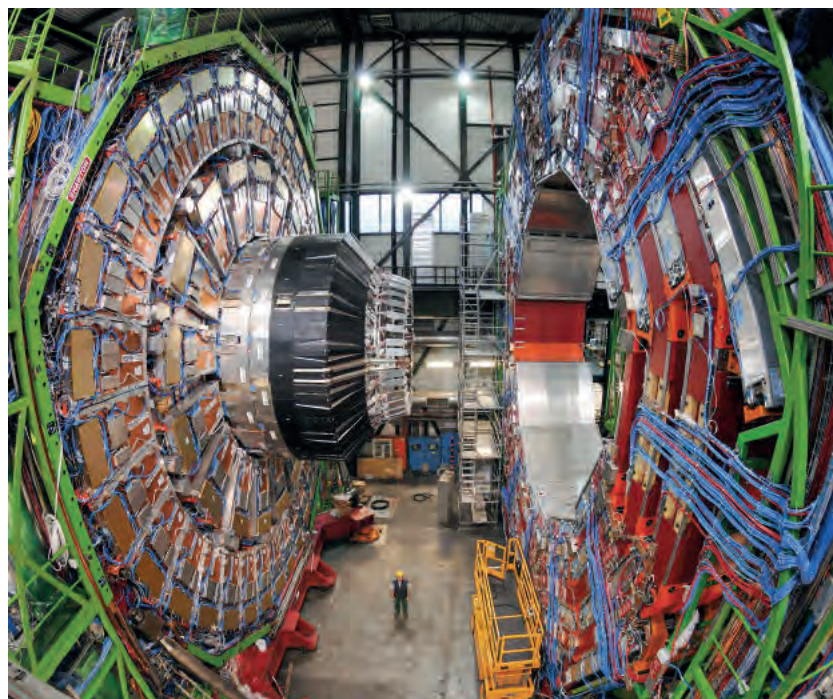


Bild: CERN

Zentrum für Axionenforschung



Mit dem Experiment ALPS II versuchen Physiker, künstlich Axionen zu erzeugen und nachzuweisen.

Bild: Science Communication Lab

MADMAX soll Axionen mit Lanthan-Aluminat fangen.



Bild: Universität Hamburg, Kervin Saint-Pere



Bild: Universität Hamburg, Kervin Saint-Pere

BRASS lauert auf Terahertzwellen, die aus Axionen entstehen.

Ein noch unentdecktes Teilchen könnte eines der größten Rätsel der Physik klären: Manche Theoretiker vermuten, dass das Axion hinter der rätselhaften Dunklen Materie steckt. Diese ist im Universum über fünfmal häufiger als die uns vertraute Materie und hält offenbar durch ihre Gravitation die Galaxien zusammen. Sollte es das Axion tatsächlich geben, könnte es in Unmengen das Weltall bevölkern und die Dunkle Materie bilden. Auf dem Forschungscampus Bahrenfeld wollen künftig mehrere Experimente versuchen, die Existenz des hypothetischen Exoten zu beweisen. Dadurch wird Hamburg zu einem ausgewiesenen Zentrum für Axionenforschung. Eines dieser Experimente ist ALPS II, es wird derzeit im unterirdischen Tun-

nel des ehemaligen HERA-Beschleunigers aufgebaut. Basis sind 24 alte, speziell präparierte Magneten aus HERA, aneinandergereiht auf einer Strecke von 300 Metern. Das Prinzip: Durch zwölf dieser Magneten läuft ein hochpräziser Laserstrahl und wird von Spiegeln hin und her reflektiert. In diesem Magnetfeld könnte – so die Hoffnung – gelegentlich ein Axion entstehen. Dieses wäre in der Lage, durch eine lichtdichte Wand zu geistern, hinter der die anderen zwölf Magneten stehen. In deren Feld könnte sich das Axion dann wieder in Licht zurückverwandeln, was hochempfindliche Detektoren registrieren sollen. 2021 soll die Datennahme starten. Würde ALPS II fündig werden, entspräche das einer Sensation:

Erstmals wäre ein Teilchen jenseits des Standardmodells der Physik aufgespürt. Zwei weitere Axionenexperimente werden im neuen SHELL-Labor der Universität Hamburg vorbereitet. Durch seine drei Meter dicken Betonwände ist es weitgehend gegen Störungen von außen abgeschirmt. In einem der beiden Innenräume steht der Teststand für MADMAX, das dem Axion mit Hilfe von Scheiben aus einem Material namens Lanthan-Aluminat auf die Schliche kommen will. Im Nachbarraum wird derzeit das BRASS-Experiment aufgebaut. Basis sind Reflektoren mit zweieinhalb Metern Durchmesser, eingebaut in Kammern mit zum Teil magnetischen Wänden. Das Kalkül: Trifft ein Axion auf so eine Wand, könnte es sich in eine elektromagnetische Welle im Giga- und Terahertzbereich umwandeln. Dank seiner großen Fläche könnte der Reflektor dann mehrere dieser Wellen gleichzeitig registrieren und sie auf einen hochempfindlichen Detektor bündeln, der die Wellen nachweist – mit einer Technik, die aus der Radioastronomie kommt. Um die Messempfindlichkeit zu erhöhen, sollen mehrere dieser Kammern parallel betrieben werden.

Außerdem tüfteln DESY-Fachleute bereits mit an den Plänen für ein weiteres Experiment, das International Axion Observatory (IAXO). Es soll dem Tagesverlauf der Sonne folgen und dadurch Axionen aufspüren, die womöglich in der Sonne entstehen. Ein Prototyp namens babyIAXO könnte bereits in einigen Jahren seinen Betrieb aufnehmen.



Bild: KEK

Präzisionsarbeit: Ein internationales Forschungsteam installiert den Vertexdetektor in der „Antimaterie-Suchmaschine“ Belle II in Japan.

Detektorentwicklung bei DESY

Detektoren zählen zu den wichtigsten Werkzeugen der Teilchenphysik. Sie beobachten, was bei den Kollisionen in einem Beschleuniger geschieht, und können exotische Teilchen wie das Higgs-Boson nachweisen. DESY entwickelt wichtige Komponenten für ATLAS und CMS, die größten Detektoren am LHC in Genf. Beide „Teilchenkameras“ werden in den kommenden Jahren hochgerüstet, um deutlich mehr Messdaten liefern zu können. Konkret fertigt DESY die sogenannten Endkappen – gut zwei Meter große Komponenten mit Tausenden von Einzelsensoren. Um sie montieren und testen zu können, wurde jüngst die Detector Assembly Facility (DAF) eröffnet. Sie besteht aus zwei Gebäuden mit hochmodernen Reinräumen. Zunächst soll die DAF der Erweiterung von ATLAS und CMS dienen, später dann zur Entwicklung neuer Hochleistungsdetektoren beitragen.

An einem weiteren Beschleunigerexperiment ist DESY ebenfalls beteiligt: In Japan startete im März 2019 das Messprogramm von Belle II. Der Detektor befindet sich am SuperKEKB-Beschleuniger, der ungeheure Mengen an sogenannten B-Mesonen erzeugt. Belle II beobachtet, wie diese kurzlebigen Teilchen zerfallen. Daraus erhoffen sich die Fachleute Antworten unter anderem auf eine der spannendsten Fragen der Physik: Warum scheint es im All viel mehr Materie als Antimaterie zu geben?

Im Zentrum von Belle II steckt der Vertexdetektor. Er misst, wo genau die bei den Kollisionen erzeugten Teilchen entstehen. Sein innerer Teil ist in Deutschland entwickelt worden – ein hochempfindlicher Pixeldetektor von der Größe einer Coladose, der vor dem Transport nach Japan ausgiebig bei DESY getestet wurde.

Das Drehkreuz für Astroteilchenphysik

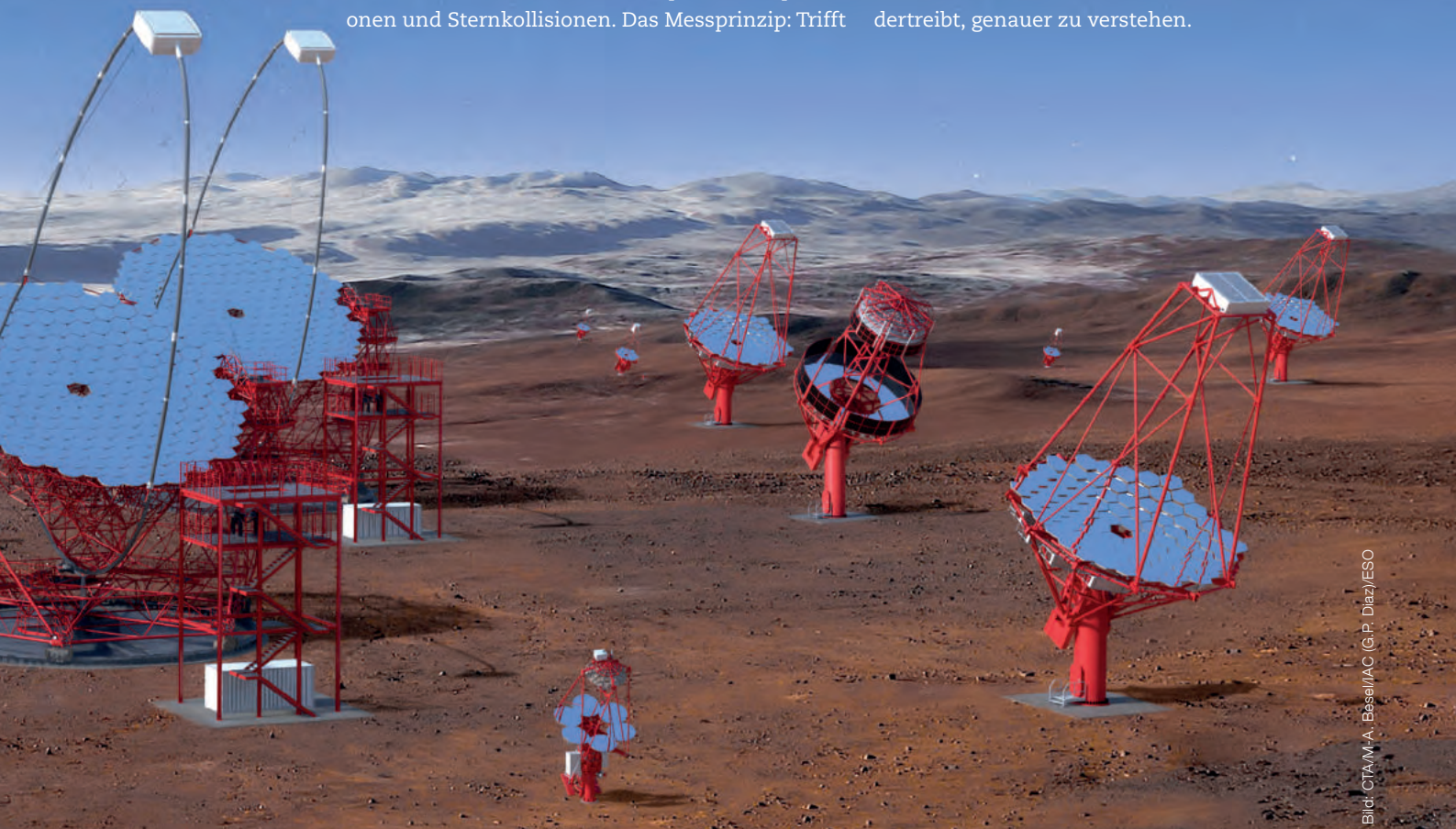
Am DESY-Standort in Zeuthen bei Berlin fahnden Forscher nach „kosmische Boten“, die neue Einblicke in unser Universum liefern

Seit Anfang 2019 ist die Astroteilchenphysik bei DESY ein eigener Forschungsbereich. Einen Fokus bilden zwei internationale Großprojekte, an denen vor allem der DESY-Standort Zeuthen nahe Berlin maßgeblich beteiligt ist: In der Antarktis lauert der Riesendetektor IceCube auf Neutrinos aus dem All. Und in Chile sowie auf den Kanaren errichtet ein internationales Team das Cherenkov Telescope Array (CTA), das weltweit größte Observatorium seiner Art.

„CTA soll aus etwa hundert Einzelteleskopen bestehen und Gammastrahlen aus dem All aufspüren“, beschreibt DESY-Physiker Markus Garczarzyk. Gammastrahlen sind extrem hochenergetische elektromagnetischen Wellen und entstehen unter anderem bei Supernova-Explosionen und Sternkollisionen. Das Messprinzip: Trifft

ein Gammablitz auf die Erdatmosphäre, löst er eine Art Teilchenlawine aus. Die wiederum erzeugt schwache blaue Blitze, das Cherenkov-Licht. Mehrere über ein Areal verteilte Teleskope registrieren dieses Licht. Aus den Beobachtungsdaten lässt sich schließen, woher der Gammablitz kam und wie stark er war.

Anhand der Messwerte will das CTA-Team neue Details über Supernova-Explosionen, Doppelsterne und Schwarze Löcher zutage fördern. Welche Mechanismen können Teilchen derart extrem beschleunigen, dass sie so energiereiches Gammalicht aussenden? Außerdem soll das Observatorium nach Spuren von Dunkler Materie fahnden. Und vielleicht kann es dazu beitragen, jene geheimnisvolle Dunkle Energie, die das Universum offenbar immer schneller auseinandertreibt, genauer zu verstehen.



CTA wird aus verschiedenen Teleskoparten bestehen, ein Großteil soll 2025 fertig sein. Die größten haben einen Spiegeldurchmesser von 23 Metern, dazu kommen mittlere und kleine Teleskope, jeweils spezialisiert auf bestimmte Energiebereiche. Um den gesamten Himmel beobachten zu können, sind zwei Standorte vorgesehen – einer auf der Kanareninsel La Palma, der andere in Chile. DESY ist zu einem Viertel Anteilseigner von CTA. Unter anderem ist es für die Entwicklung der Steuerungssoftware und den Bau der 40 mittelgroßen Teleskope verantwortlich. Außerdem wird Zeuthen Sitz des Science Data Management Centre und damit das Tor der wissenschaftlichen Welt zu CTA: Das Zentrum wird die Flut an Beobachtungsdaten aufbereiten und der Wissenschaft zur Verfügung stellen.

Der größte Neutrinodetektor der Welt befindet sich am Südpol, einem unwirtlichen Ort. Für die Detektion von Neutrinos bietet er beste Bedingungen. Neutrinos sind geisterhafte Elementarteilchen, die in Unmengen durchs All rasen, dabei aber kaum mit Materie interagieren. Für die Forschung sind es kosmische Kurier, mit einzigartigen Botschaften im Gepäck. Um sie aufzuspüren, braucht es ein gewaltiges Nachweisgerät – IceCube, eingesetzt in den drei Kilometer dicken Eispanzer am Südpol. Höchst selten stößt ein Neutrino mit einem Atomkern im Eis zusammen. Dann entsteht ein bläuliches Leuchten, das sich im Eis ungehindert ausbreitet. Dort stecken mehr als 5000 basketballgroße Sensoren, verteilt über ein Volumen von einem Kubikkilometer, und fangen die Leuchtsignale ein. >>



Bild: Gesine Born

Christian Stegmann

Direktor für den Bereich Astroteilchenphysik

» Die Astroteilchenphysik hat sich in den vergangenen Jahren aufgrund spektakulärer Forschungsergebnisse zu einem vielversprechenden Forschungsfeld für DESY entwickelt. Insbesondere auf unserem Forschungscampus in Zeuthen vereinigen wir herausragende Expertise in der Neutrino- und Gammastrahlenastronomie sowie in der theoretischen Astroteilchenphysik. Ziel unserer weltweiten Zusammenarbeit ist, die Rolle hochenergetischer Teilchen und Prozesse in der Entwicklung des Kosmos zu verstehen. Wir stehen vor einem goldenen Zeitalter der Astronomie mit verschiedenen kosmischen Boten: Die Kombination von Gammastrahlung, kosmischen Neutrinos und Gravitationswellen bietet uns völlig neue Einblicke in die Ursprünge und die Entwicklung unseres Universums. «



Bild: Heinle Wischer und Partner Freie Architekten GbR Berlin mit Ulrich Krüger Landschaftsarchitekten, Dresden

Der Neubau des CTA Science Data Management Centre wird dem DESY-Campus in Zeuthen ein neues Gesicht geben.

»Dann hätten wir ein Teleskop im Süden und eins im Norden, für die Astronomie wäre das die Idealsituation«

Marek Kowalski, DESY

Die Installation begann 2005 und dauerte bis 2010. Drei Jahre später konnte IceCube die beiden ersten kosmischen Neutrinos registrieren, bis heute sind es mehr als 100. Im September 2017 gelang eine besondere Messung: IceCube hatte ein hochenergetisches Neutrino aufgeschnappt, dessen Herkunftsrichtung sich genau bestimmen ließ. Daraufhin schauten sich Teleskope rund um die Welt diese Region genauer an. Sie entdeckten ein besonderes Objekt – einen Blazar, ein Schwarzes Loch im Sternbild Orion, das ungeheure Mengen an Materie beschleunigt und ins Weltall bläst, darunter Neutrinos.

Damit haben die Forscher nun ein neues Frühwarnsystem zur Verfügung. Es gibt Bescheid, wenn im Universum etwas Spannendes passiert. Kollidierende Sternleichen, Supernova-Explosionen, kosmische Teilchenbeschleuniger – über

solche Extremprozesse sollten die Neutrinos künftig neue Details verraten. Um die Möglichkeiten besser auszuschöpfen, planen die Fachleute eine Ausbaustufe von IceCube. „Sie soll nicht mehr einen Kubikkilometer groß sein, sondern bis zu zehn Kubikkilometer“, erläutert DESY-Physiker Marek Kowalski.

Konkret sollen 10 000 weitere Sensoren im Eis versenkt werden. Damit ließen sich noch energiereichere Neutrinos aufschnappen als bislang. Um 2025 könnte „IceCube-Gen2“ loslegen. Dann soll auch ein zweites Nachweisgerät namens KM3NeT nach Neutrinos lauschen, stationiert im Mittelmeer. Es würde eine andere Himmelsrichtung überwachen als IceCube, beide würden sich ergänzen. „Dann hätten wir ein Teleskop im Süden und eins im Norden“, schwärmt Kowalski. „Für die Astronomie wäre das die Idealsituation.“



IceCube ist unter dem Eis an der Amundsen-Scott-Südpolstation installiert. Hier sammeln und filtern Computer die Daten der Detektoren, bevor sie zur Auswertung weitergeleitet werden.

Bild: Sven Lidström, IceCube/NSF

Der Teilchenjäger

Markus Ackermann reist bis zum Südpol, um nach kosmischen Neutrinos zu fahnden

Ein Ort, der mit nichts zu vergleichen ist.“ Wenn Markus Ackermann an die Antarktis denkt, kommen ihm besondere Erinnerungen in den Sinn. Diverse Male ist der Physiker, der für gewöhnlich am DESY-Standort in Zeuthen arbeitet, ans südliche Ende der Welt gereist, um dort wochenlang zu forschen. Am Südpol betreiben die USA die Amundsen-Scott-Station. Im antarktischen Sommer, von November bis Februar, tummeln sich dort um die 130 Fachleute – Polarforscher, Geowissenschaftler, Klimaexperten und Astrophysiker wie Ackermann. Er zählt zum Team von IceCube, einem riesigen Detektor im antarktischen Eis, der nach kosmischen Neutrinos Ausschau hält.

„Schon die Anreise ist ein Abenteuer“, erzählt er. „Man fliegt über Neuseeland zur McMurdo-Station, einer Art Logistikzentrale der Antarktis.“ Erst nach einer Schulung über das Leben und Überleben in der Antarktis geht's mit einem US-Transportflugzeug weiter zum Südpol. Die Maschinen können die Station nur in den drei Monaten des antarktischen Sommers anfliegen. In den restlichen, dunklen Monaten hält ein Team von Überwinterern die Stellung – und ist komplett auf sich allein gestellt.

Nach der Landung auf der Station muss man sich erstmal akklimatisieren. „Der Südpol liegt auf einer drei Kilometer dicken Eisschicht“, erzählt Ackermann. „Da ist man anfangs schon ein bisschen kurzatmig.“ Ebenfalls gewöhnungsbedürftig: Es ist den ganzen Tag hell, die Sonne steht stets auf gleicher

»Der Südpol liegt auf einer drei Kilometer dicken Eisschicht. Da ist man anfangs schon ein bisschen kurzatmig«

Markus Ackermann, DESY

Höhe. „Dadurch verliert man das Gefühl für die Tageszeit“, so Ackermann. „Die Tag- und Nachtschichten unterscheiden sich durch nichts.“ Außerdem ist die Luft am Südpol so trocken, dass es immer wieder zu statischen Entladungen kommt – man bekommt ständig einen gewischt. Und dann erst die Kälte: Ende Dezember, wenn die Sonne am

höchsten steht, wird es maximal minus 20 Grad warm. Doch immer wieder können die Außentemperaturen auch auf minus 30 oder sogar minus 40 Grad sinken. Bereits kurze Ausflüge in die Schneewüste werden dann zur Strapaze. Und bei bewölktem Wetter verschwimmt die Horizontlinie zwischen Eis und Himmel nahezu komplett. „Das einzige, was man beim Blick in die Ferne dann sieht, ist ein weißes Nichts“, erinnert sich Markus Ackermann. „Nach vier Wochen hatte ich eine große Sehnsucht nach der Farbe Grün – nach einer Umgebung, in der es Pflanzen und Natur gibt.“ Also: So aufregend jeder Forschungstrip zum Südpol sein mochte – schön war auch immer die Rückkehr ins heimische Büro. Das nämlich liegt direkt am malerischen Zeuthener See.



Bild: Gesine Born

Die Möglichmacher

Hunderte von Fachleuten sorgen dafür, dass die DESY-Infrastruktur für den Zukunftscampus optimal aufgestellt ist

DESY ist ein international herausragender Standort für Spitzenforschung und durchläuft eine ausgesprochen spannende und dynamische Entwicklung. Voraussetzung dafür ist eine leistungsstarke Infrastruktur, die den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus aller Welt ein professionelles Umfeld bereitstellt, das von vielfältigem organisatorischem und technischem Support bis hin zu Bibliothek, Kantine und Gästeservice reicht. Die Expertinnen und Experten in Personalmanagement, Wareneinkauf, Bau und Bewirtschaftung von Gebäuden müssen bedarfs- und lösungsorientiert arbeiten und die Herausforderungen eines wachsenden Campus mit vielfältigen Kooperationen und Institutionen bewältigen. DESY ist mit seinen Beschleunigern stets an die

Grenze des technologisch Machbaren vorgestoßen. Dazu werden mit Hilfe der hauseigenen Werkstätten Sonderanfertigungen konstruiert, die von hochspeziellen elektronischen Mess- und Steuergeräten bis hin zu feinmechanischen Präzisionsbauteilen reichen. Entscheidend in allen Bereichen ist zudem eine leistungsstarke IT-Infrastruktur, die auch dem rasant steigenden Datenvolumen wissenschaftlicher Auswertungen gewachsen ist.

Für den Service rund um den Forschungsbetrieb an den beiden Standorten in Hamburg und Zeuthen müssen die Lebens- und Arbeitsbedingungen in allen relevanten Bereichen kontinuierlich auf Verbesserungen überprüft und angepasst werden. Dazu gehören zeitgemäße Labor- und Büroflächen und Aspekte der Nachhal-



»In der Mechanik-Ausbildung bei DESY lerne ich die unterschiedlichsten Fertigungstechniken und werde damit hervorragend auf zukünftige Aufgaben vorbereitet«

Willi Herhold, Mechanik-Werkstatt



»Es ist spannend, bei DESY mit Menschen aus aller Welt zusammenzuarbeiten«

Sandra List, Sekretariat



»Als Einkäufer bei DESY stehe ich täglich vor spannenden und herausfordernden Beschaffungsprojekten«

Stefan Frank, Einkauf und Materialwirtschaft

»Mit unserer Entwicklungs-
 abteilung möchte ich den Campus
 in Zeuthen als Teil von DESY
 zu einem weithin wirkenden
 Forschungsstandort ausbauen«

Stefan Klepser, Bereichsreferent Astroteilchenphysik



»Im DESY-Schülerlabor freue ich mich
 jeden Tag aufs Neue, wenn ich sehe,
 wie sich Kinder und Jugendliche von
 der unglaublich spannenden Welt
 der Forschung begeistern lassen«

Karen Ong, Schülerlabor



tigkeit ebenso wie soziale und familiäre Bedürf-
 nisse von Beschäftigten und Gästen.

Um auch in Zukunft die besten Talente für
 DESY zu gewinnen und die professionellen und
 persönlichen Potenziale der Beschäftigten weiter-
 zuentwickeln, arbeiten Personalentwicklung,
 Fortbildung und Recruitment strategisch Hand
 in Hand. DESY engagiert sich auf verschiedenen
 Ebenen in der Nachwuchsförderung – angefangen
 bei Kindern und Jugendlichen, denen unter ande-
 rem die Schülerlabore in Hamburg und Zeuthen

spannende Einblicke in die Naturwissenschaften
 bieten, bis hin zu einem breiten Spektrum von
 Angeboten für den akademischen Nachwuchs so-
 wie der Möglichkeit, hochqualifizierte Ausbildungen
 in unterschiedlichen gewerblich-technischen
 Berufen zu absolvieren. Gleichzeitig öffnet sich
 DESY fast täglich für interessierte Bürgerinnen
 und Bürger – sei es im Rahmen einer Besucher-
 führung, eines Wissensvortrags oder beim Tag
 der offenen Tür, der alle zwei Jahre zehntausende
 Menschen von DESYs Forschung begeistert.

»Die Gesundheit der Mitarbeiterin-
 nen und Mitarbeiter wird bei DESY
 großgeschrieben«

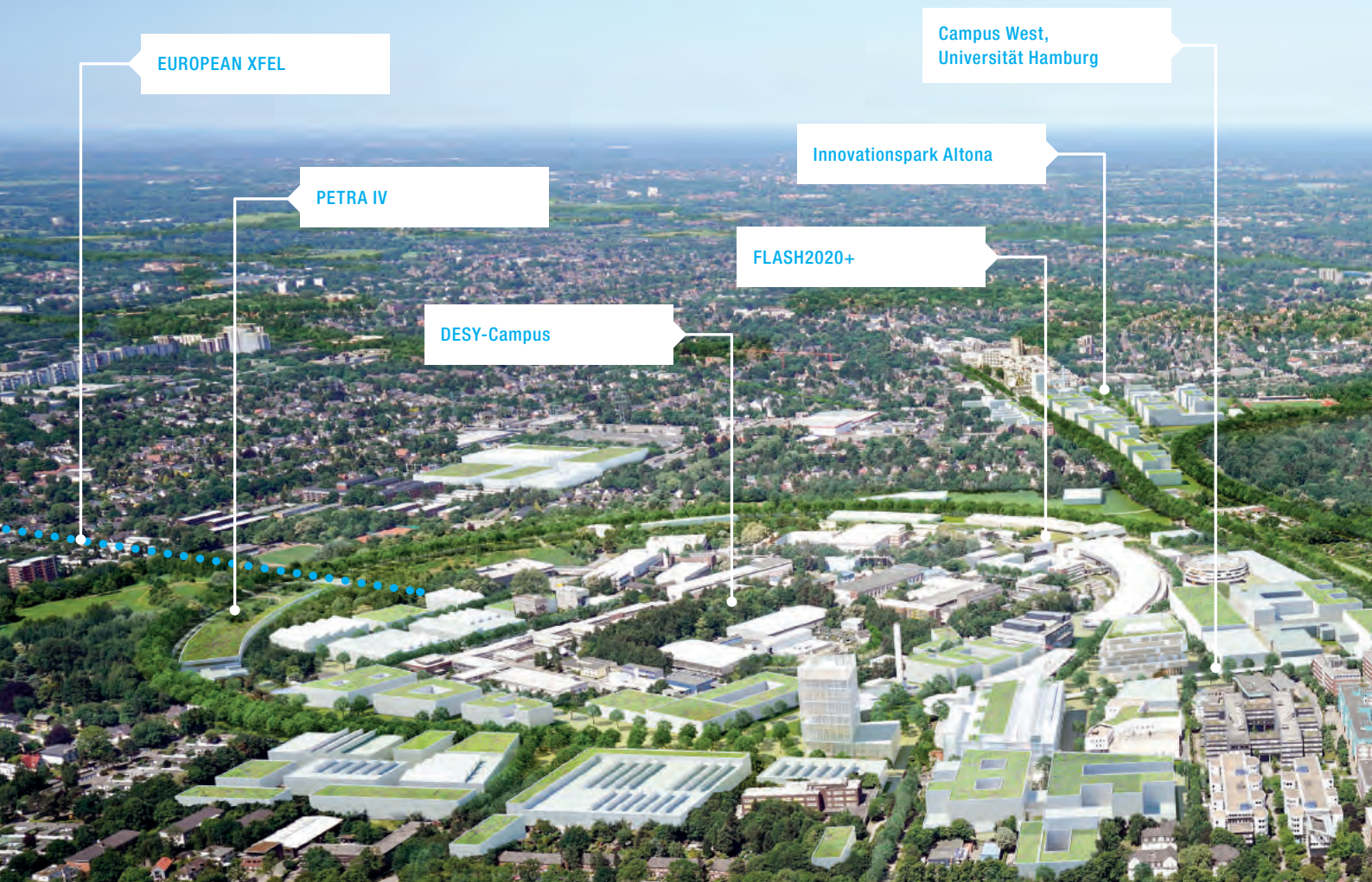
Natascha Peleikis, Gesundheitsmanagement



»An DESY schätze ich die großartige
 Vernetzung mit anderen Laboren in
 Europa und das stark wachsende
 Interesse an EU-geförderten Projekten,
 vor allem unter den jungen Wissen-
 schaftlerinnen und Wissenschaftlern«

Ute Krell, EU-Büro





Die Wissenschaftsstadt

Mit der Science City Bahrenfeld plant die Stadt Hamburg gemeinsam mit DESY und der Universität einen innovativen Stadtteil, der Wissenschaft, Wirtschaft und Lebensqualität verbindet

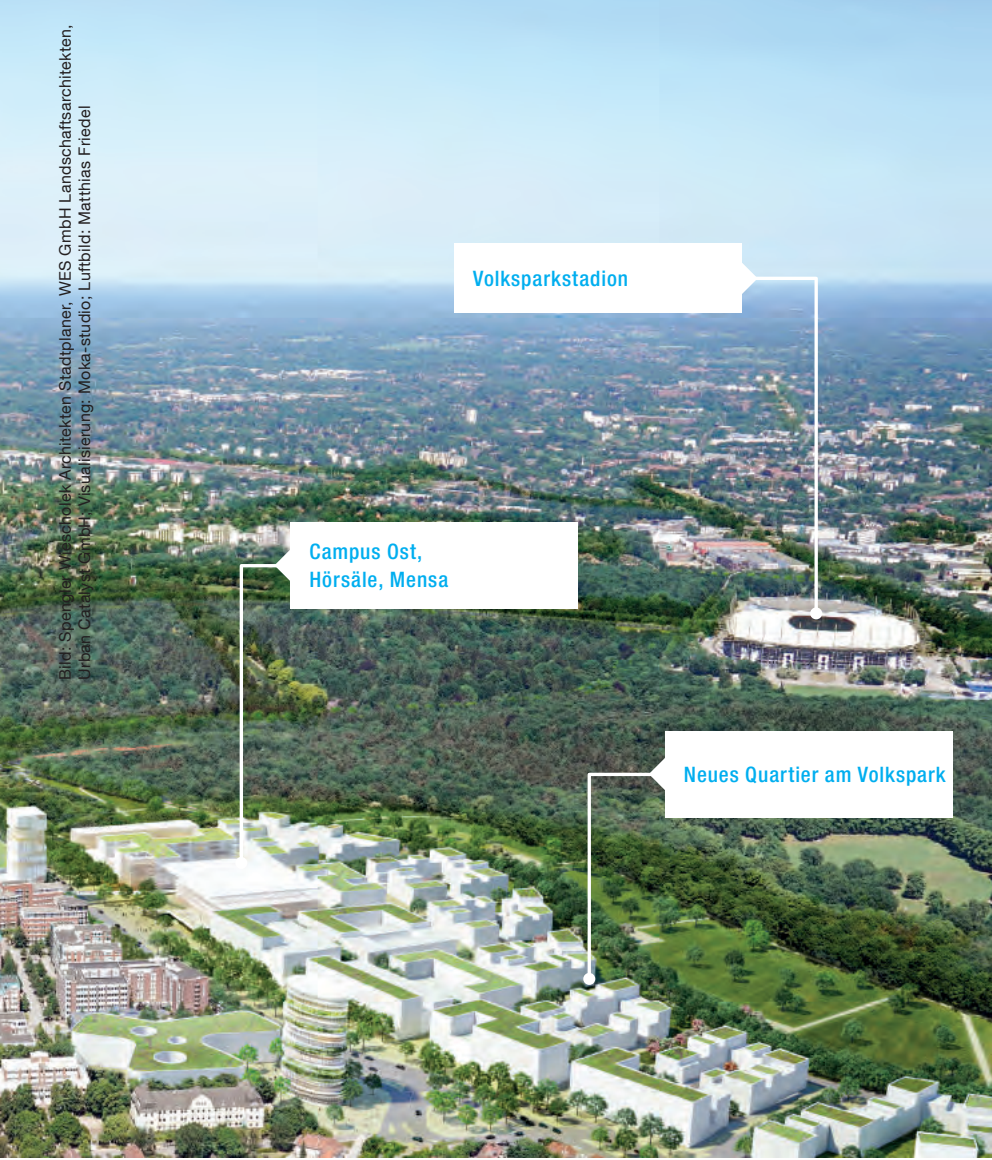
Bereits seit seiner Gründung fungiert DESY erfolgreich als Keimzelle und Partner für Kooperationen. Auf dem Forschungscampus in Bahrenfeld haben sich im Laufe der Zeit verschiedene Institute niedergelassen, unter anderem von der Universität Hamburg und der Max-Planck-Gesellschaft. In Zukunft wird sich diese Entwicklung sogar noch ausweiten: So entsteht derzeit ein Innovationszentrum für Start-ups und Existenzgründer. Es ist ein erster Meilenstein für ein wegweisendes Unterfangen: Innerhalb der kommenden Jahrzehnte soll mit der Science City Bahrenfeld ein neues, in Deutschland einzigartiges Wissen-

schaftsquartier entstehen. Das Projekt soll Wissenschaft, Wirtschaft und Wohnen in dem neuen Viertel eng verzahnen und Vorbild für eine moderne Stadtentwicklung werden.

Für Start-ups ...

Schon jetzt bietet das Anfang 2019 eröffnete Innovation Village jungen Hochtechnologieunternehmen rund 1000 Quadratmeter an Büroräumen sowie Werkstatt- und Laborflächen. Genutzt werden sie vor allem von Nachwuchskräften, die Ideen aus der DESY-Grundlagenforschung zu marktfähigen Produkten weiterentwickeln. Weitere 2600 Quadratmeter werden ab 2021

Bild: Spangier, Wilschroek Architekten, WES GmbH Landschaftsarchitekten, Urban Catalyst GmbH - Visualisierung; Moka-studio; Luftbild: Matthias Friedel



DESY bildet den Kern der Science City Bahrenfeld.



Bild: Heiner Müller-Eisner

Christian Harringa
Administrativer Direktor

» Mit der Campuserwicklung in Hamburg und Zeuthen leistet DESY einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung exzellenter Wissenschaftsstandorte, die in unmittelbarer Nähe die Themen Forschung, Innovation und Wohnen verknüpfen. Wir sorgen damit nicht nur für attraktive Arbeitsbedingungen für schon heute mehr als 2500 DESYanerinnen und DESYaner aus über 60 Nationen, sondern unterstützen zudem eine nachhaltige Entwicklung wegweisender urbaner Campuskonzepte. Wir wollen auch in Zukunft die besten Köpfe für DESY gewinnen und junge Talente aktiv fördern. Dafür schaffen wir in Hamburg mit dem Bau der Science City Bahrenfeld und in Zeuthen mit dem nationalen Drehkreuz für Astroteilchenphysik die besten Voraussetzungen. «

mit dem neuen Innovationszentrum dazukommen, einem Gemeinschaftsprojekt von DESY, der Universität Hamburg und der Freien und Hansestadt Hamburg. Es soll Start-ups aus den Bereichen Lebenswissenschaften, Bio- und Nanotechnologie sowie intelligente Materialien optimale Entfaltungspotenziale bieten – darunter die Möglichkeit, mit Teams aus der Spitzenforschung zusammenarbeiten und die weltweit führenden Röntgenquellen in unmittelbarer Nachbarschaft zu nutzen.

„Das Innovationszentrum ist ein wichtiger Bestandteil unserer Vision eines neuen Wissenschaftsquartiers – der Science City Bahrenfeld“,

betonte Hamburgs Wissenschaftssenatorin und Zweite Bürgermeisterin Katharina Fegebank beim ersten Spatenstich für das neue Gebäude. „Es bietet klugen Köpfen die Infrastruktur, um wissenschaftliche Erkenntnisse in Ausgründungs-ideen und Produkte umzuwandeln. Hiervon profitieren der Wissenschaftsstandort Hamburg sowie die Bürgerinnen und Bürger gleichermaßen. Denn: Die Zukunft eines Standortes liegt im erfolgreichen Austausch zwischen Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft und dem Transfer neuer Ideen in konkrete Produkte und Dienstleistungen.“ »

► Für Forschung und Lehre ...

Die Science City Bahrenfeld ist auf einer Fläche von 125 Hektar rund um den DESY-Campus geplant. Das Konzept fußt auf mehreren Pfeilern: Es sieht einen weiteren Ausbau von DESY vor, zum Beispiel die Umrüstung von PETRA III zu PETRA IV, einer hochmodernen Röntgenquelle mit großem Innovationspotenzial. Auch interessierte Bürgerinnen und Bürger profitieren davon: Das neue Multifunktionsgebäude DESYUM nahe dem Campuseingang soll ab 2023 zentraler Anlaufpunkt für Besucher, Mitarbeiter und Gastforscher sein und wird auch DESYs neues Besucherzentrum beheimaten. Dort werden zwei Geschosse als Multifunktionsfläche für Veranstaltungen und eine Ausstellung reserviert, die über DESYs Forschung informiert.

Ferner sollen mehrere Fachbereiche der Universität Hamburg in die Science City nach Bahrenfeld umziehen. Dort können mehr als 5000 Studierende der Physik, Chemie, Nanowissenschaften und Biologie von modernen Hörsälen und Laboren ebenso profitieren wie von der Nähe zu weltweit führenden Forschungsanlagen und Fachleuten. Auf und rund um den DESY-Campus sind zudem zahlreiche neue Institute und Kooperationen geplant, etwa das Center for Data and Computing in Natural Sciences (CDCS) für wissenschaftliches Rechnen und das interdisziplinäre Zentrum für molekulare Wasserforschung (CMWS).

»Die Zukunft eines Standortes liegt im erfolgreichen Austausch zwischen Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft und dem Transfer neuer Ideen in konkrete Produkte und Dienstleistungen«

Katharina Fegebank, Hamburgs Wissenschaftssenatorin und Zweite Bürgermeisterin



Bild: HPP Architekten



Bild: DFZ Architekten

Das geplante Multifunktionsgebäude DESYUM wird zentraler Anlaufpunkt für Besucher, Mitarbeiter und Gastforscher sein und auch DESYs neues Besucherzentrum beheimaten.

Der geplante Neubau des Innovationszentrums wird rund 2600 Quadratmeter Büros und Laborflächen für Existenzgründer und Start-ups bieten.

Für Innovationen ...

Des Weiteren wird für eine enge Verzahnung von Wissenschaft und Wirtschaft gesorgt: Der Innovationspark Altona soll Start-ups und forschungsaffinen Firmen ein ebenso kreatives wie produktives Umfeld bieten. Mit einem integrierten Technologie- und Gründerzentrum für Lebenswissenschaften, Bio- und Nanotechnologie und neue Materialien wird zudem ein Ort geschaffen, wo durch enge und regelmäßige Kooperationen Ideen aus der Wissenschaft zu Innovationen für die Wirtschaft werden. Das Technologie- und Gründerzentrum soll zwei Standorte bekommen, auf dem DESY-Campus und im Innovationspark Altona.

»Wohnen, Wissenschaft und innovative Wirtschaft bilden den Kern einer für Hamburg einzigartigen Stadtentwicklung«

Dorothee Stapelfeldt, Hamburgs Stadtentwicklungssenatorin

Für alle ...

Schließlich sollen in unmittelbarer Nähe rund 2500 neue Wohnungen auf der ehemaligen Trabrennbahn und den östlich daran angrenzenden Flächen entstehen. Der benachbarte Volkspark, Hamburgs größter Park, und Sportanlagen sowie die Anbindung an den schienengebundenen Nahverkehr, innovative Verkehrskonzepte und der Ausbau von Erholungs- und Freizeitflächen sollen die Science City Bahrenfeld zu einem attraktiven Lebensort machen. „Wohnen, Wissenschaft und innovative Wirtschaft bilden den Kern einer für Hamburg einzigartigen Stadtentwicklung“, betonte Hamburgs Stadtentwicklungssenatorin Dorothee Stapelfeldt bei der Präsentation des Konzepts.

Damit wird die Science City Bahrenfeld zu einem deutschlandweit einzigartigen Quartier für internationale Spitzenforschung, für die hochrangige Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses und für den Transfer von Forschungsergebnissen in Wirtschaft und Gesellschaft. Das Konzept wurde gemeinsam von der Wissenschaftsbehörde und der Wirtschaftsbehörde, der Behörde für Umwelt und Energie, der Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen, dem Bezirksamt Altona, DESY und der Universität Hamburg erarbeitet.



Bild: Werner Bartsch

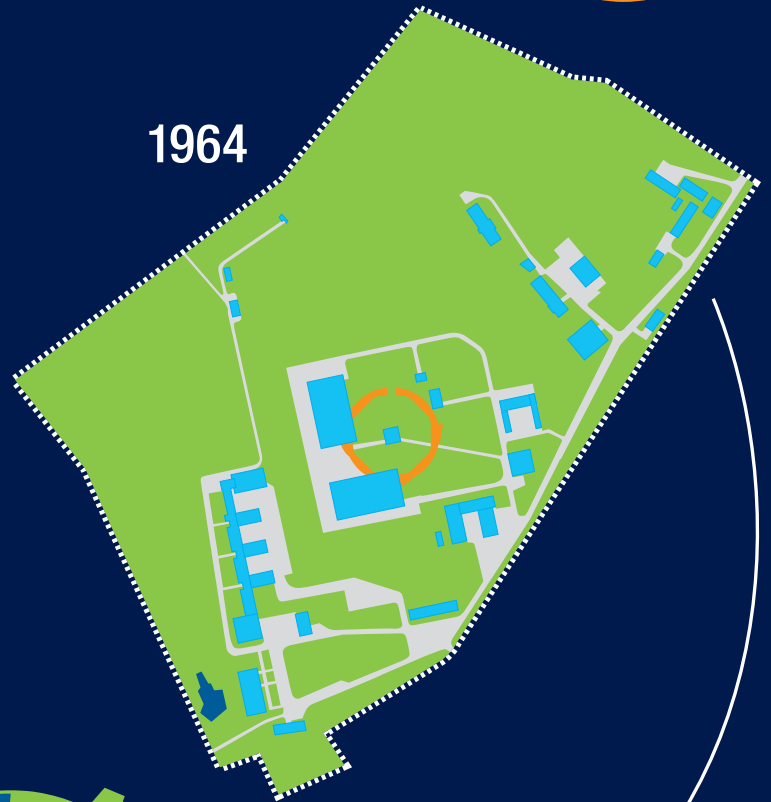
Arik Willner
CTO, Bevollmächtigter des Direktoriums
für Innovation

» Innovation und Technologietransfer haben bei DESY enorme Bedeutung gewonnen. Aus der Grundlagenforschung, die wir betreiben, entwickeln wir neue Ideen, Anwendungen und Produkte, von denen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft gleichermaßen profitieren. Wir sind ein verlässlicher und interessanter Partner für die Industrie und ermöglichen die Gründung von neuen Hightech-Start-ups. Gemeinsam mit unseren Partnern vor Ort bauen wir unsere Standorte in Hamburg und Brandenburg zu Hotspots für Ideen und Innovationen aus. «

Bauboom

267 Gebäude stehen heute auf dem DESY-Campus in Hamburg-Bahrenfeld – eine stetig wachsende kleine Forschungsstadt. Als der namensgebende Teilchenbeschleuniger DESY 1964 in Betrieb ging, kam das Forschungszentrum noch mit 25 Gebäuden aus, knapp einem Zehntel der heute vorhandenen. Gelände und Orientierung waren damals noch deutlich übersichtlicher. Zusätzlich zu den 267 vorhandenen sind zurzeit fünf neue Gebäude im Bau: ein Innovationszentrum, ein Zentrum für Röntgen- und Nanoforschung, das Max-Planck-Institut für Struktur und Dynamik der Materie sowie ein Institut für bioorganische Chemie und ein Schülerlabor der Universität Hamburg. Weitere Bauten sind bereits in Planung.

1964



heute



Impressum

femto wird herausgegeben vom
Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY, einem
Forschungszentrum der Helmholtz-Gemeinschaft

Redaktionsanschrift

Notkestraße 85, D-22607 Hamburg
Tel. +49 40 8998-3613, Fax +49 40 8998-4307
E-Mail: femto@desy.de
Internet: www.desy.de/femto
ISSN 2199-5184

Redaktion

Ute Wilhelmsen (v.i.S.d.P.), Till Mundzeck

An dieser Ausgabe hat mitgewirkt

Frank Grotelüschen

Schlussredaktion

Ilka Flegel

Gestaltung und Produktion

Bureau Bald, Carolin Rankin,
Diana von Ilseemann

Bildbearbeitung und Herstellung

E.H.S. Edition Hamburger Satz Druck GmbH,
Schenefeld

Redaktionsschluss

Dezember 2019

Bilder

Seite 2:

DESY; Manfred Schulze-Alex, DESY;
Heiner Müller-Elsner, DESY; Lars Berg, DESY;
Gesine Born, DESY; CTA/M-A. Besel/IAC
(G.P. Diaz)/ESO; CERN; Oxford PPU, Science
Communication Lab, DESY; Eric Shambroom;
David Parker

Seite 3:

Rüdiger Nehmzow, DESY

Seite 12–13:

Heiner Müller-Elsner, DESY; Anne Gaertner, DESY;
DESY; Marian Dürbeck, ALPS; Gesine Born,
DESY; HPP Architekten; Science Communication
Lab, Lars Berg, DESY;

femto

Das DESY-Forschungsmagazin

Abonnieren Sie
femto kostenlos!

www.desy.de/femto



Das Forschungszentrum DESY

DESY zählt zu den weltweit führenden Teilchenbeschleuniger-Zentren und erforscht 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. Die Teilchenbeschleuniger und die Nachweisinstrumente, die DESY an seinen Standorten in Hamburg und Zeuthen entwickelt und baut, sind einzigartige Werkzeuge für die Forschung: Sie erzeugen das stärkste Röntgenlicht der Welt, bringen Teilchen auf Rekordenergien und öffnen neue Fenster ins Universum.

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