



Starker Partner für Kooperationen Impulse für die Metropolregion
Ausbildung für Spitzenforscher

Spitzenforscher

Großgeräte für die Wissenschaft Innovationen für die Gesellschaft

Forschung für die Zukunft

DESY.

DESY.

Deutsches Elektronen-Synchrotron
Ein Forschungszentrum der Helmholtz-Gemeinschaft







DAILY 057-108



Wir machen
Einkaufen möglich



Starker Partner für Kooperationen
Ausbildung für Spitzenforscher
Großgeräte für die Wissenschaft Innovationen für die Gesellschaft
Forschung für die Zukunft
Impulse für die Metropolregion



Titelseite: In staubfreien Reinräumen werden bei DESY Resonatoren montiert – Elemente aus hochreinem Niob, die Teilchen in Beschleunigern der neuesten Generation auf höchste Energien bringen.

WIR MACHEN ERKENNTNIS MÖGLICH	2
FORSCHUNG FÜR DIE ZUKUNFT	4
Rennmaschinen für Höchstleistungen *** Der Nanokosmos im Röntgenlicht *** Wie funktioniert das Universum? ***	
GROSSGERÄTE FÜR DIE WISSENSCHAFT	38
Brillantring PETRA III *** Rekordblitzen mit FLASH *** Röntgenlaser der Superlative ***	
INNOVATIONEN FÜR DIE GESELLSCHAFT	56
Mini-Detektor für die Medizin *** Brennstoffzellen im Röntgenblick *** Schlaues Speichern ***	
STARKER PARTNER FÜR KOOPERATIONEN	70
Kompetenzzentrum CFEL *** Schub für die Nanowissenschaften *** Die Genf-Connection	
AUSBILDUNG FÜR SPITZENFORSCHER	90
PIER fördert Talente *** Aussichtsreicher Karrierestart *** Als Doktorand am Südpol ***	
IMPULSE FÜR DIE METROPOLREGION	102
Ein Hoch im Norden *** DESY in Brandenburg ***	

Wir machen Erkenntnis möglich

DESY zählt zu den weltweit führenden Beschleunigerzentren. Mit den DESY-Großgeräten erkunden Forscher den Mikrokosmos in seiner ganzen Vielfalt – vom Wechselspiel kleinster Elementarteilchen über das Verhalten neuartiger Nanowerkstoffe bis hin zu jenen lebenswichtigen Prozessen, die zwischen Biomolekülen ablaufen. Die Beschleuniger wie auch die Nachweisinstrumente, die DESY entwickelt und baut, sind einzigartige Werkzeuge für die Forschung: Sie erzeugen das stärkste Röntgenlicht der Welt, bringen Teilchen auf Rekordenergien und öffnen völlig neue Fenster ins Universum.



„DESY ist eines der weltbesten Zentren für die Forschung mit Großgeräten und ein Schlüsselpartner in internationalen Forschungs Kooperationen. Diese Position wollen wir stärken und weiter ausbauen.“

Prof. Helmut Dosch, Vorsitzender des DESY-Direktoriums

Damit ist DESY nicht nur ein Magnet für jährlich mehr als 3000 Gastforscher aus über 40 Nationen, sondern auch gefragter Partner in nationalen und internationalen Kooperationen. Engagierte Nachwuchsforscher finden bei DESY ein spannendes, interdisziplinäres Umfeld. Für eine Vielzahl von Berufen bietet das Forschungszentrum eine ansprechende Ausbildung. Um neue, gesellschaftsrelevante Technologien voranzutreiben und Innovationen zu fördern, kooperiert DESY mit Industrie und Wirtschaft. Dadurch gewinnen auch die Metropolregionen der beiden Standorte Hamburg und Zeuthen bei Berlin.

DESY ist Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft, der größten Wissenschaftsorganisation Deutschlands. Die Helmholtz-Gemeinschaft forscht im Auftrag der Gesellschaft an den drängenden Zukunftsfragen.





METROPOLREGION

FORSCHUNG

GROSSGERÄTE

DESY

AUSBILDUNG

INNOVATION

KOOPERATION

FORSCHUNG

METROPOLREGION

GROSSGERÄTE

DESY

AUSBILDUNG

INNOVATION

KOOPERATION

FORSCHUNG FÜR DIE ZUKUNFT

Forschung bei DESY ist extrem vielseitig. Hier suchen die Wissenschaftler nach den kleinsten Materiebausteinen der Welt, entwickeln innovative Hightech-Werkstoffe und fahnden nach neuen Wirkmechanismen für künftige Medikamente. Als eines der größten deutschen Forschungszentren trägt DESY mit seiner Grundlagenforschung dazu bei, neues Wissen und neue Denkansätze zu schaffen. Das ist die Basis, um die Herausforderungen der Zukunft zu meistern: Themen wie Energieversorgung, Klimaschutz und Gesundheit erfordern langfristiges Denken, nachhaltige Lösungen und neue Technologien.

Die Forschung bei DESY hat drei Schwerpunkte:

> Beschleuniger

DESY entwickelt, betreibt und nutzt modernste Beschleunigeranlagen. Wissenschaftler aus aller Welt untersuchen daran die Struktur und Funktion von Materie.

> Forschung mit Photonen

Bei DESY stehen gleich mehrere der besten Lichtquellen der Welt. Ihr spezielles Röntgenlicht macht atomare Strukturen und Reaktionen im Nanokosmos sichtbar.

> Teilchen- und Astroteilchenphysik

In weltumspannenden Kooperationen und großen Teams erforschen DESY-Wissenschaftler die fundamentalen Bausteine und Kräfte im Universum.





RENNMASCHINEN FÜR HÖCHSTLEISTUNGEN

Beschleuniger zählen zu den wichtigsten Werkzeugen der Forschung. Sie bringen winzige, elektrisch geladene Teilchen auf hohe Geschwindigkeiten – bis fast an die Lichtgeschwindigkeit, auf annähernd 300 000 Kilometer pro Sekunde. Von den schnellen Teilchen profitieren die unterschiedlichsten Forschungsdisziplinen: Teilchenphysiker lassen sie frontal aufeinanderprallen, um die kleinsten Bausteine der Materie zu untersuchen. Chemiker, Materialwissenschaftler und Biologen erzeugen mit Beschleunigern das hellste Röntgenlicht der Welt, um verschiedenste Materialien unter die Lupe zu nehmen – von Flugzeugturbinen über Mikrochip-Halbleiter bis zu lebenswichtigen Proteinen. Und Mediziner nutzen Beschleuniger für die Krebstherapie. Mit energiereichen Teilchenstrahlen lassen sich Tumore gezielt zerstören.

Zwar funktionieren alle Beschleuniger nach demselben Prinzip: Starke Radiowellen bringen die Teilchen auf Trab, wuchtige Magnete halten sie auf ihrer Bahn. Doch je nach Einsatzfeld variiert die Technik. Für die Teilchenphysik müssen riesige Anlagen den Teilchen möglichst viel Energie verleihen. Nur dann lassen sich die Urbausteine der Materie erzeugen und analysieren. Dagegen muss ein Beschleuniger, der als Lichtquelle fungiert, die Teilchen dazu bringen, extrem kurze und intensive Röntgenblitze auszusenden.

Die Beschleunigerphysiker bei DESY arbeiten an beiden Fronten. Mit der TESLA-Technologie haben sie gemeinsam mit internationalen Partnern ein innovatives Konzept entwickelt, auf dem nicht nur ein künftiger Superbeschleuniger für die Teilchenphysik basieren soll, sondern auch die stärkste Röntgenquelle der Welt – der Röntgenlaser European XFEL in Hamburg. Zudem tüfteln die Experten bereits an den Konzepten von übermorgen – an einem völlig neuen Prinzip, mit dem sich Teilchen eines Tages deutlich effektiver auf Trab bringen lassen könnten als heute.



Hightech für höchste Energien

In Teamarbeit entwickeln DESY-Physiker eine innovative Beschleunigertechnologie

Um Teilchen bis nahe an die Lichtgeschwindigkeit zu beschleunigen, braucht es eine ausgefeilte Technologie – speziell geformte Röhren, in die starke Radiowellen eingespeist werden. Lässt man durch diese Resonatoren elektrisch geladene Teilchen fliegen, können sie auf den Radiowellen reiten wie der Surfer auf der Woge. Dadurch bekommen die Teilchen – beispielsweise Elektronen – gehörigen Schwung und gewinnen stark an Energie.

Gemeinsam mit 50 Instituten aus zwölf Ländern entwickelt DESY seit den 1990er Jahren ein besonders effektives Beschleunigerkonzept – die TESLA-Technologie. Anders als konventionelle Anlagen sind die TESLA-Resonatoren supraleitend und arbeiten deshalb nahezu verlustfrei: Die Energie der eingespeisten elektromagnetischen Felder wird fast vollständig auf den Teilchenstrahl übertragen. Allerdings funktionieren die Resonatoren nur bei extremer Kälte und sind deshalb in wärmeisolierte Röhren eingebaut. In ihnen erzeugt Helium eine Temperatur von rund minus 271 Grad Celsius – ein Kühlschranks der Superlative.

Um zu zeigen, dass die Technologie funktioniert, und sie weiterzuentwickeln, baute das Forscherteam in Hamburg eine fast 100 Meter lange Testanlage. „Das gemeinsame Pilotprojekt wurde zum Erfolg. „Es ist uns gelungen, alle Experten auf der Welt, die sich mit supraleitenden Beschleunigern befassen, in einem Team zu vereinen“, sagt DESY-Physiker Hans Weise. „Ohne diese Partner hätten wir diese anspruchsvolle Technologie kaum entwickeln können.“

Heute basiert der Freie-Elektronen-Laser FLASH auf der TESLA-Technologie, und ab 2015 werden im Röntgenlaser European XFEL mehr als 800 supraleitende Resonatoren zum Einsatz kommen. Doch die Forschung geht weiter: Derzeit sind die internationalen Partner dabei, die TESLA-Resonatoren noch leistungsfähiger und zugleich kostengünstiger zu machen. Außerdem sucht das Team nach neuen Anwendungen – etwa in Anlagen, die Wasserstoffkerne statt Elektronen beschleunigen.



„In einem internationalen Team haben wir eine Beschleunigertechnologie entwickelt, die weltweit Maßstäbe setzt.“

Dr. Hans Weise, Beschleunigerexperte bei DESY



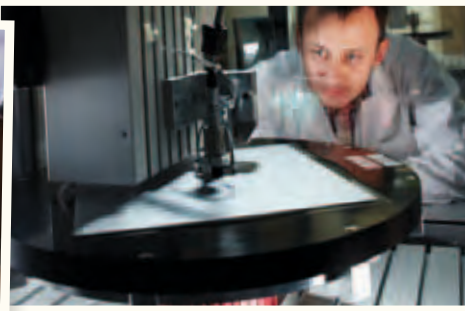
Resonatoren im Reinraum



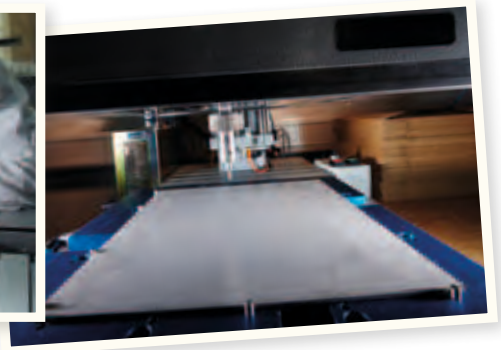
Ein tonnenschwerer Niob-Zylinder muss sechsmal in die Schmelzanlage, bevor er als hochrein gilt und weiterverarbeitet werden kann.



Bei DESY kommen alle Niob-Bleche zusammen und werden auf ihre Qualität untersucht.



Ein Scanner tastet die Oberfläche nach Unreinheiten und Unebenheiten ab.



Wenn die Bleche zu Resonatoren geformt worden sind, müssen sie weitere Qualitätstests bestehen.



Spezielle 3-D-Software macht einen Gang durch den Beschleuniger virtuell möglich, bevor dieser überhaupt existiert.



Schichtwechsel im Reinraum. Hier ist die Luft fast vollständig staubfrei.



Vom Niob-Blech zum Präzisionsbauteil

Wie ein TESLA-Beschleunigermodul entsteht

Für den Röntgenlaser European XFEL werden Beschleunigermodule der neuesten Generation gefertigt. Das Konzept dieser supraleitenden Resonatoren hat ein internationales Team unter Federführung von DESY entwickelt und bis zur Anwendungsreife geführt. Mittlerweile ist der Bau des Beschleunigerkomplexes in vollem Gange. Institute und Firmen bereiten die

Serienproduktion der insgesamt 101 Module vor, in denen jeweils acht Resonatoren aus dem Metall Niob stecken. Fertigung und Zusammenbau dieser Hightech-Komponenten sind denkbar komplex. Gefragt sind höchste Präzision und Güte, damit der Elektronenstrahl später auf die gewünschte Energie beschleunigt werden kann.



Langsam wird aus den einzelnen Resonatoren eine Kette – insgesamt acht Stück kommen in ein Beschleunigermodul.



Bevor die Resonatorenkette in das Beschleunigermodul eingesetzt wird, kommen noch andere wichtige Elemente dazu – zum Beispiel Heliumleitungen.



Die fertigen Module werden in den Beschleuniger eingebaut.



Mehr Leistung mit Plasmawellen

Beschleunigerkonzepte für die Zukunft

Teilchen immer stärker und immer effizienter beschleunigen – das ist das Ziel, an dem Experten weltweit arbeiten. Bislang setzen sie auf Resonatoren – jene speziell geformten Röhren, in denen starke Radiowellen die Teilchen auf Trab bringen. Die Einschränkung dieser Technik: In absehbarer Zeit dürfte sie weitgehend ausgereizt sein. Deshalb arbeiten DESY-Forscher gemeinsam mit der Universität Hamburg an einem alternativen Konzept, den Plasmabeschleunigern. Eines Tages könnten sie Teilchen auf vergleichsweise kurzer Strecke auf extrem hohe Energien bringen und damit der Forschung neue Tore öffnen.

So funktioniert ein Plasmabeschleuniger: Ein starker Laser jagt einen Lichtblitz in ein Gas und verwandelt es in ein Plasma. Anschließend schießt der Laser in dieses Plasma einen weiteren, noch stärkeren Puls. Dieser erzeugt eine Art Plasma-Heckwelle, welche dann die Elektronen mitreißt und gleich einem Surfer auf der Ozeanwelle beschleunigen kann – und zwar deutlich stärker als die heutigen Anlagen.

Allerdings steckt das Konzept noch in den Kinderschuhen. Bislang funktioniert die Plasmabeschleunigung nicht zuverlässig genug. Wichtige Fragen sind ungeklärt, etwa ob und wie sich mehrere Einzelbeschleuniger hintereinanderschalten lassen. Um diese Fragen zu beantworten, haben sich Experten von DESY und der Universität Hamburg zum LAOLA-Team zusammengetan. „Unter anderem wollen wir Elektronenpakete aus den bestehenden Beschleunigern bei DESY in die Plasmawellen schießen, um sie genauestens untersuchen zu können“, erläutert Florian Grüner von der Universität Hamburg. Experimente wie diese könnten eines Tages zu einer neuen Beschleunigergeneration führen – Anlagen, die statt Kilometern nur wenige Meter messen, aber dennoch die gleiche Leistung bringen.

„Wofür heutige Anlagen Kilometer brauchen, würden wir nur Meter benötigen – eine völlig andere Welt!“

Prof. Florian Grüner, Universität Hamburg





KST 178 40 20
S.M. 50-5 LFN

Technische Universität Dresden
Kst. [redacted]
Inv.-Nr. 165074

Technische Universität
Dresden
Kst. [redacted]
Inv.-Nr. 165074



DER NANOKOSMOS IM RÖNTGENLICHT

Wenn der Arzt seinen Patienten röntgt, blickt er ins Innere des Körpers: Ist nach einem Unfall ein Knochen gebrochen, oder kommt der Verunglückte mit Prellungen davon? Doch nicht nur Mediziner, auch Wissenschaftler profitieren von den durchdringenden Strahlen: Indem sie ihre Proben mit Röntgenlicht durchleuchten, erkennen Physiker nicht nur, aus welchen Atomsorten sich ein Nanowerkstoff zusammensetzt, sondern auch, wie die Atome angeordnet sind. Chemiker analysieren, was genau bei einer Katalyse passiert – ein Prozess von enormer ökonomischer Bedeutung. Und indem Biologen den Aufbau von Proteinen enträtseln, verstehen sie besser, wie Krankheiten entstehen – eine wichtige Voraussetzung für neue Therapien.

Mit herkömmlichen Röntgenröhren jedoch, wie sie in Kliniken und Arztpraxen stehen, kommen Wissenschaftler meist nicht mehr aus. Für ihre Experimente ist das Röntgenlicht aus der Röhre schlicht zu schwach. Teilchenbeschleuniger hingegen liefern extrem starke und gebündelte Strahlung. Sie ist so intensiv, dass sie allerfeinste Details sichtbar machen kann: kleinste Risse und Poren in einer Turbinenschaufel, winzige Verunreinigungen in einem Halbleiter, die Position einzelner Atome in einem Eiweißmolekül. Und wenn die Forscher ihre Proben mit extrem kurzen Röntgenblitzen beschießen, können sie ultraschnelle Prozesse erfassen, etwa von einer chemischen Reaktion.

Am DESY-Standort in Hamburg stehen einige der besten Lichtquellen der Welt: Der Speicherring PETRA III erzeugt brillantes Röntgenlicht für unterschiedlichste Experimente. Der Freie-Elektronen-Laser FLASH produziert ultrakurze Laserblitze im Röntgenbereich. Und 2015 wird mit dem Röntgenlaser European XFEL ein wahres Supermikroskop in Betrieb gehen. Die drei Anlagen zusammen machen DESY zu einem Magneten für die Spitzenforschung.



Goldene Zeiten für die Sonnenenergie

DESY-Forschung verbessert Solarzellen

Solarzellen, biegsam und billig wie eine Plastikfolie. Ihre Anwendungen klingen verlockend: Fenster beklebt mit Solarfolie können Strom spenden, beschichtete Rucksäcke vermögen Handys oder MP3-Player aufzuladen. Doch noch steckt die Technik in den Kinderschuhen. Denn derzeit sind die „organischen Solarzellen“ weder besonders energieeffizient noch lange haltbar. DESY-Forscher helfen, ihre Eigenschaften zu verbessern.

Organische Solarzellen bestehen aus elektrisch leitfähigen Kunststoffen. Um ihren Strom abgreifen zu können, muss man sie mit Kontakten versehen. Dafür eignen sich leitfähige Metalle, zum Beispiel Gold. Dabei gilt: Je besser die Goldkontakte mit dem Kunststoff verbunden sind, umso mehr Energie lässt sich ernten. Um im Detail zu erkennen, wie sich Gold und Plastik verbinden, untersucht ein Team um den DESY-Wissenschaftler Stephan Roth den Bildungsprozess mit dem Röntgenstrahl von PETRA III. Die Prototypen für die organischen Solarzellen kommen von der TU München. Bei DESY werden sie mit einer speziellen Technik beschichtet, dem Sputtern.



Sonnenenergie ist sauber und sicher.

In einer Vakuumkammer treffen schnelle Edelgas-Ionen auf eine Goldschicht und schießen einzelne Goldatome heraus. Diese treffen auf der organischen Solarzelle auf. Manche dringen ein Stückchen ins Plastik ein, andere bleiben auf der Oberfläche und tun sich zu nanometerkleinen Inseln zusammen – Keimzellen für die Kontakte.

„Mit dem intensiven und sehr feinen Röntgenstrahl von PETRA III können wir den gesamten Produktionsprozess detailliert überwachen“, erläutert Roth. „Das geht mit keiner anderen Methode.“ Quasi live beobachten die Experten, wie sich die Nanoinseln bilden. Daraus gewinnen sie wichtige Hinweise, wie sich der Produktionsprozess optimieren lässt, um möglichst gute Kontakte zu erhalten.

„Hier bei DESY können wir die Goldschichten unter industriell relevanten Bedingungen erzeugen und in Realzeit zusehen, was dabei vor sich geht.“

Dr. Stephan Roth, DESY-Physiker

Bei den Experimenten konnten die Physiker zudem einen wichtigen Mechanismus bestätigen: Der Kontakt, den die Goldatome bilden, besteht nicht nur auf der Solarzelle, sondern die Goldatome dringen auch in die Solarzelle an der Grenzschicht Metall/Polymer ein. Stephan Roth erklärt: „Ein Effekt, den wir hier bei DESY an Modellsolarzellen zum ersten Mal gesehen haben und von dem wir erwarten, dass er die Effizienz von organischen Solarzellen weiter verbessern wird.“



Ribosomen unter der Röntgenlupe

Israelische Nobelpreisträgerin forschte am DORIS-Beschleuniger



“DESY provided us very generously with beam-time even back in the 1980s, when our project met with worldwide scepticism as it was widely assumed that the structure of the ribosome might never be determined.”

Prof. Ada E. Yonath, Nobelpreisträgerin 2009

Die höchsten Forscherweihen gab es in Schweden, doch entscheidende Experimente hatten bei DESY in Hamburg stattgefunden. Dort hatte die Israelin Ada Yonath das Ribosom mit hochintensiver Röntgenstrahlung untersucht und die Gestalt des lebenswichtigen Molekülkomplexes detailliert enträtselt. 2009 wurde die Biochemikerin gemeinsam mit zwei Fachkollegen mit dem Nobelpreis für Chemie belohnt.

Das Ribosom, ein Komplex aus vielen Biomolekülen, spielt im Körper eine zentrale Rolle: Es ist die Eiweißfabrik einer jeden Zelle. Den Bauplan liefert das Erbmolekül DNA, als Bausteine dienen Aminosäuren. Das Ribosom verkettet sie zu Proteinen, den zentralen Grundbausteinen des Lebens.

Um im Detail zu verstehen, wie das Ribosom funktioniert, muss man dessen exakte Gestalt kennen – am besten den Aufbau aus den einzelnen Atomen.

Ada Yonath versuchte es mit der Röntgenkristallographie: Im Laufe von Jahren beleuchtete sie Abertausende von Ribosom-Proben mit gebündelten und starken Röntgenstrahlen, unter

anderem aus dem DORIS-Beschleuniger bei DESY. Die Atome des Ribosoms lenkten das Röntgenlicht auf bestimmte Weise ab. Spezialdetektoren nahmen diese Reflexe auf, anschließend konnten die Forscher die genaue Lage der Atome im jeweiligen Molekül rekonstruieren.

Allerdings stellte das Ribosom die Wissenschaftler auf eine Geduldsprobe: Es ließ sich ausgesprochen schlecht zu Kristallen züchten – die Grundvoraussetzung für erfolgreiche Experimente.

Auf den entscheidenden Kniff stieß Ada Yonath in ihrer Heimat Israel: Dort, im Toten Meer, herrschen Temperaturen von bis zu 60 Grad Celsius, zudem ist das Wasser extrem salzig. „Dennoch leben dort Bakterien“, erzählt Yonath. „Und deren Ribosomen erwiesen sich letztlich als so widerstandsfähig, dass wir sie zu brauchbaren Kristallen züchten konnten.“ Später untersuchte die Forscherin, wie Antibiotika an die Ribosomen von Bakterien binden, um diese zu blockieren – Grundlagenexperimente, die zum Ausgangspunkt für die Entwicklung neuer Medikamente geworden sind.

Van Goghs verborgene Bilder

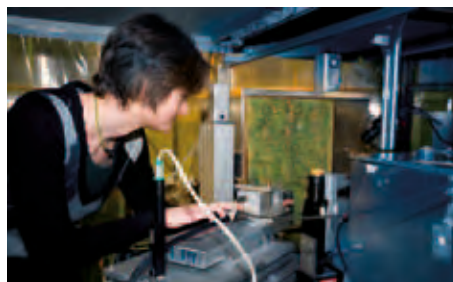
DESY-Forscher analysieren Kunstwerke

Ob ein altes Gemälde von einem berühmten Maler stammt oder nicht – diese Frage ist für Kunsthistoriker oft nicht einfach zu beantworten. Wertvolle Hilfe erhalten sie von den DESY-Physikern: Deren Röntgenquellen liefern neue, aufschlussreiche Indizien über den Urheber eines Kunstwerks. Zudem können sie sichtbar machen, ob der Meister ein älteres Motiv übermalt hatte, weil es ihm nicht mehr gefiel oder er schlicht kein Geld für eine neue Leinwand hatte.

So sind sich die Kunsthistoriker nicht sicher, ob das Bild „Pauline“ tatsächlich von Philipp Otto Runge stammt, einem der bedeutendsten deutschen Maler der Frühromantik. Neue Argumente lieferte der Röntgenstrahl aus dem Beschleuniger. Mit ihm tasteten die Forscher das Werk Punkt für Punkt ab. Dabei regte der Stahl die chemischen Elemente, aus denen das Bild besteht, zu einem

kurzen Leuchten an. Das Entscheidende: Jedes vom Maler benutzte Farbpigment leuchtet auf seine eigene Art. Dadurch ließen sich auch jene Pigmente sichtbar machen, die der Künstler übermalt hatte. Bei „Pauline“ entlarvte diese Methode der Röntgenfluoreszenz-Analyse, dass unter dem eigentlichen Bild, das eine junge, verträumte Frau vor einer Baumlandschaft zeigt, noch etwas anderes schlummert – dieselbe Frau, allerdings mit anderer Frisur und Kleidung. Das verborgene Bild ähnelt einigen Zeichnungen, die Runge von seiner Schwester angefertigt hatte – ein Indiz für die Echtheit des Gemäldes.

Ähnliches gelang den DESY-Physikern in Zusammenarbeit mit Kunstexperten aus Delft, Otterlo und Antwerpen auch bei Werken von Vincent van Gogh und Rembrandt – ein Paradebeispiel für interdisziplinäre Spitzenforschung.



Ein internationales Forscherteam hat mit Röntgenlicht aus dem DORIS-Beschleuniger das Gemälde „Grasgrund“ von Vincent van Gogh durchleuchtet und ein übermaltes Frauenportrait gefunden.

Gesteine unter Hochdruck

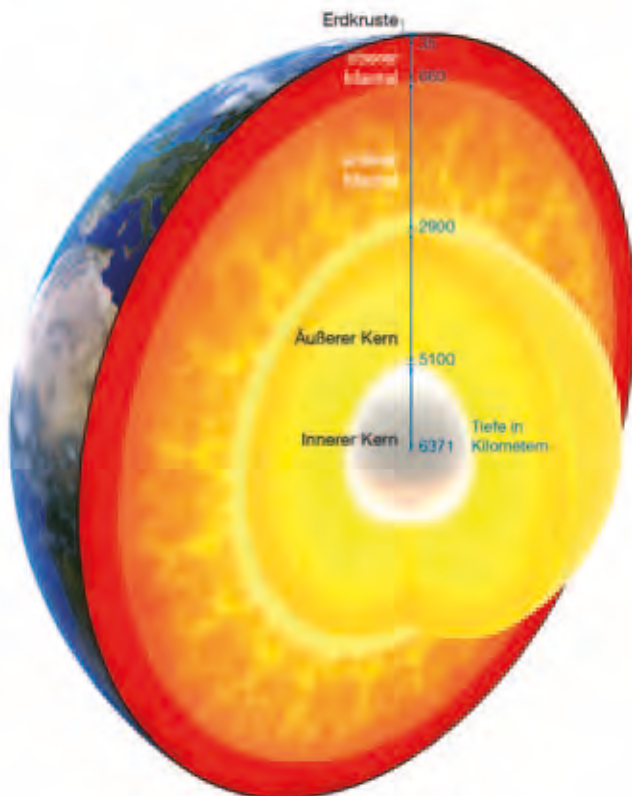
Bei DESY simulieren Geoforscher die Verhältnisse tief in der Erde

Wie sieht unser Planet im Inneren aus? Diese vielleicht spannendste Frage der Geologie können die Forscher nur indirekt beantworten, denn wissenschaftliche Bohrungen können die Erdkruste lediglich „ankratzen“. Immerhin lassen sich die extremen Bedingungen, die im Erdinneren herrschen, im Labor simulieren. Bei DESY setzen Experten des Helmholtz-Zentrums Potsdam winzige Gesteinsproben buchstäblich unter Hochdruck, um sie mit hochintensiven Röntgenstrahlen zu untersuchen.

Im Inneren der Erde herrschen hoher Druck und 2000 Grad Temperatur. Das lässt sich bei DESY simulieren.

250 000-facher Atmosphärendruck, Temperaturen bis 2000 Grad Celsius – diese Verhältnisse herrschen in mehreren Tausend Kilometern Tiefe. Mit hydraulischen Hartmetallstempeln können die Wissenschaftler diese Bedingungen simulieren. Die Stempel pressen Gesteinsproben, die deutlich kleiner sind als Zuckerwürfel, von mehreren Seiten zusammen. Durch Schlitze zwischen den Stempeln schießt das starke, gebündelte Röntgenlicht aus dem Beschleuniger ins Gestein. Die Analyse der gestreuten Röntgenstrahlung verrät, wie sich das Mineral unter Druck in seiner Kristallstruktur verändert.

Mit dieser Methode konnten die Geoforscher herausfinden, dass sich das Mineral Olivin – ein wichtiger Bestandteil des Erdmantels – bei einem bestimmten Druck in eine andere Gesteinsart umwandelt, den Spinell. Dabei schrumpft das Volumen um ein Zehntel – was gewisse Unregelmäßigkeiten erklärt, die man bei seismischen Untersuchungen des Erdmantels entdeckt hat. Außerdem können die Experten auch künstliches Magma erzeugen und in seinen Eigenschaften vermessen. Der Röntgenstrahl aus dem Beschleuniger verrät, wie zähflüssig das geschmolzene Gestein bei bestimmten Druckverhältnissen ist – eine wichtige Information, um zu verstehen, wie schnell sich Magma unter Vulkanen aufstauen kann.



Lebende Muskelzellen im Röntgenlicht

Forscher bei DESY sind den Ursachen einer Herzkrankheit auf der Spur

Etwa jeder 500ste Deutsche leidet an ihr: Die Hypertrophe Kardiomyopathie (HCM) ist eine Herzmuskel-Erkrankung, bei der die Wände der linken Herzkammer stark verdickt sind. Die Folge: mehr oder minder ausgeprägte Herzrhythmusstörungen, in schweren Fällen drohen plötzlicher Herztod oder Herzinsuffizienz. Forscher der Medizinischen Hochschule Hannover sind den Auslösern der genetisch bedingten Krankheit auf der Spur. Unter anderem untersuchen sie defekte Muskelzellen mit hochintensiver Röntgenstrahlung aus den DESY-Beschleunigern.

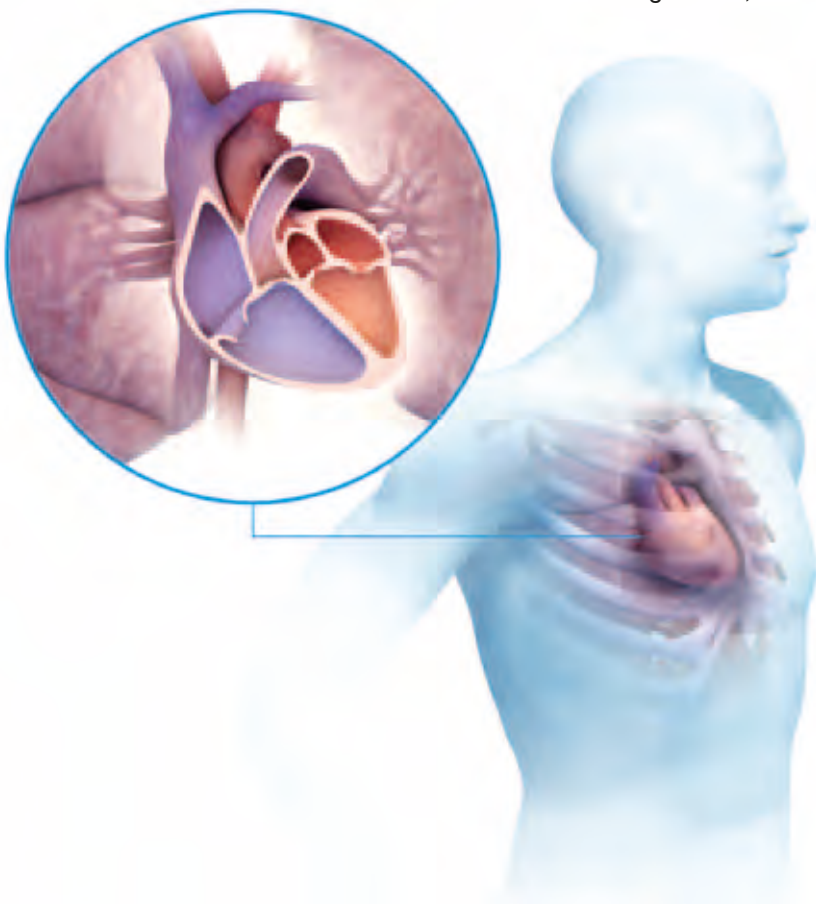
Die Erkenntnisse der Grundlagenforschung können zu völlig neuen Therapien bei Herzkrankheiten führen.

Bei HCM sind durch Gendefekte jene Eiweißmoleküle verändert, die für die Muskelkontraktion verantwortlich sind, etwa das „Motorprotein“ Myosin. Aber inwieweit veränderte Motorproteine anders funktionieren als gesunde, und

warum das zu Beschwerden führt, ist noch weitgehend unklar. Um der Lösung näherzukommen, halten die Wissenschaftler lebende Muskelzellen sowohl von HCM-Patienten als auch von Gesunden in den intensiven, gebündelten Röntgenstrahl. Dadurch lässt sich erkennen, wie die Zellen im Detail aussehen: Sind defekte Motorproteine anders in den Muskelzellen angeordnet als gesunde? Und sind sie in ihrer Struktur und Funktion verändert?

Ein Ergebnis: Der „Kopf“ eines krankhaften Myosin-Proteins ist deutlich steifer als der eines gesunden, wodurch beide unterschiedlich viel Kraft entfalten. Jeder HCM-Patient erzeugt sowohl gesundes als auch krankes Myosin – allerdings, wie die Forscher zeigen konnten, in ungleichem Verhältnis. Darüber hinaus sind beide Varianten im Herzmuskel offenbar ungleich verteilt. Das führt unweigerlich zu einem Ungleichgewicht der Kräfte: Einige Muskelzellen arbeiten kräftiger als andere, der Herzmuskel läuft nicht rund und wird krank. Langfristig hoffen die Fachleute, Ansätze für neue Therapien zu entwickeln. Eine erfolgversprechende Strategie könnte sein, den Gendefekt stumm zu schalten und dadurch die Produktion von erkrankten Motorproteinen zu unterdrücken.

Das Herz besteht aus zwei Vorhöfen und zwei Herzkammern. Damit es kontinuierlich Blut durch den Körper pumpen kann, muss der Herzmuskel gesund sein.





Weltrekord an FLASH

Mit dem Hamburger Röntgenlaser drehten Forscher den schnellsten Film der Welt



„Das langfristige Ziel ist, die Bewegung von Molekülen und Nanostrukturen in Echtzeit zu verfolgen.“

Prof. Stefan Eisebitt, Technische Universität Berlin und Helmholtz-Zentrum Berlin

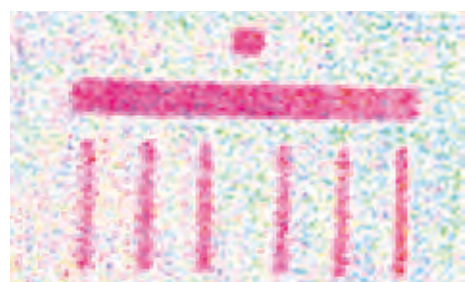
Schaut man sich einen Hollywood-Streifen im Kino an, fällt das Auge auf eine optische Illusion herein: Statt eines kontinuierlichen Ablaufs wird ihm eine Folge von 24 Einzelbildern pro Sekunde vorgeführt – schnell genug, um im Gehirn den Eindruck einer ruckfreien Bewegung zu erzeugen. Ungleich schneller sind jene „Filme“, die Physiker am Hamburger FLASH-Laser drehen: Sie nehmen Einzelbilder auf, die im Abstand von 50 Femtosekunden folgen. Das ist weniger als der zehntausendste Teil einer milliardstel Sekunde – ein neuer Weltrekord. Die Methode ermöglicht es, extrem schnelle Prozesse im Nanokosmos zu beobachten.

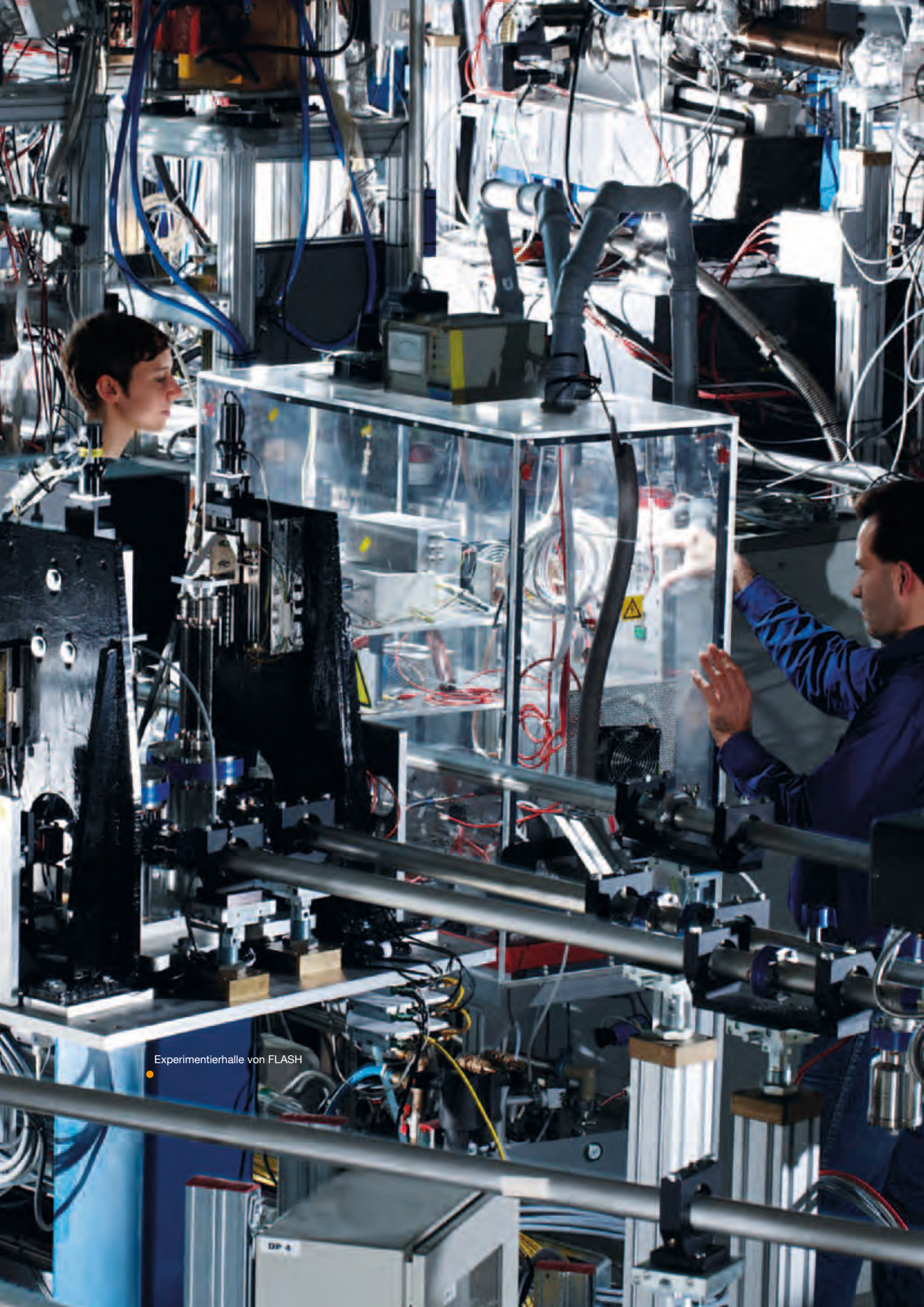
Basis des Verfahrens sind die ultrakurzen Röntgenblitze von FLASH. Jeder Lichtpuls ist intensiv genug, um ein Bild aufzunehmen – ein Stroboskop der Superlative. Das Problem: Die heutigen Kamerasensoren sind viel zu langsam, um derart rasante Bildfolgen zu erfassen. Um dieses Manko auszugleichen, nutzen Physiker der TU Berlin eine Spezialmethode, die Holographie.

„Die Holographie macht es möglich, mehrere Bilder in einer einzigen Aufnahme zu speichern“, erklärt Projektleiter Stefan Eisebitt.

Für gewöhnlich speichert ein Hologramm verschiedene Blickwinkel eines Objekts, etwa eines Apfels. Beim Betrachten wirkt der Apfel verblüffend räumlich – ein Bild in 3D. Mit raffinierten Tricks gelang es den Forschern, statt mehrerer Blickwinkel verschiedene Momente gleichzeitig auf den Kamerasensor zu bannen. Um die Machbarkeit des Verfahrens zu beweisen, experimentierten die Forscher mit einem Testbild – ein winziges Brandenburger Tor, eingeritzt in eine Metallfolie. Das Resultat: zwei Bilder aufgenommen in einem Abstand von 50 Femtosekunden – zwar nur eine Mini-Diashow, aber die schnellste der Welt. „Im Prinzip ließen sich auch noch mehr Bilder aufnehmen“, sagt Eisebitt. Als nächstes wollen die Forscher beobachten, wie sich nanometerkleine Magnete ultraschnell ummagnetisieren – wichtiges Wissen für die Festplatten der Zukunft.

Rekonstruierte Abbildungen des Brandenburger-Tor-Modells





• Experimentierhalle von FLASH



Die stärksten Röntgenblitze der Welt

Der European XFEL ermöglicht völlig neue Experimente

Filme von chemischen Reaktionen, die sich in Sekundenbruchteilen abspielen. Bilder bestimmter Eiweiße, auf denen jedes Atom zu sehen ist. Aufnahmen von Nanowerkstoffen, bei denen sich feinste Einzelheiten erkennen lassen. Einblicke in Materiezustände, wie sie im Inneren von Riesenplaneten oder Sternen existieren. Von solchen Experimenten können Wissenschaftler bislang nur träumen. Ab 2015 wird sie der Röntgenlaser European XFEL möglich machen: Dann ist das derzeit im Bau befindliche Großgerät die hellste Röntgenquelle der Welt. Seine Blitze werden bis zu eine Milliarde Mal intensiver sein als die der heutigen beschleunigerbasierten Lichtquellen.

Der European XFEL, der in unterirdische Tunnelröhren eingebaut wird, ist über drei Kilometer lang und reicht vom DESY-Gelände in Hamburg bis ins schleswig-holsteinische Schenefeld. Das Milliardenprojekt ist ein internationales Unterfangen, für das mit der European XFEL GmbH eine eigene Gesellschaft gegründet wurde: Neben Deutschland sind elf weitere Staaten beteiligt, darunter Russland, Frankreich und Italien.

Pro Sekunde erzeugt der European XFEL bis zu 27 000 Laserblitze. Sie sind milliardenfach intensiver als bei den besten herkömmlichen Röntgenquellen.



Molekulares Kino – wie filmt man eine chemische Reaktion?

Um den Ablauf einer chemischen Reaktion zu verfolgen, wollen die Forscher die unvorstellbar kurzen Röntgenblitze des European XFEL nutzen – sie dauern weniger als eine billionstel Sekunde. Das Prinzip: Ein Lichtpuls (1) löst die chemische Reaktion aus. Kurz darauf erzeugt ein Röntgenlaserblitz (2) ein Bild, und ein Detektor nimmt auf, was bei der Reaktion passiert. Eine Serie solcher Schnappschüsse mit verschiedenen Zeitverzögerungen liefert einen „Film“ des Reaktionsablaufs.



Von dem neuen Superlaser werden Forscher der verschiedensten Fachdisziplinen profitieren:

Biologen nehmen detaillierte Bilder von Zellbestandteilen, einzelnen Eiweißmolekülen und Viren auf. Die Ergebnisse helfen bei der Krankheitsbekämpfung und dem gezielten Design von Medikamenten.

Chemiker filmen Reaktionen und erkennen dabei wie in Zeitlupe, wie einzelne Atome miteinander reagieren. Mit diesem Wissen lassen sich beispielsweise industriell relevante Katalysatoren optimieren.

Physiker und Materialwissenschaftler studieren den genauen Aufbau von Nanomaterialien – wichtige Werkstoffe für die Zukunft, etwa für effektivere

Solarmodule und Brennstoffzellen sowie für künftige Datenspeicher.

Astrophysiker nehmen extrem heiße und stark zusammengepresste Materieproben unter die Lupe. Damit lernen sie, wie es im Inneren von Sternen und Planeten aussieht und inwieweit sich Fusionsprozesse als neue Energiequelle eignen.





WIE FUNKTIONIERT DAS UNIVERSUM?

Woraus besteht die Welt in ihrem Kleinsten, was sind die Urteilchen der Materie? Seit der Antike gehen Naturforscher diesen Grundfragen nach. Bei ihrer Suche stießen sie auf immer kleinere Bausteine – erst die Atome, dann Atomkerne, bestehend aus Protonen und Neutronen, schließlich winzige Teilchen namens Quarks. Auch heute sind die Teilchenphysiker den grundlegenden Rätseln des Universums auf der Spur: Was hält das Weltall zusammen, und wie kommen Teilchen überhaupt zu ihrer Masse?

Als DESY 1959 gegründet wurde, war die Erforschung der kleinsten Teilchen die Hauptaufgabe des Zentrums. Im Laufe der Jahrzehnte steuerte es zentrale Mosaiksteine zur Teilchenphysik bei: Mit dem Speicherring PETRA entdeckten Forscher das Gluon – jenes „Klebe- teilchen“, das die Quarks zusammen- schweißt und ohne das es keine Atome gäbe. Später durchleuchteten sie mit dem HERA-Beschleuniger das Proton mit unerreichter Präzision. Das über- raschende Ergebnis: Das Innenleben dieses für unsere Welt so wichtigen Teilchens entpuppte sich als viel komplexer als erwartet.

Heute beteiligen sich DESY-Forscher an den aufsehenerregenden Experimenten am LHC in Genf, dem leistungsstärksten Beschleuniger der Welt. Andere werfen einen tiefen Blick in den Kosmos: Mit spektakulären Detektoren und Teleskopen analysieren die Experten exotische Teilchen, die aus fernen Winkeln des Weltalls kommen und über faszinierende Phänomene Auskunft geben können: schwarze Löcher, explodierende Sterne und Strahlungs- ausbrüche von unvorstellbarer Intensität.



Auf den Spuren von Higgs & Co.

Am europäischen Forschungszentrum CERN läuft der LHC, der stärkste Beschleuniger der Welt

Er ist das ehrgeizigste Projekt, das Teilchenphysiker je in Angriff genommen haben: Seit 2010 liefert der Large Hadron Collider LHC beim Forschungszentrum CERN in Genf hochinteressante Messdaten. Der Gigant ist der bislang leistungsfähigste Beschleuniger der Welt, eingebaut in einen 27 Kilometer lange unterirdischen Ringtunnel. Er bringt Protonen auf bislang unerreichte Energien, um sie frontal aufeinanderprallen zu lassen. Bei diesen Kollisionen können exotische, kurzlebige Teilchen entstehen, die verraten, aus welchen Urbausteinen die Welt besteht. Komplexe Detektoren, groß wie Bürohäuser, beobachten das Geschehen. DESY-Physiker arbeiten – zum Teil federführend – an diesen Experimenten mit.

Mit seiner Rekordenergie soll der LHC einige der spannendsten Fragen der Physik beantworten, zum Beispiel: Wie kommen Elementarteilchen überhaupt zu ihrer Masse? Eine Idee geht unter anderem auf den schottischen Physiker Peter Higgs zurück. Ihm zufolge durchzieht ein spezielles Feld den Kosmos, das ähnlich wirkt wie Honig auf einen Löffel: Dieses Feld bietet den Teilchen einen gehörigen Widerstand und macht sie dadurch „schwer“. Stimmt die Theorie, muss es ein besonderes Teilchen geben – das Higgs-Teilchen. Und tatsächlich: Im Sommer 2012 hat es der LHC mit großer Wahrscheinlichkeit aufgespürt.

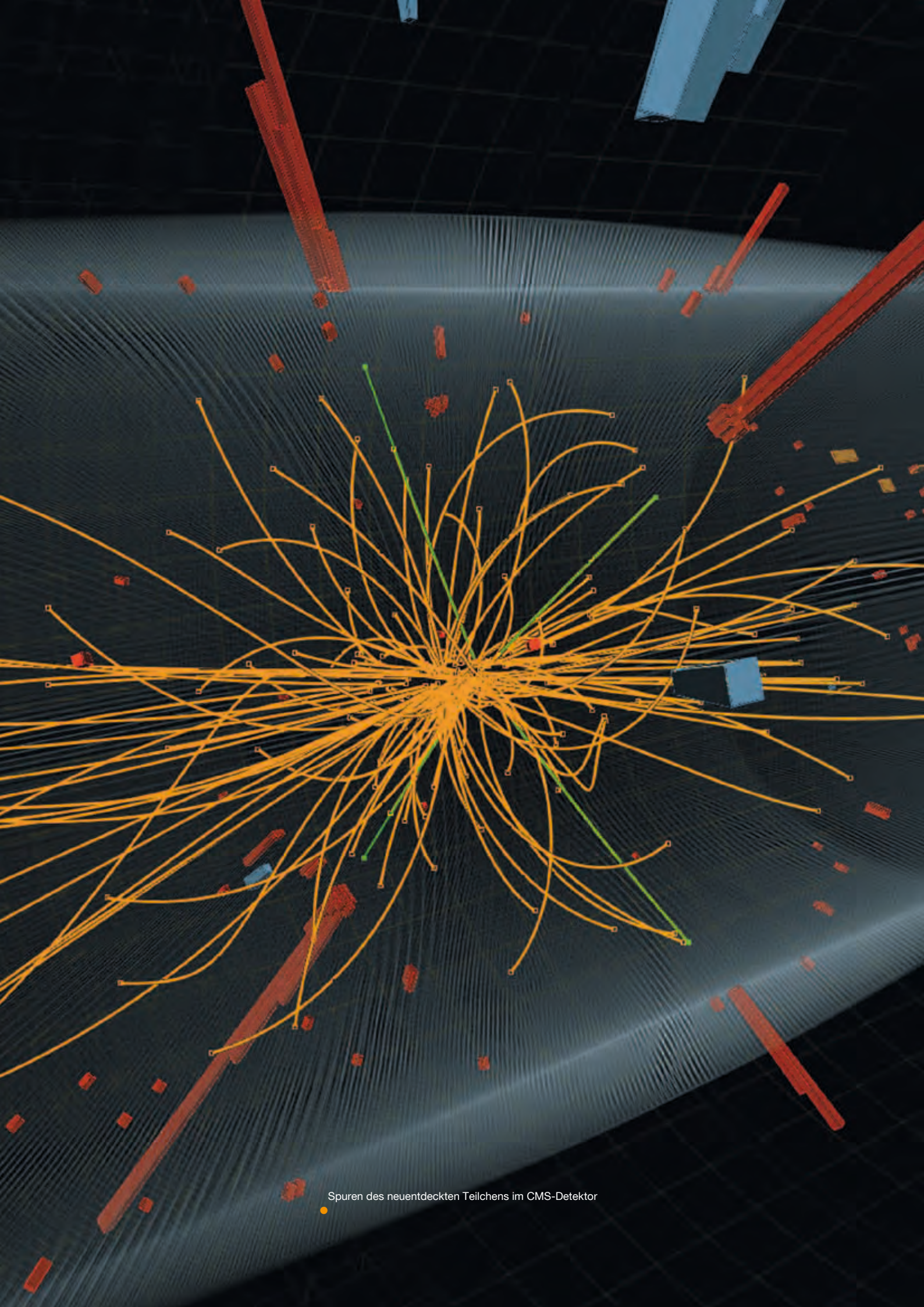
Aber die größte Wissenschaftsmaschine der Welt könnte auch ganz andere, bislang spekulative Phänomene aufspüren. Faszinierend wäre etwa die Entdeckung sogenannter SUSY-Teilchen. Diese könnten im Universum eine tragende Rolle spielen: Kraft ihrer Gravitation könnten sie die Galaxien zusammenhalten wie unsichtbarer Klebstoff – die Experten sprechen von dunkler Materie. Und womöglich entdeckt der LHC, dass unsere Welt nicht nur vierdimensional ist – drei Raumrichtungen und die Zeit. Stattdessen könnte der Kosmos deutlich mehr Dimensionen besitzen. Diese allerdings wären derart versteckt, dass es schon einen Superbeschleuniger braucht, um überhaupt Indizien für ihre Existenz aufzuspüren.

„Die Hinweise auf das Higgs-Teilchen sind für mich bisher die Entdeckung des Jahrhunderts. Am deutlichsten überzeugt mich, dass wir in zwei unabhängigen Datensätzen das gleiche Signal sehen, und das konsistent in beiden Experimenten, ATLAS und CMS.“

Prof. Joachim Mnich, DESY-Direktor für den Bereich Hochenergiephysik und Astroteilchenphysik



Die Detektoren ATLAS (links) und CMS (rechts) haben übereinstimmend Hinweise auf das Higgs-Teilchen gefunden.



Spuren des neuentdeckten Teilchens im CMS-Detektor



Jenseits des Standardmodells

DESY-Theoretiker schmieden an einem neuen Weltbild der Physik

Teilchenphysiker haben heute ein sehr detailliertes Bild davon, wie Materie in ihrem Kleinsten aufgebaut ist: Sämtliche Stoffe um uns herum, auch wir selbst, bestehen aus unteilbaren Elementarteilchen – Elektronen und Quarks. Letztere verbinden sich zu Neutronen und Protonen und bauen die Atomkerne auf. Atomkerne wiederum sind mit einer Hülle aus Elektronen umgeben. Dadurch bilden sie Atome, also Elemente wie Wasserstoff, Schwefel oder Eisen.



Das Standardmodell umfasst zwölf Elementar- und vier Kraftteilchen sowie das Higgs-Teilchen. Doch manche Physiker glauben, dass jedes dieser Teilchen einen schweren, bislang unentdeckten Partner besitzt – die supersymmetrischen Teilchen.

Zusammengehalten werden die Materieteilchen durch verschiedene Naturkräfte, darunter die starke und elektromagnetische Kraft. Darüber hinaus kennen die Physiker weitere, exotischere Teilchen – etwa die Neutrinos oder mehrere Sorten von schweren, instabilen Quarks.

Ihr Wissen über den Aufbau der Materie fassen die Physiker im Standardmodell zusammen. In zahllosen Experimenten hat es sich bestens bewährt. Das fehlende Teilchen dafür hat der Genfer Superbeschleuniger LHC aller Voraussicht nach im Sommer 2012 aufgespürt: das Higgs, das den anderen Teilchen hilft, überhaupt Masse zu besitzen. Manche Theoretiker jedoch sind schon ein Stück weiter. Sie schmieden Theorien, die noch umfassender und grundlegender sind als das Standardmodell.

Ein Kandidat dafür ist SUSY, die Supersymmetrie. Sie würde Elementarteilchen und Naturkräfte erstmals unter einem einzigen mathematischen Dach vereinen. Stimmt die Supersymmetrie, müsste es sogenannte SUSY-Teilchen geben – winzige Exoten, nach denen der LHC ebenfalls sucht. Deutlich weiter geht die String-Theorie. Ihr zufolge könnte die Welt aus unvorstellbar kleinen Fäden bestehen, die wie die Saite einer Violine schwingen und dadurch Quarks und Elektronen aufbauen.



Mit dem HERA-Beschleuniger bei DESY fanden Physiker heraus, dass das Proton viel komplexer aufgebaut ist als zuvor angenommen: Statt aus drei Quarks besteht es aus einem „See“ von kleinsten Teilchen.

Type II B	(0,0)	(1,1)	(1,2)
G	T	$h^{11}S$	$2h^{12}S$
B	S	$h^{11}S$	
Φ	S		
ω	S		
G	S	$h^{11}S$	
ζ	-	$h^{11}S$	$2h^{12}S$

L_n satisfy N_n

$$[L_n] = \begin{pmatrix} n \\ 1 \\ \vdots \end{pmatrix}$$

Fenster zum Kosmos

IceCube fahndet nach Neutrinos aus dem All



„Die Experimente mit kosmischen Neutrinos und Gammastrahlung ermöglichen uns spannende Einblicke in die natürlichen Teilchenbeschleuniger des Universums, die neues Licht in die Rätsel der kosmischen Strahlung bringen.“

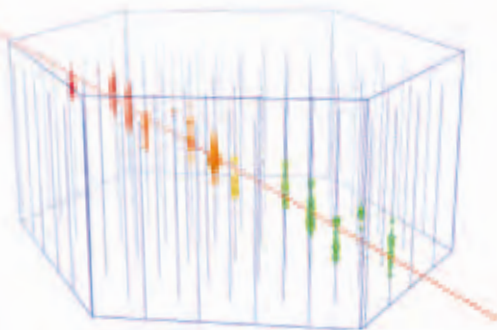
Prof. Christian Stegmann, Leiter des DESY-Standorts Zeuthen

Was passiert in der Nähe eines schwarzen Lochs? Wie explodiert eine Supernova? Und woher kommen jene unvorstellbar energiereichen Teilchen, die mit der kosmischen Strahlung auf die Erde prasseln? Antworten auf diese Fragen erhoffen sich die Physiker von einem ungewöhnlichen Teleskop an einem spektakulären Ort: Direkt am Südpol lauert „IceCube“ auf Neutrinos aus dem All – geisterhafte Elementarteilchen, wie sie bei kosmischen Gewaltakten in den fernen Weiten des Universum erzeugt werden. Physiker vom DESY-Standort in Zeuthen sind maßgeblich an dem südlichsten Großexperiment der Welt beteiligt.

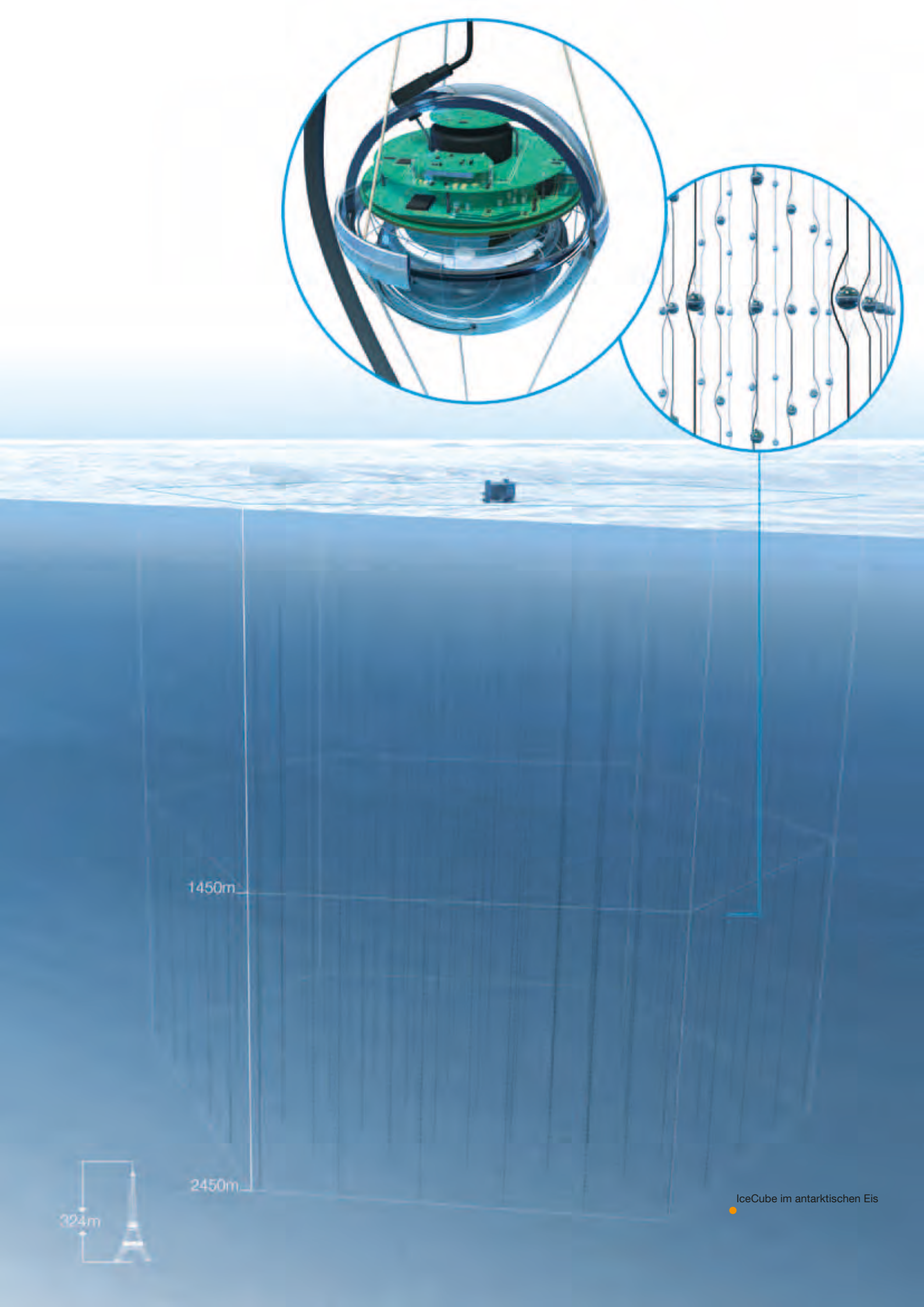
kristallklaren Eis erzeugen. Die mehr als 5000 Lichtsensoren bilden ein gleichmäßiges Gitter, rund einen Kubikkilometer groß. Es kann die Flugrichtungen der Neutrinos vermessen, woraus die Physiker rekonstruieren, aus welchen Regionen des Alls die Geisterteilchen kommen und wo sie entstanden sind. Interessant wären die Signale einer Supernova, die irgendwo in unserer eigenen Galaxis explodiert. Ein solches Himmelsfeuerwerk würde extrem viele Neutrinos freisetzen, die sich mit IceCube zweifelsfrei nachweisen lassen müssten. Die Fachleute nehmen an, dass ein Stern gar nicht explodieren könnte, würden die Neutrinos nicht die Sternenhülle mit gewaltigem Druck nach außen pressen. Mit IceCube wollen sie diese Theorie überprüfen und verstehen, wie eine Sternexplosion im Detail abläuft.

2012 konnten die Forscher ein hochinteressantes Ergebnis präsentieren: Sie hatten nach Neutrinos Ausschau gehalten, die bei sogenannten Gammablitzern entstehen – gewaltigen Strahlungsausbrüchen in den Fernen des Kosmos. Überraschenderweise spürte IceCube kein einziges Neutrino auf, das zu einem solchen Ausbruch gepasst hätte. Das aber widerspricht der Vermutung, Gammablitz könnten als „Superbeschleuniger“ für jene extrem schnellen kosmischen Teilchen fungieren, die gelegentlich auf die Erdatmosphäre treffen. So wie es aussieht, müssen die Physiker ihre derzeitigen Theorien vermutlich überarbeiten.

Nachweis eines Neutrinos im IceCube-Detektor.



Neutrinos sind extrem flüchtige Teilchen, die kaum mit Materie interagieren. Um sie dennoch aufzuspüren zu können, haben die Forscher im antarktischen Eispanzer eine riesige, raffinierte Kamera installiert. 86 Drahtseile sind kilometertief ins ewige Eis versenkt, jedes mit Dutzenden von Glasbällen behangen. Diese basketballgroßen Kugeln fungieren als „Augen“ für Lichtsignale, die die Neutrinos sporadisch im



1450m

2450m



324m

IceCube im antarktischen Eis

Schwarzen Löchern auf der Spur

Das neue Gammateleskop CTA soll kosmische Gewaltakte vermessen



„Bislang kennen wir rund 150 höchstenergetische Gammaquellen am Himmel, CTA soll diese Zahl verzehnfachen und mehr als 1000 neue Quellen entdecken!“

Dr. Stefan Schlenstedt, Physiker am DESY-Standort in Zeuthen

Galaxien, die gewaltigen Strudeln ähneln, oder intergalaktische Staubwolken, geformt wie ein Pferdekopf: Solche spektakulären Aufnahmen prägen das Bild der Astronomie. Doch es gibt auch Teleskope, die kein sichtbares Licht aufnehmen, sondern andere Strahlungsarten, etwa die Gammastrahlung. Sie entsteht etwa bei kosmischen Gewaltereignissen wie Supernova-Explosionen. Mit dem Gammateleskop CTA (Cherenkov Telescope Array) soll ein neues Observatorium entstehen, das Gammastrahlen mit bislang unerreichter Empfindlichkeit aufspürt. DESY treibt dieses internationale Großprojekt maßgeblich voran.

Gammastrahlen sind die energiereichsten elektromagnetischen Wellen, die die Forscher kennen: Ein Gammaquant kann viele Billionen Mal mehr Energie enthalten als ein Quant des sichtbaren Lichts. Dementsprechend gewaltig sind die Prozesse, bei denen Gammastrahlung im Universum entsteht – wenn in der Umgebung schwarzer Löcher Materieteilchen auf unvorstellbare Energien beschleunigt werden oder Neutronensterne irrwitzig schnell um sich selbst rotieren. Spezialteleskope, die diese Gammastrahlung auffangen, können wertvolle Details über die fernen Gewaltakte liefern.

Das Prinzip des Gammateleskops CTA: Treffen hochenergetische Gammastrahlen auf die Lufthülle der Erde, lösen sie dort eine regelrechte Teilchenlawine aus. Die wiederum ruft spezielle blaue Lichtblitze hervor, Cherenkov-Licht genannt. Mehrere Teleskope, verteilt über ein Areal von einigen Quadratkilometern, fangen dieses Licht auf. Anschließend lässt sich aus den Messdaten rekonstruieren, woher ein Gammaquant kam und welche Energie in ihm steckte.

Die bisherigen Anlagen bestehen aus maximal fünf Einzelteleskopen, bei CTA sollen es rund 100 sein. Um den gesamten Himmel im Auge zu haben, sind zwei Standorte geplant – ein kleinerer auf der Nordhalbkugel, ein größerer in der Südhemisphäre, auf einer Fläche groß wie 100 Fußballfelder.

Das CTA-Team umfasst 1000 Experten aus 25 Ländern – ein weltumspannendes Konsortium. „Zahlenmäßig bildet DESY die wohl größte Gruppe von den 140 Institutionen, die bei CTA mitmachen“, sagt DESY-Physiker Stefan Schlenstedt. Unter anderem verantworten die DESY-Physiker den Bau mittelgroßer Teleskope und spielen bei der Entwicklung der Teleskopsteuerung eine führende Rolle.

DESY beteiligt sich an mehreren internationalen Forschungsprojekten zum Nachweis von Gammastrahlung aus kosmischen Quellen. Dazu gehören auch die H.E.S.S.-Teleskope in Namibia.





„Mit PETRA III und FLASH besitzen wir zwei der weltweit besten Röntgenquellen, um den Aufbau und die Funktion von Materie detailliert zu untersuchen.“

Prof. Edgar Weckert, DESY-Direktor für den Bereich Forschung mit Photonen



„Seit über 50 Jahren werden bei DESY innovative Beschleunigerkonzepte und Technologien entwickelt, die es immer wieder ermöglichen, wissenschaftliches Neuland zu betreten.“

Dr. Reinhard Brinkmann, DESY-Direktor für den Beschleunigerbereich



„DESYs Teilchenphysiker sind an vorderster Front an den großen Experimenten weltweit beteiligt und suchen dort nach den Grundbausteinen des Universums.“ *Prof. Joachim Mnich, DESY-Direktor für den Bereich Hochenergiephysik und Astroteilchenphysik*



„Bereits heute spielt DESY eine herausragende Rolle in der internationalen Astroteilchenphysik. Das wollen wir stärken und den DESY-Standort in Zeuthen zu einem nationalen Zentrum auf diesem Gebiet ausbauen.“

Prof. Christian Stegmann, Leiter des DESY-Standorts Zeuthen



Medizin

Nanotechnologie

Mikrokosmos

FORSCHUNG



METROPOLREGION

FORSCHUNG

GROSSGERÄTE

DESY

AUSBILDUNG

INNOVATION

KOOPERATION

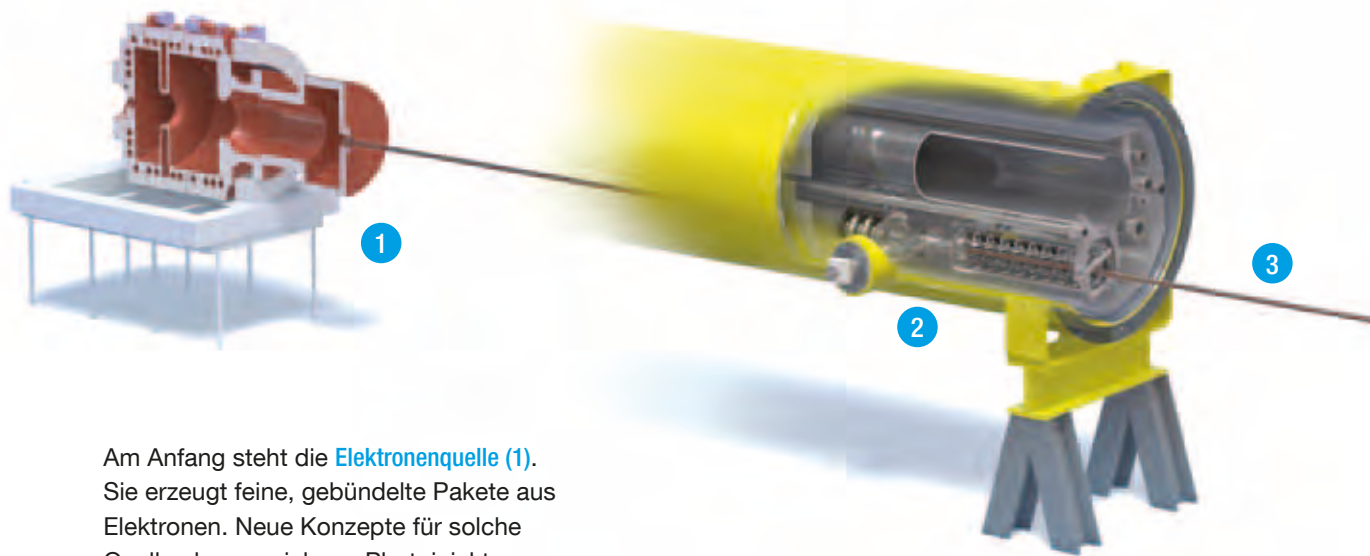
GROSSGERÄTE FÜR DIE WISSENSCHAFT

Großgeräte ermöglichen Spitzenforschung und Innovationen. DESYs Beschleunigeranlagen sind international gefragte Supermikroskope für ein breites Anwendungsspektrum. Beschleuniger bringen kleine geladene Teilchen auf hohe Energien und bis fast auf Lichtgeschwindigkeit. Teilchenphysiker lassen diese frontal aufeinanderprallen und enträtseln dadurch, aus welchen Urbausteinen Materie besteht. Materialforscher, Biologen oder Chemiker hingegen profitieren von dem extrem starken und gebündelten Röntgenlicht, das die schnellen Teilchen aussenden können. Auf beiden Gebieten genießen die DESY-Beschleuniger Weltruf.

Heute prägen drei Großbeschleuniger den DESY-Campus: PETRA III ist der weltbeste Speicherring für die Erzeugung von Röntgenstrahlung. FLASH liefert ultrakurze Blitze aus „weichem“ Röntgenlicht und ermöglicht einzigartige Experimente. Und ab 2015 wird der European XFEL für einen neuen Weltrekord sorgen und die intensivsten Röntgenblitze aller Zeiten erzeugen. Ein Trio, das DESY zum international führenden Zentrum für Röntgenexperimente macht.

Beschleuniger als Supermikroskope

Wie schnelle Teilchen Röntgenlicht erzeugen



Am Anfang steht die **Elektronenquelle (1)**. Sie erzeugt feine, gebündelte Pakete aus Elektronen. Neue Konzepte für solche Quellen lassen sich am Photoinjektor-Teststand PITZ am DESY-Standort in Zeuthen entwickeln.

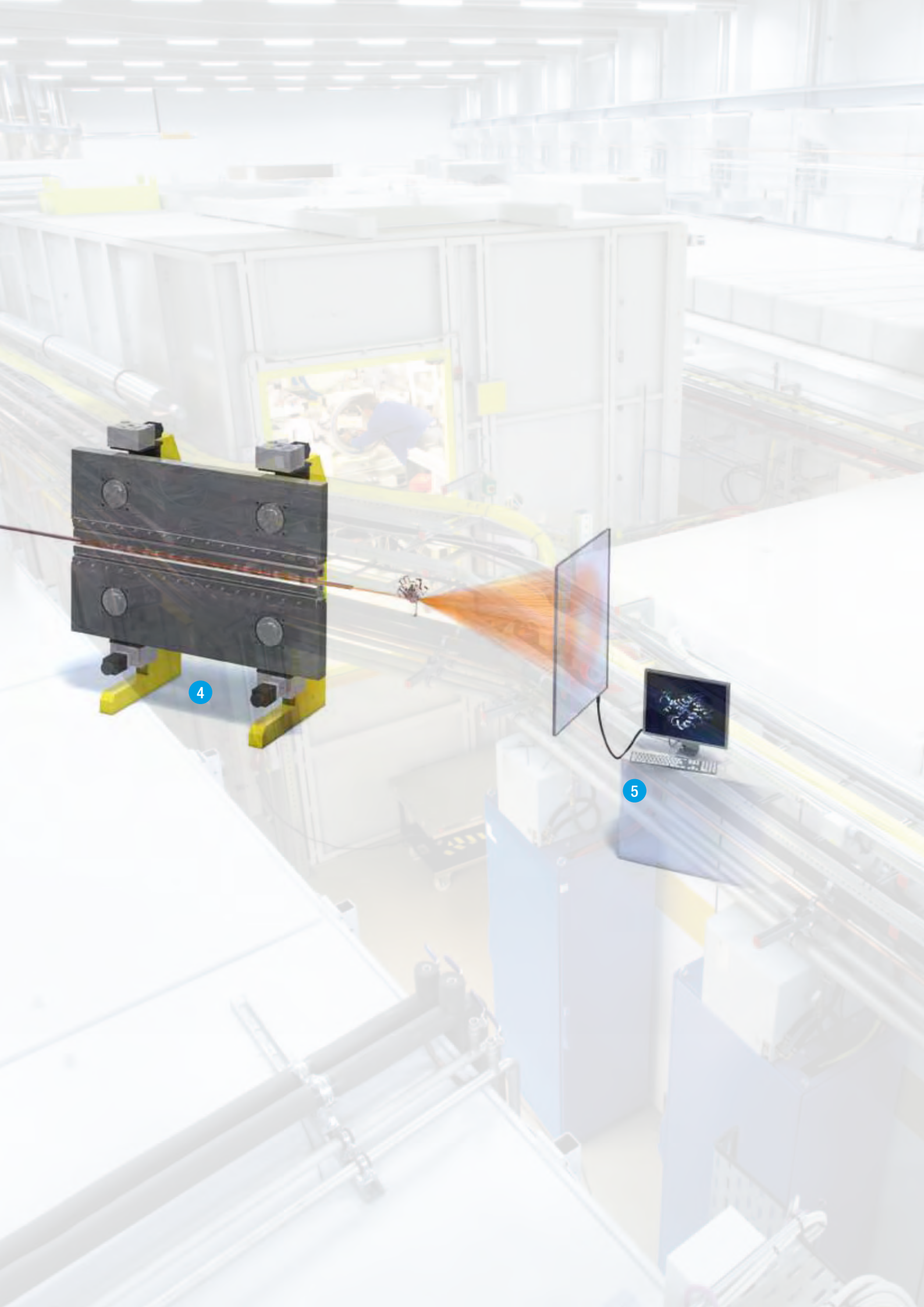
Haben die Teilchen die Elektronenquelle verlassen, ist ihre Energie relativ gering. Den richtigen Schub geben die **Beschleunigermodule (2)**. In diese werden starke Radiowellen eingespeist, auf denen die Elektronen dann „reiten“ können wie Surfer auf der Welle. Besonders effektiv sind supraleitende TESLA-Module, entwickelt bei DESY.

Damit die Elektronen nicht durch Luft abgebremst werden, fliegen sie in **Vakuumröhren (3)**. Magnetlinsen gewährleisten, dass die Teilchenpakete stets haarfein gebündelt bleiben. Wenn nötig, leiten Ablenkmagneten die Elektronen um die Kurve.

Haben die Teilchen ihre Maximalenergie erreicht, lässt man sie durch Magnetstrukturen fliegen, die **Undulatoren (4)**. Diese zwingen die Elektronen auf einen Slalomkurs und bringen sie dazu, intensive Röntgenblitze auszusenden.

Diese Blitze nutzen Forscher, um an **Messplätzen (5)** die unterschiedlichsten Proben zu untersuchen. Das Prinzip: Die Atome der Probe lenken das Röntgenlicht ab, Detektoren fangen die abgelenkte Strahlung auf. Anhand der Messdaten können die Wissenschaftler rekonstruieren, wie die Atome der Probe, beispielsweise eines Biomoleküls, angeordnet sind – eine Voraussetzung, um die Eigenschaften eines Materials im Detail verstehen zu können.

Als Beschleuniger kann entweder ein Speicherring oder ein Linearbeschleuniger dienen. Im Speicherring können die Elektronen stundenlang kreisen und dabei viele Messplätze mit Röntgenlicht versorgen. Beim Linearbeschleuniger ist die Zahl der Messplätze kleiner. Dafür kann er intensive, kurze Röntgenblitze erzeugen, die Eigenschaften von Laserlicht aufweisen – die Voraussetzung für eine neue Generation von Experimenten.



4

5



Technical specifications label with CE mark and other technical details.

Gewicht:

No hands sign (prohibition of hand entry into the machine).



5t

 **BABCOCK NOELL**

 **PILIKE**



Brillantring PETRA III

Der hellste Speicherring der Welt eröffnet neue Perspektiven für die Nanoforschung

Als er 1978 eingeweiht wurde, war PETRA der größte Beschleuniger der Welt. Zunächst fungierte er als „Kollisionsmaschine“ für die Teilchenphysik, später als Vorbeschleuniger für den noch größeren HERA-Ring. Danach wurde er zur brilliantesten Lichtquelle seiner Art umgebaut: Seit 2010 liefert PETRA III Röntgenstrahlung, die stärker und gebündelter ist als bei allen anderen Speicherringen auf der Welt.

Insgesamt 14 Spezialmagnete (Undulatoren) produzieren das Röntgenlicht. Durch Röhren gelangt die Strahlung an 30 Messplätze, an denen Forscher ihre Versuche durchführen können – sieben Tage die Woche, 24 Stunden am Tag. Die Experimentierhalle ist außergewöhnlich: fast 300 Meter lang, leicht gebogen und mit einem Fußboden bestückt, der aus der längsten Betonplatte besteht, die je in einem Stück geschüttet wurde. Die Platte schirmt die PETRA III-Messstände vor störenden Vibrationen ab – wichtig für die Präzision der Versuche.

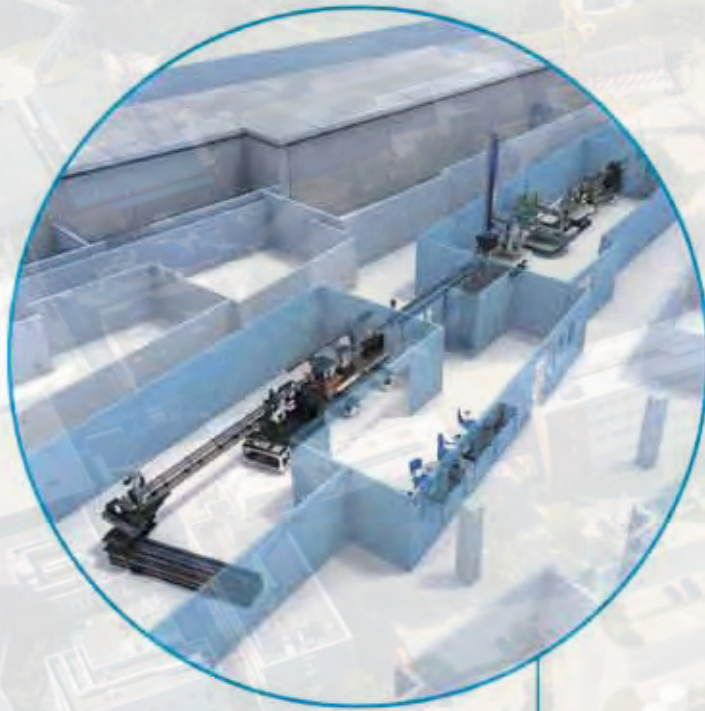
Das Besondere an PETRA III: Die Röntgenstrahlen sind sehr stark gebündelt, bis zu 5000-mal feiner als ein menschliches Haar. Damit lassen sich extrem kleine Proben untersuchen – winzige Kristalle aus Eiweißen ebenso wie Nanokristalle für die Festplatten der Zukunft. Außerdem kann PETRA III sehr „harte“, also kurzwellige Röntgenstrahlung erzeugen. Diese hat den Vorteil, tiefer in Materie einzudringen als anderes Röntgenlicht – wichtig etwa für die Analyse von neuen Metalllegierungen, wie sie für die Autos und Flugzeuge der Zukunft interessant sind.

Von der Medizinforschung bis zur Nanotechnologie reicht die Spanne der Experimente an PETRA III.

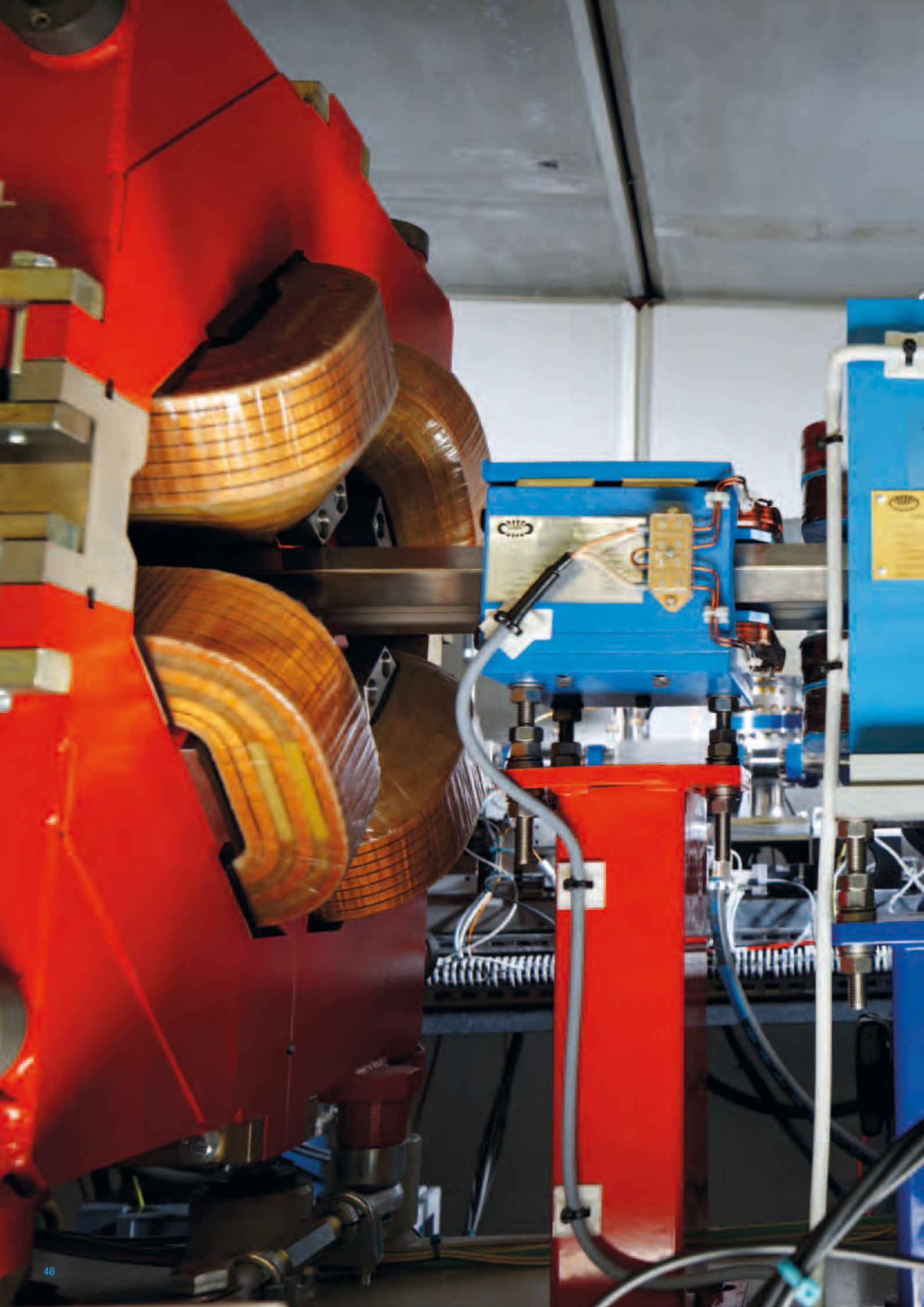
Das Interesse von Forschern aus aller Welt ist immens – regelmäßig ist PETRA III komplett überbucht. Nur ein Bruchteil der Experimentierwünsche kann bedient werden. Nicht zuletzt deshalb wird der Ring weiter ausgebaut: 2014 sollen zwei neue Experimentierhallen mit weiteren Messständen dazukommen.

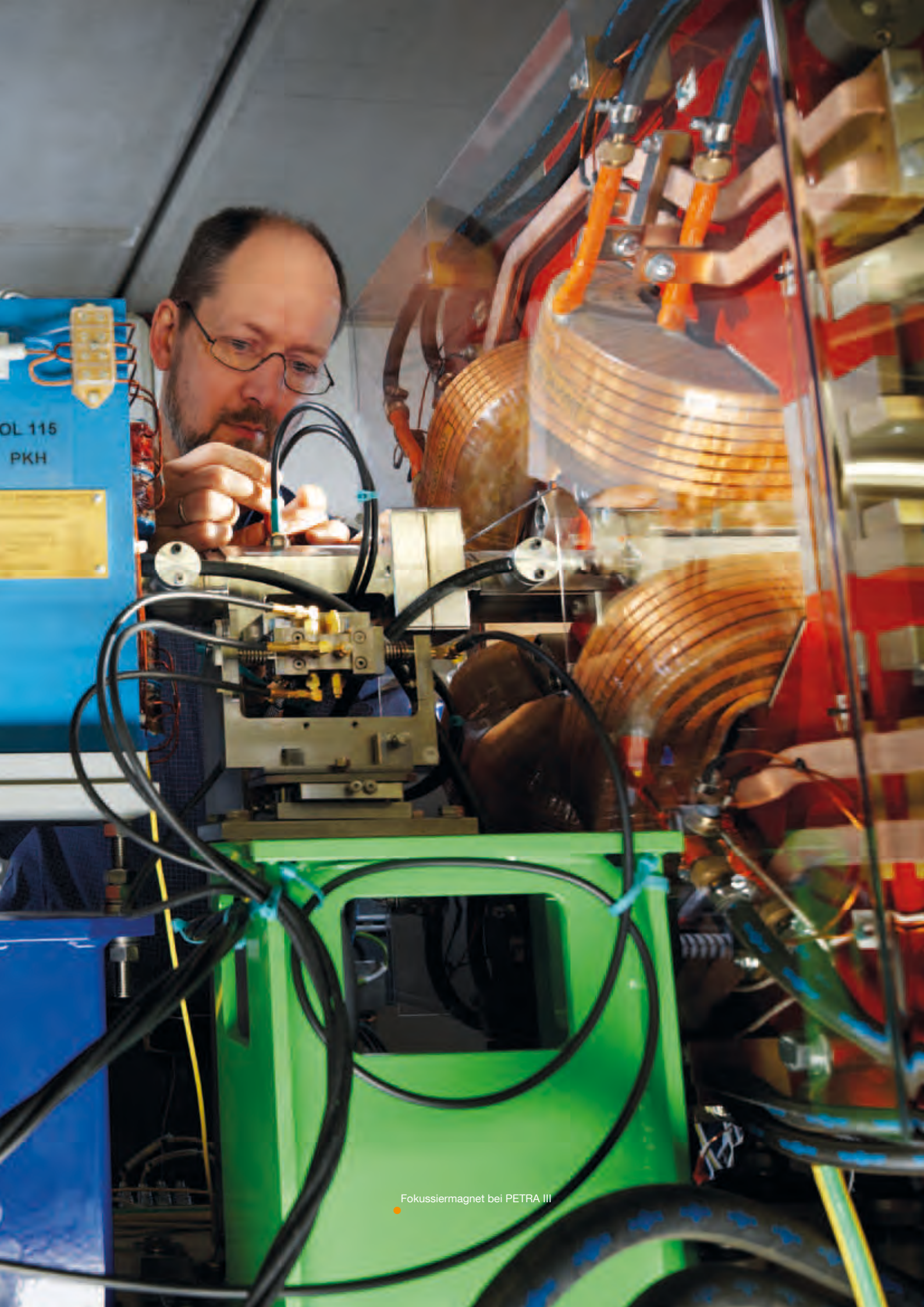


An den Messplätzen von PETRA III steht den Wissenschaftlern besonders starkes und gebündeltes Röntgenlicht zur Verfügung.



Die Messplätze von
PETRA III befinden sich jeweils
am Ende der fächerförmig
verlaufenden Strahlführungen.





Fokussiermagnet bei PETRA III



Rekordblitzen mit FLASH

Der Vorreiter einer neuen Lasergeneration steht in Hamburg

Ein Laser, der hochintensive, ultrakurze Röntgenblitze produziert – davon konnten die Wissenschaftler jahrzehntelang nur träumen. Bei DESY ist die Vision Realität geworden: Seit 2005 liefert FLASH hochintensive Laserpulse aus „weichem“, also relativ langwelligem Röntgenlicht für die Forschung. Die Maschine ist nicht ringförmig, sondern schnurgerade und insgesamt 300 Meter lang. Grundlage ist ein supraleitender Beschleuniger, der auf der TESLA-Technologie basiert. Er schießt schnelle Elektronen durch eine spezielle Magnetanordnung (Undulator), in der die Laserblitze entstehen. Freie-Elektronen-Laser (FEL), so heißt die Technologie. FLASH ist die erste FEL-Anlage der Welt, die Röntgenstrahlung erzeugt hat.

Die Blitze von FLASH haben besondere Eigenschaften: Sie sind tausendmal stärker als die Pulse vergleichbarer konventioneller Laser. Außerdem sind sie deutlich kürzer als die Röntgenpulse aus einem Speicherring. Das erlaubt den Forschern, extrem schnelle Prozesse detailliert zu verfolgen: Wie genau läuft eine chemische Reaktion ab? Was passiert im Einzelnen, wenn ein Metall schmilzt? Was geschieht, wenn winzige Nanomagnete – vielversprechende Werkstoffe für die Datenspeicher der Zukunft – ummagnetisiert werden?

Das Interesse der internationalen Forschergemeinde an FLASH ist enorm. Längst nicht jeder Wissenschaftler, der gern mit den intensiven Laserblitzen arbeiten möchte, kommt zum Zuge. Deshalb wird die Anlage nun ausgebaut: Vom Beschleunigertunnel wird ein zweiter Tunnel für Undulatoren abgezweigt. Deren Lichtblitze landen in einer neuen Experimentierhalle mit mehreren Messständen, die viel Raum für zusätzliche Experimente bieten.

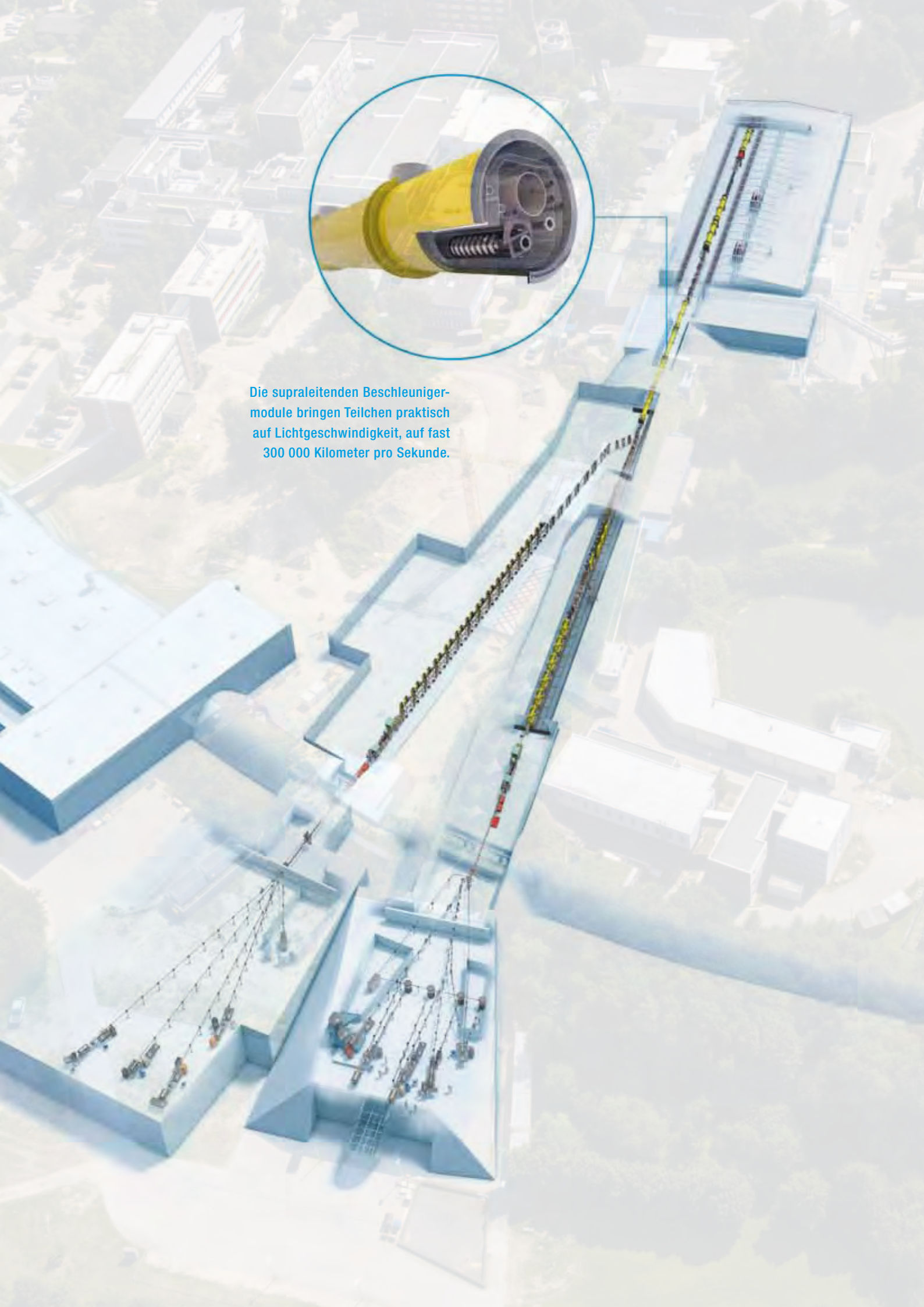
Mit den ultrakurzen, hochintensiven Röntgenblitzen von FLASH lassen sich Filme im Nanokosmos drehen.



Im mobilen Reinraum (links) werden Komponenten für die Messungen an FLASH direkt in der großen Experimentierhalle (rechts) staubfrei montiert.



Die supraleitenden Beschleuniger-
module bringen Teilchen praktisch
auf Lichtgeschwindigkeit, auf fast
300 000 Kilometer pro Sekunde.





Beschleunigermodule im FLASH-Tunnel

MODUL 6





Röntgenlaser der Superlative

Mit dem European XFEL startet 2015 eine einzigartige Forschungsmaschine

Sie sind milliardenfach heller als das Licht aus einem Speicherring und deutlich kürzer als eine billionstel Sekunde – jene Röntgenblitze, die eine spektakuläre Laseranlage ab 2015 erzeugen wird: Der European XFEL ist ein 3,4 Kilometer langer Gigant, eingebaut in unterirdische Tunnelröhren. Er beginnt auf dem DESY-Gelände in Hamburg-Bahrenfeld, verläuft in Richtung Nordwest und endet hinter der Landesgrenze zu Schleswig-Holstein in einer riesigen Experimentierhalle.

27 000 Röntgenblitze pro Sekunde erzeugt der European XFEL und eröffnet völlig neue Forschungsmöglichkeiten für Naturwissenschaftler und industrielle Anwender.

Basis ist ein supraleitender, knapp zwei Kilometer langer Beschleuniger. Er bringt Elektronen nahezu auf Lichtgeschwindigkeit und schießt sie anschließend durch lange Undulatoren. Diese Spezialmagnete zwingen die Elektronen auf Slalombahnen, wodurch die Teilchen extrem kurze und starke Röntgenblitze aussenden. Anders als die Röntgenpulse aus einem Speicherring haben diese Blitze Lasereigenschaften – was bestimmte Experimente erst möglich macht, etwa die Aufnahme von Hologrammen.

Zwar gibt es auch in Japan und den USA ähnlich große Röntgenlaser. Doch im Gegensatz zum European XFEL verwenden sie keine supraleitenden Beschleuniger und können deshalb nur relativ wenige Röntgenblitze pro Sekunde abfeuern. Der European XFEL dagegen schafft 27 000 Blitze pro Sekunde – für manche Experimente ein entscheidender Vorteil.

Zwölf europäische Länder sind an dem Gemeinschaftsprojekt beteiligt. DESY ist Hauptgesellschafter und arbeitet mit der European XFEL GmbH bei Bau und Betrieb der Anlage eng zusammen. DESY baut zusammen mit internationalen Partnern unter anderem das Herz der Röntgenlaseranlage – den 1,7 Kilometer langen supraleitenden Beschleuniger mit der Elektronenquelle – und wird diesen später auch betreiben. Von den Forschungsmöglichkeiten werden die unterschiedlichsten Wissenschaftler profitieren – Halbleiterphysiker ebenso wie Molekularbiologen, Mediziner, Chemiker, Astrophysiker oder Geologen.



Blick in die zukünftige Experimentierhalle und eine Tunnelröhre des European XFEL

AT
Nörkestraße
Luruper Chaussee
**DESY-Campus
Hamburg-Bahrenfeld**

An den Messplätzen treffen die
Röntgenblitze auf Materialproben
und durchleuchten sie
bis ins Detail.



European XFEL
Forschungsgelände
Schenefeld



„Bei Konzeption, Bau und Betrieb von Teilchenbeschleunigern spielt DESY eine internationale Vorreiterrolle. DESYs Beschleunigeranlagen ziehen exzellente Wissenschaftler aus aller Welt an und sind erstklassige Schmieden für ambitionierte Nachwuchsforscher.“ *Dr. Reinhard Brinkmann, DESY-Direktor für den Beschleunigerbereich*

„Unsere technologischen Entwicklungen treiben auch wirtschaftlich interessante Felder voran. Davon profitieren unsere Partner in Industrie und Wirtschaft. Die Anwendungen der DESY-Beschleuniger reichen von Technologien für schnellere Computer, bessere Datenspeicher, effizientere Solarzellen und Batterien bis hin zu Hightech-Werkstoffen und maßgeschneiderten Medikamenten.“ *Christian Scherf, Kaufmännischer Direktor bei DESY*



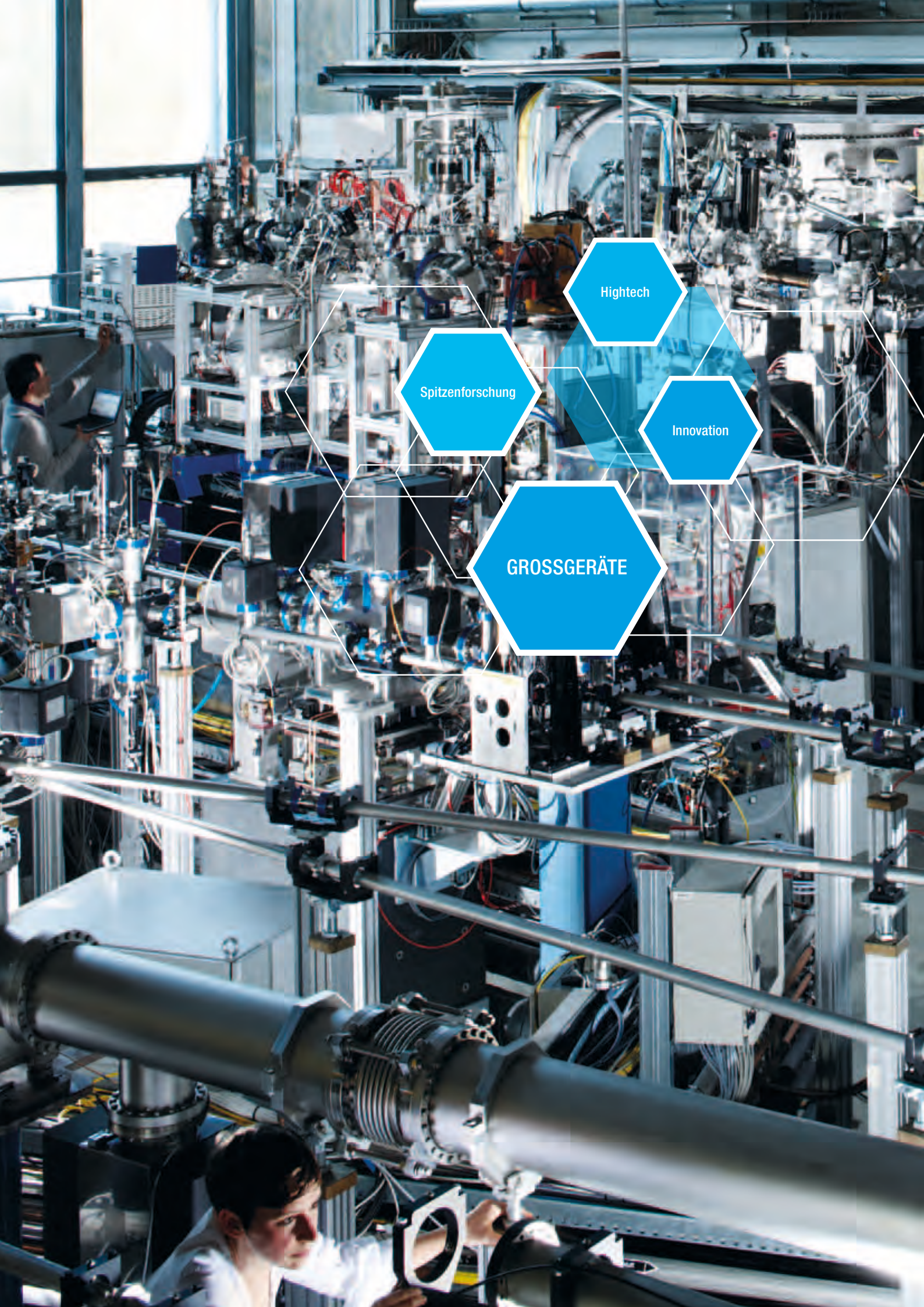
„DESY ist der wichtigste Partner des Röntgenlasers European XFEL. Ohne das Know-how von DESY wäre es unmöglich, diese gewaltige Maschine zu bauen.“ *Prof. Massimo Altarelli, Direktor des European XFEL*



„Um Antworten auf die großen drängenden Fragen von Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft zu finden, erforscht die Helmholtz-Gemeinschaft unter Einsatz von wissenschaftlichen Forschungsinfrastrukturen, wie den DESY-Großgeräten, Systeme hoher Komplexität.“ *Prof. Jürgen Mlynek, Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft*



„Damit wir Großgeräte bauen und betreiben können, müssen viele kluge Köpfe einer gemeinsamen Idee folgen und ihre Fähigkeiten bündeln. Daher sorgen hunderte Fachleute dafür, dass die DESY-Infrastruktur höchst zuverlässig funktioniert. Ohne sie würde auch der technisch brillianteste Beschleuniger nicht laufen.“ *Dr. Karsten Wurr, Hauptabteilungsleiter Verwaltung bei DESY*

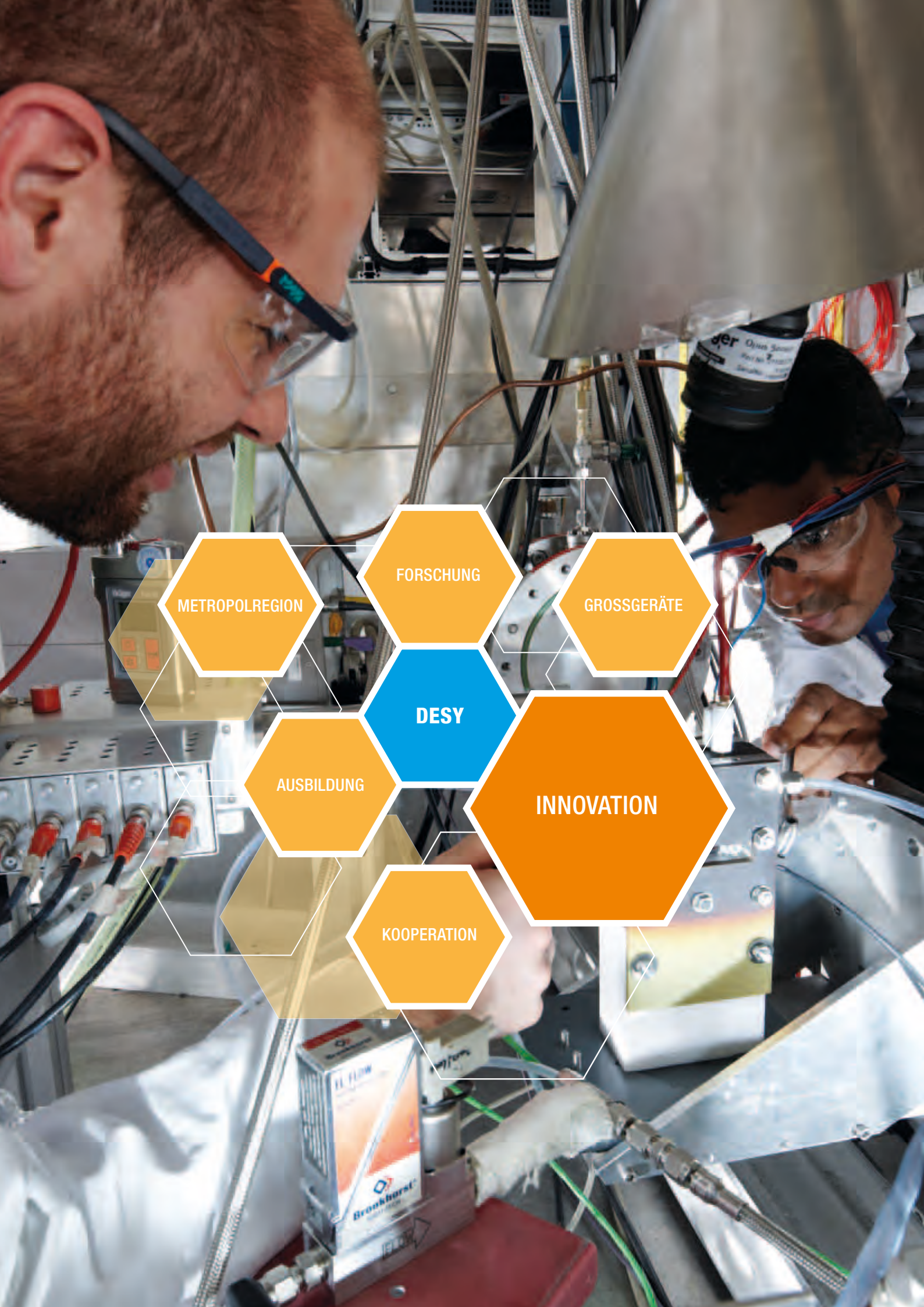


Hightech

Spitzenforschung

Innovation

GROSSGERÄTE



METROPOLREGION

FORSCHUNG

GROSSGERÄTE

DESY

AUSBILDUNG

INNOVATION

KOOPERATION

INNOVATIONEN FÜR DIE GESELLSCHAFT

Unsere Wirtschaft ist auf Innovationen angewiesen. Ohne Erfindungen und zündende Ideen sind neue, kommerziell erfolgreiche Produkte in unserem technologieorientierten Land nicht denkbar. DESY trägt zu diesem Innovationsprozess gleich in mehrfacher Hinsicht bei: Zum einen bilden die Erkenntnisse der Grundlagenforschung eine breite, fruchtbare Basis für künftige Innovationen. Zum anderen haben manche Experimente einen direkten Anwendungsbezug – etwa wenn Industrieunternehmen Messzeit an den DESY-Röntgenquellen buchen, um ihre Produkte weiterzuentwickeln. Hinzu kommen die Spin-offs, die aus einigen Forschungsprojekten erwachsen. So taugen die Beschleuniger- und Detektortechnologien, die bei DESY entwickelt werden, auch für neuartige medizinische Hightech-Geräte. Sie versprechen detailliertere Diagnosen und schonendere Therapien zum Beispiel für die Krebsbehandlung.

Von zentraler Bedeutung ist die Kooperation mit den Firmen, mit denen DESY seine Beschleuniger und Detektoren entwickelt. Beispielsweise bei der Fertigung der supraleitenden TESLA-Beschleunigermodule: DESY schafft Know-how bei den beteiligten Hightech-Unternehmen. Die Firmen profitieren von der Kooperation, etwa indem sie neue Produktionsverfahren erschließen. Denn die Komponenten und Verfahren, die sie für DESY entwickeln, erfordern absolute Spitzentechnologie – und oftmals neue technische Lösungen. Diese sind später für die Herstellung anderer Produkte nützlich, etwa in der Medizinbranche, der Radar- und Satellitentechnik und im chemischen Anlagenbau. Dadurch erlangen die DESY-Industriepartner nicht selten einen Technologievorsprung gegenüber der Konkurrenz.



Mini-Detektor für die Medizin

DESY-Technologie für die Arztpraxis

Eigentlich entwickelt die Physikerin Erika Garutti hochempfindliche Spezialsensoren für künftige Teilchendetektoren, die in der Grundlagenforschung eingesetzt werden. Doch dann ging der Italienerin ein Licht auf: Die Technik müsste ebenso gut für ein medizinisches Diagnoseverfahren taugen, den „PET-Scanner“. Aus der cleveren Idee wurde ein erfolgreiches europäisches Forschungsprojekt, an dem neben DESY und CERN auch drei Kliniken beteiligt sind.

PET-Scanner dienen unter anderem zur Früherkennung von Tumoren. Der Arzt verabreicht dem Patienten eine Zucker-Verbindung, markiert mit einem schwach radioaktiven Stoff. Im Körper wird der Zucker bevorzugt von Krebszellen aufgenommen. Wenn der radioaktive Stoff zerfällt, werden hochenergetische Lichtblitze abgestrahlt, die von Spezialsensoren aufgefangen werden. Deren

Signale setzt ein Computer in Bilder um, die dem Mediziner verraten, ob und wo Tumorzellen vorhanden sind.

„Mit unseren neuen Sensoren könnte man künftig deutlich schärfere PET-Bilder aufnehmen“, erläutert Garutti. „Und man könnte die Strahlenbelastung für die Patienten spürbar verringern.“ Dass die Sensoren grundsätzlich funktionieren, haben die Wissenschaftler bereits mit einem Prototypen bewiesen. Jetzt arbeiten sie an einem Miniatur-Detektor, der an die Spitze einer Magensonde eingesetzt werden soll, um gefährliche Tumoren der Bauchspeicheldrüse möglichst früh zu erkennen. Erste klinische Tests sind für 2014 geplant.

Ideen und Know-how aus der Teilchenphysik führten zu einem neuartigen PET-Scanner für die Früherkennung von Krebs.



Versuchsaufbau für die Entwicklung des PET-Scanners



Der PET-Scanner wird mit Hilfe einer Magensonde zu den inneren Organen geführt, um Tumore zu erkennen.



Weniger Strahlung beim Röntgen

Ein Forscherteam bei DESY entwickelt schonende Technologie

In Deutschland ist Brustkrebs die häufigste Tumorerkrankung bei Frauen. Deshalb empfehlen Experten als Vorsorge die Mammographie, die regelmäßige Röntgenuntersuchung ab einem Lebensalter von 50. Doch Röntgen ist bekanntlich mit Strahlenbelastung verbunden. Deshalb arbeiten DESY-Forscher gemeinsam mit dem Helmholtz Zentrum München und der Universität Hamburg an einer deutlich schonenderen Methode.

Der Plasmabeschleuniger könnte die Strahlendosis bei der Mammographie deutlich verringern.

Derzeit wird die Strahlung, welche die Patientinnen durchleuchtet, von Röntgenröhren erzeugt. Diese Röhren liefern ein relativ breites Spektrum. Ein Großteil davon wird für die Röntgenaufnahme gar nicht benötigt, trägt aber dennoch zur Dosis bei – und damit zur Strahlenbelastung der Untersuchten.

Aus diesem Grund möchte das Forscherteam die Röhren durch eine andere, effizientere Röntgenquelle ersetzen. Basis ist ein Laser, der mit starken Lichtblitzen ein Plasma erzeugt. Dieses Plasma ist elektrisch aufgeladen und kann Elektronen so stark beschleunigen, dass sie beim Durchlauf durch einen Magneten Röntgenlicht abgeben.

Das Entscheidende: Verglichen mit einer Röntgenröhre würde solch ein Plasmabeschleuniger ein deutlich schmaleres Spektrum erzeugen. Die Folge: mehr Nutz- und weniger Abfallstrahlung. Simulationen legen nahe, dass unter Ausnutzung weiterer spezieller Eigenschaften die derzeit typische Strahlendosis auf ein Drittel reduziert werden könnte. Zwar steht das Projekt noch ganz am Anfang. Doch mit Philips Healthcare zeigt bereits ein etablierter Industriepartner erstes Interesse an der neuen Technologie.

Röntgenaufnahmen der Brust ermöglichen die frühe Erkennung von Tumoren, sind aber immer mit einer Strahlenbelastung verbunden.





Starke Partner in der Materialforschung

Das Helmholtz-Zentrum Geesthacht durchleuchtet Werkstoffe bei DESY



„Die exzellenten Eigenschaften der Röntgenquelle PETRA III ermöglichen uns, neue Wege bei der Entwicklung innovativer Werkstoffe zu gehen.“

Prof. Wolfgang Kaysser, wissenschaftlich-technischer Geschäftsführer des Helmholtz-Zentrums Geesthacht

Der hochfeste Aluminiumrumpf eines Passagierjets, korrosionsbeständige Stähle für Schiffspropeller, hitzebeständige Turbinenschaufeln – all diesen Hightech-Werkstoffen ist eines gemeinsam: Um sie für ihren Einsatz maßschneidern zu können, müssen Materialforscher möglichst viel über ihr „Innenleben“ wissen: Wie sind die Atome in den Materialien angeordnet, enthalten die Werkstoffe schädliche Risse, Poren oder Fremdkörper? Wertvolle Antworten kann PETRA III liefern, eine der hellsten Röntgenquellen der Welt. Dafür betreibt das Helmholtz-Zentrum Geesthacht mit seiner Forschungsplattform GEMS (German Engineering Materials Science Center) eine Außenstelle bei DESY.

Die Außenstelle ist auf die ingenieurwissenschaftliche Materialforschung ausgerichtet und besteht aus mehreren Messplätzen in der PETRA-Experimentierhalle. Unter anderem können die Werkstoffexperten verfolgen, was im nanoskaligen Detail geschieht, wenn eine Schweißnaht entsteht.

Andererseits können massive Werkstücke wie komplette Schiffspropeller präzise durchleuchtet oder Kunststoff-Membranen analysiert werden, die eines Tages der Abscheidung von Kohlendioxid dienen könnten. Damit helfen die Experten an PETRA III bei der Weiterentwicklung von Werkstoffen, die über kurz oder lang in Industrie, Verkehr und Alltag zum Einsatz kommen werden: neue Materialien für leichtere Autos, effektivere Fertigungsverfahren für den Flugzeugbau und bessere Wasserstoff-tanks für klimafreundliche Antriebe.



Materialforschung an PETRA III: An der sogenannten Imaging Beamline (IBL) können Werkstoffexperten besonders hochaufgelöste, detailreiche Bilder anfertigen.



Werkstoffprüfung an einem Motorblock



Kick für den Kat

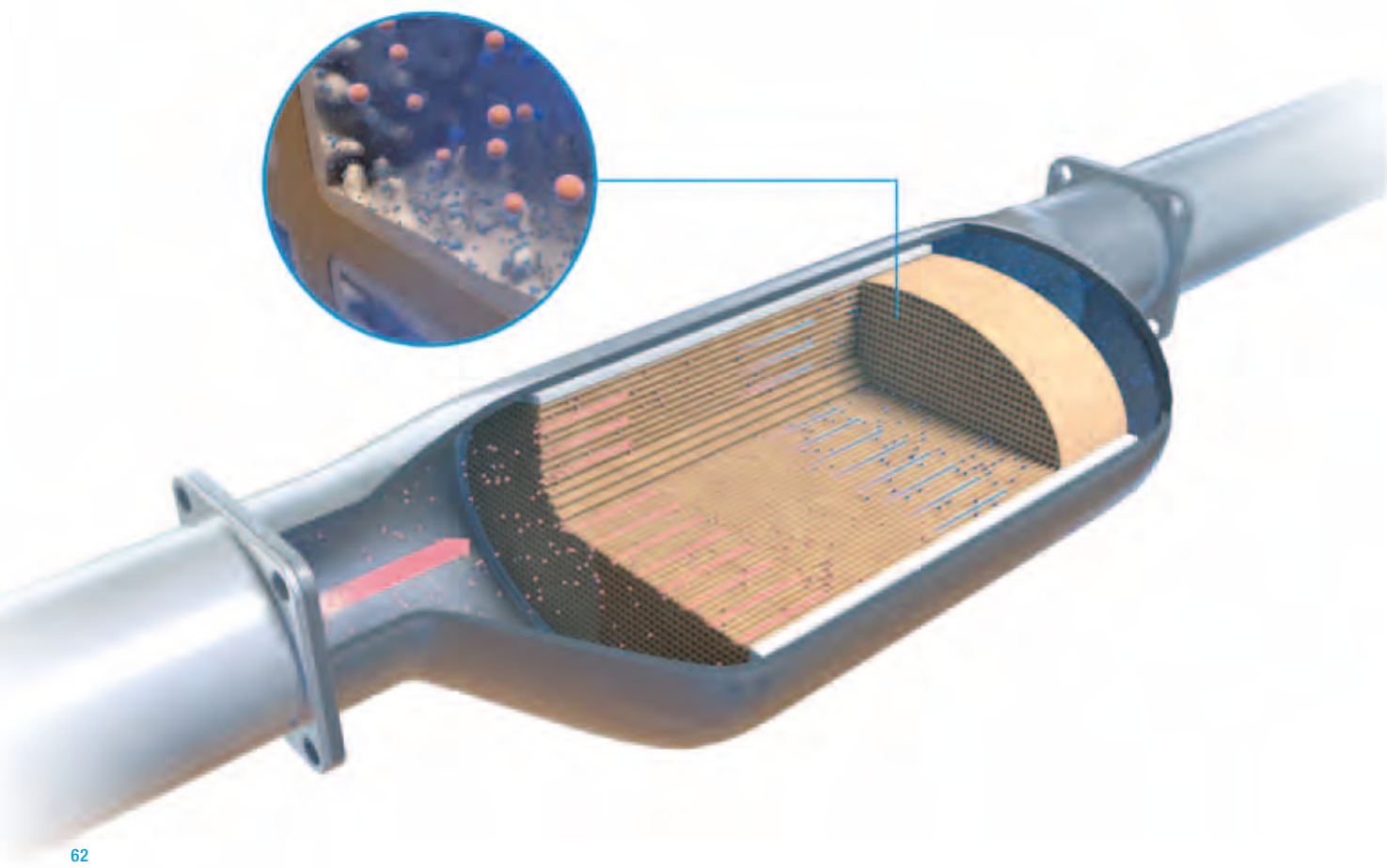
Wie die Industrie von DESY profitiert

Die von Beschleunigern erzeugten Röntgenblitze sind hochintensiv und stark gebündelt – ideal, um verschiedene Substanzen zu durchleuchten, darunter Werkstoffe, Proteine und chemische Katalysatoren. Auch die Industrie nutzt seit Jahren die deutschlandweit einzigartige Infrastruktur von DESY – manche für einzelne Projekte, andere mieten für einen festen Beitrag ein bestimmtes Jahreskontingent an Messzeit. Die Experimente bei DESY helfen ihnen, die Produkte effizienter und haltbarer zu machen.

Die Beiersdorf AG nimmt grundlegende Eigenschaften von Stoffen unter die Lupe, die für die Kosmetik wichtig sind. Andere Unternehmen befassen sich mit

Katalysatoren – Substanzen, die eine chemische Reaktion beschleunigen und damit erst nutzbar machen. Diese Katalysatoren dienen unterschiedlichen Zwecken: Haldor Topsøe aus Dänemark entwickelt Reaktionsbeschleuniger für die Chemiebranche. Im Auftrag der Petroindustrie untersucht das französische IFPEN Katalysatoren zur Entschwefelung von Erdöl und Erdgas. Und Umicore aus Hanau hat sich dem prominentesten Einsatz des Katalysators gewidmet – dem Abgas-Kat im Auto. Dieser wandelt unter anderem hochgiftiges Kohlenmonoxid in Kohlendioxid um. Mit DESYs Röntgenquellen fanden die Fachleute heraus, wie das im Detail geschieht. Um Alterungseffekte zu studieren, haben sie gebrauchte Diesel-Kats mit fabrikneuen verglichen und deutliche Unterschiede in der atomaren Struktur zwischen alt und neu ausgemacht. Anhand solcher Grundlagen-ergebnisse lassen sich Abgas-Kats dann Schritt für Schritt verbessern.

DESYs „Röntgenlupen“ zeigen, was den Diesel-Kat effizienter und haltbarer macht.



Brennstoffzellen im Röntgenblick

Experten optimieren klimafreundliche Zukunftstechnik



„Wir untersuchen Brennstoffzellen unter realistischen Bedingungen, damit die Industrie von unseren Ergebnissen profitieren kann.“

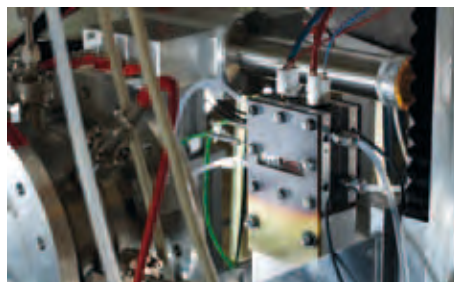
Dr. Christina Roth, Materialwissenschaftlerin

Brennstoffzellen gelten als vielversprechende Aggregate der Zukunft: Sie wandeln Wasserstoff oder Methanol effizient und klimafreundlich in Strom um und könnten eines Tages zum Beispiel Elektroautos zu größeren Reichweiten verhelfen. Forscher am Fachbereich Materialwissenschaft der TU Darmstadt untersuchen Brennstoffzellen mit den intensiven Röntgenstrahlen aus dem Beschleuniger. Ihre Ergebnisse liefern den Herstellern Hinweise, um bessere und effektivere Zellen zu entwickeln.

Die Wissenschaftler bringen komplette, funktionierende Brennstoffzellen nach Hamburg, um sie detailliert mit Röntgenstrahlung unter die Lupe zu nehmen. „Ganz besonders interessieren uns die Elektroden“, beschreibt Materialwissenschaftlerin Christina Roth ihre Arbeit. „Dort finden die entscheidenden Reaktionen statt.“ Unter anderem sorgt ein Platinkatalysator dafür, dass

Wasserstoff- und Sauerstoffmoleküle in Atome gespalten werden. Diese Atome reagieren anschließend zu Wasser, wobei Energie in Form von Strom frei wird.

Allerdings droht das Platin im Dauerbetrieb zu altern. Die winzigen Nanoteilchen verklumpen zu größeren, die Wirkung des Katalysators lässt nach. Mit den gebündelten Röntgenstrahlen können die Forscher beobachten, was auf der Oberfläche der Platinteilchen passiert, etwa wie sich ein Sauerstoffmolekül auf dem Platin anlagert und gespalten wird. „Solche Messungen beherrschen nur wenige Forschergruppen auf der Welt“, sagt Roth. Außerdem können die Experten feststellen, an welchen Stellen eine Brennstoffzelle besonders schnell altert – wichtiges Grundlagenwissen für die Industrie, um haltbarere Systeme entwickeln zu können.



Bei DESY werden Brennstoffzellen mit intensivem Röntgenlicht aus dem Beschleuniger untersucht.



Forschung als Innovationsmotor

DESY kooperiert mit Wirtschaft und Industrie



„Wir arbeiten eng mit Industrieunternehmen zusammen und fördern den Transfer von Technologien und Know-how.“

Katja Kroschewski, Leiterin Technologietransfer bei DESY

Teilchenbeschleuniger sind hochkomplex und stecken voller innovativer Technik, die sich nicht einfach per Katalog bestellen lässt. Deshalb müssen die DESY-Experten viele Komponenten selbst entwickeln – eine Pionierarbeit, bei der sie eng mit Partnern aus der Industrie kooperieren. Davon profitieren beide Seiten: Ohne die Industrie könnte DESY die Anlagen nicht bauen. Im Gegenzug schaffen die Unternehmen während der Kooperation völlig neue Technologien und Verfahren, die sie später auf andere Geschäftsfelder übertragen können – sei es in der Elektronik, der Hochfrequenz-, Vakuum- und Kältetechnik oder bei supraleitenden Systemen. Manche der Entwicklungen werden zum Patent angemeldet.

Ein bei DESY entwickelter Gasmonitor-Detektor erfasst präzise die Position sowie die Intensität jener Röntgenblitze, die von Beschleunigern wie FLASH erzeugt werden. Weltweit gibt es kein vergleichbares System auf dem Markt, mittlerweile kommt das Patent auch an einem US-Beschleuniger zum Einsatz. Interessant könnte es aber auch für die Halbleiterindustrie sein.

Ein in Hamburg erfundenes Dosis-messgerät überwacht, ob an einer Beschleunigeranlage zuviel Strahlung anfällt. Das Patent kann unter anderem bei Beschleunigern verwendet werden, die medizinischen Zwecken dienen. Bei der Entwicklung hat DESY mit

zwei Firmen kooperiert und Lizenz- und Vermarktungsvereinbarungen abgeschlossen.

Gemeinsam mit der Industrie hat DESY ein neues Herstellungsverfahren für nahtlose Resonatoren aus Niobmetall entwickelt, die in supraleitenden Beschleunigermodulen stecken. Die Vorteile gegenüber geschweißten Resonatoren: günstigere Produktion, geringerer Materialbedarf, homogenere Struktur. In Zusammenarbeit mit einem chinesischen Unternehmen entstand eine Fertigungsmethode, mit der sich Bleche aus hochreinem Niob produzieren lassen, dem Grundmaterial für leistungsstarke Beschleuniger.

Um die extrem kurzen Elektronenpakete in den Beschleunigern messen und steuern zu können, entwickelt DESY ein innovatives System aus ultraschnellen Elektronikkomponenten. Dieses System kann durch seinen flexiblen Aufbau nicht nur in Beschleunigern eingesetzt werden, sondern ist auch für Medizintechnikfirmen, Luftfahrtkonzerne, industrielle Online-Inspektion, Handyhersteller oder die Präzisionsmesstechnik interessant.

Als Nahtstelle zwischen Wissenschaft und Wirtschaft fungiert die Stabsstelle Technologietransfer. Sie begleitet den Weg vom Laborergebnis zur wirtschaftlichen Anwendung und unterstützt Forscher sowie Industriepartner bei der Kommerzialisierung einer neuen Technik.



Qualitätsprüfung an einem Resonator



Upgrade für den LHC

DESY-Experten arbeiten an der Zukunft des Superbeschleunigers

Seit 2010 liefert der LHC am Forschungszentrum CERN in Genf Messdaten. Er schießt Protonen mit enormer Wucht aufeinander und erzeugt dadurch neue Elementarteilchen, etwa das Higgs. Entscheidend ist: Je mehr Protonen im Ring aufeinanderprallen, umso mehr Messdaten liefert er und umso genauer lassen sich die erzeugten Teilchen untersuchen. Deshalb plant CERN um das Jahr 2020 einen Ausbau des Beschleunigers. Danach soll die Maschine bis zu zehnmal mehr Protonenkollisionen erzeugen können als im derzeitigen LHC möglich – ein ehrgeiziges Ziel. Auch die Detektoren – die Teilchenkameras – müssen dann umgerüstet werden. An den Vorbereitungen für dieses „Upgrade“ beteiligt sich auch DESY.

„Das Know-how von DESY ist bei den LHC-Experimenten sehr gefragt.“

Dr. Günter Eckerlin, Teilchenphysiker bei DESY



„Wir werden das Innere des CMS-Detektors komplett ersetzen“, erläutert DESY-Physiker Günter Eckerlin. „Die neuen Detektoren werden mit Hilfe modernster Materialien robuster, leichter und leistungsfähiger sein“. Das Problem: Je mehr Kollisionen im Inneren eines Teilchendetektors passieren, desto stärker werden die Sensoren mit energiereicher Strahlung belastet. Standard-Chips, wie sie in einer Handykamera eingebaut sind, würden innerhalb kürzester Zeit ihren Dienst quittieren. Deshalb suchen die Forscher gemeinsam mit der Industrie nach neuen, extrem widerstandsfähigen Sensormaterialien. Getestet werden diese unter anderem bei DESY in Hamburg und in Zeuthen.

Doch die Detektoren sollen nicht nur strahlungsresistenter werden, sondern auch feinkörniger. „Ähnlich wie Digitalkameras immer mehr Megapixel bieten, wollen auch wir die Auflösung unserer Sensoren deutlich steigern“, sagt Ingrid-Maria Gregor, bei DESY verantwortlich für das Upgrade des ATLAS-Detektors. Dabei profitieren die Forscher von der fortschreitenden Prozesstechnologie der Chipfertigung. Konkret soll DESY gemeinsam mit mehreren Universitäten eine der Endkappen von ATLAS zusammenbauen – über 3000 Einzelmodule mit zusammen 25 Quadratmetern Silizium. „DESY besitzt eine Menge Know-how beim Bau und Betrieb von Detektoren“, betont Eckerlin. „Und dieses Wissen ist bei den LHC-Experimenten sehr gefragt.“

Schlaues Speichern

DESY-Wissenschaftler entwickeln ausgefeilte Datenmanagement-Software

Der LHC produziert enorme Datenmengen. Mit den Messdaten eines Jahres ließen sich mehr als eine Million DVDs füllen. Um diese Datenflut zu bewältigen, nutzen Informatiker ein neues Computerkonzept – das Grid, eine Spielart des „verteilten Rechnens“. Dabei agieren Dutzende Rechenzentren rund um den Globus gemeinsam. Das Grid lässt immer dort rechnen, wo die Computer gerade nicht ausgelastet sind. Beispiel: Ein Physiker, der LHC-Daten in Hamburg auswerten will, erhält – ohne es zu bemerken – seine Ergebnisse von Rechnern aus Frankreich, Taiwan oder den USA.

DESY-Wissenschaftler helfen, das Grid stetig weiterzuentwickeln. Ihre Spezialität ist die Organisation der Datenspeicherung. Eine große Herausforderung, denn die Grid-Speicher müssen ungeheure Datenmengen nicht nur sicher aufnehmen, sondern auch von jedem Ort der Welt aus zugänglich machen. „dCache“, so heißt die hauptsächlich von DESY entwickelte Software, ist eine ausgefeilte Technologie zum Managen großer Datenmengen. Der Nutzer kann zum Beispiel angeben, ob die Daten nur auf Festplatte oder auch auf Band abgelegt werden sollen. dCache erledigt das automatisch, der Wissenschaftler muss sich um die Details nicht kümmern.

Außerdem spart dCache Kosten. Da die Software mehrere Kopien einer Datei an verschiedenen Stellen ablegt, genügt eine preiswertere und womöglich nicht so zuverlässige Hardware: Sollte ein Speichermedium ausfallen, weiß das System genau, wo an anderer Stelle die Datei noch zu finden ist.

Würde man die DVDs mit den LHC-Daten eines Jahres stapeln, erhielte man einen Turm höher als der Mount Everest.

Mittlerweile ist etwa die Hälfte aller LHC-Daten auf einem der 60 dCache-Systeme rund um den Globus gespeichert. DESY entwickelt die Software gemeinsam mit internationalen Partnern, insbesondere dem US-Forschungszentrum Fermilab und der Nordic Data Grid Facility NDGF. dCache ist eine „Open-Source“-Software. Jeder kann sie herunterladen, um sie für seine Zwecke einzusetzen und im Rahmen einer Lizenz weiterzuentwickeln. dCache wird inzwischen auch außerhalb der Teilchenphysik genutzt, etwa vom europäischen Radioteleskop LOFAR. Auch Wirtschaftsunternehmen zeigen bereits lebhaftes Interesse.



DESYs Rechenzentrum ist ein wichtiger Knotenpunkt für die Datenauswertung der LHC-Experimente.



„Hochkarätige Großgeräte und ein inspirierendes Forschungsumfeld sind die beste Basis, um neue Ideen für Schlüsseltechnologien zu entwickeln und sie erfolgreich in Produkte und Verfahren umzusetzen.“ *Prof. Helmut Dosch, Vorsitzender des DESY-Direktoriums*



„Eine starke Wirtschaft in der Metropolregion braucht auch starke Forschungsinstitutionen wie DESY. Gemeinsam müssen wir unser Wissen bündeln und Wirtschaft und Forschung weiter zusammenführen.“ *Dr. Georg Mecke, Standortleiter Airbus Hamburg*



„Auf dem DESY-Campus treffen sich Wissenschaftler verschiedenster Fachrichtungen – ein idealer Nährboden für innovative Ideen, die weit über die Fachdisziplinen hinausreichen.“ *Prof. Robin Santra, Leiter der Theorieabteilung des Center for Free-Electron Laser Science CFEL*



„Die Teilchenphysik vereint fundamentale Theorien, neue Ideen und innovative Technologien. Als Spin-offs finden unsere Forschungsergebnisse vielfältige Anwendung im täglichen Leben.“ *Prof. Erika Garutti, Universität Hamburg*





METROPOLREGION

FORSCHUNG

GROSSGERÄTE

DESY

AUSBILDUNG

INNOVATION

KOOPERATION

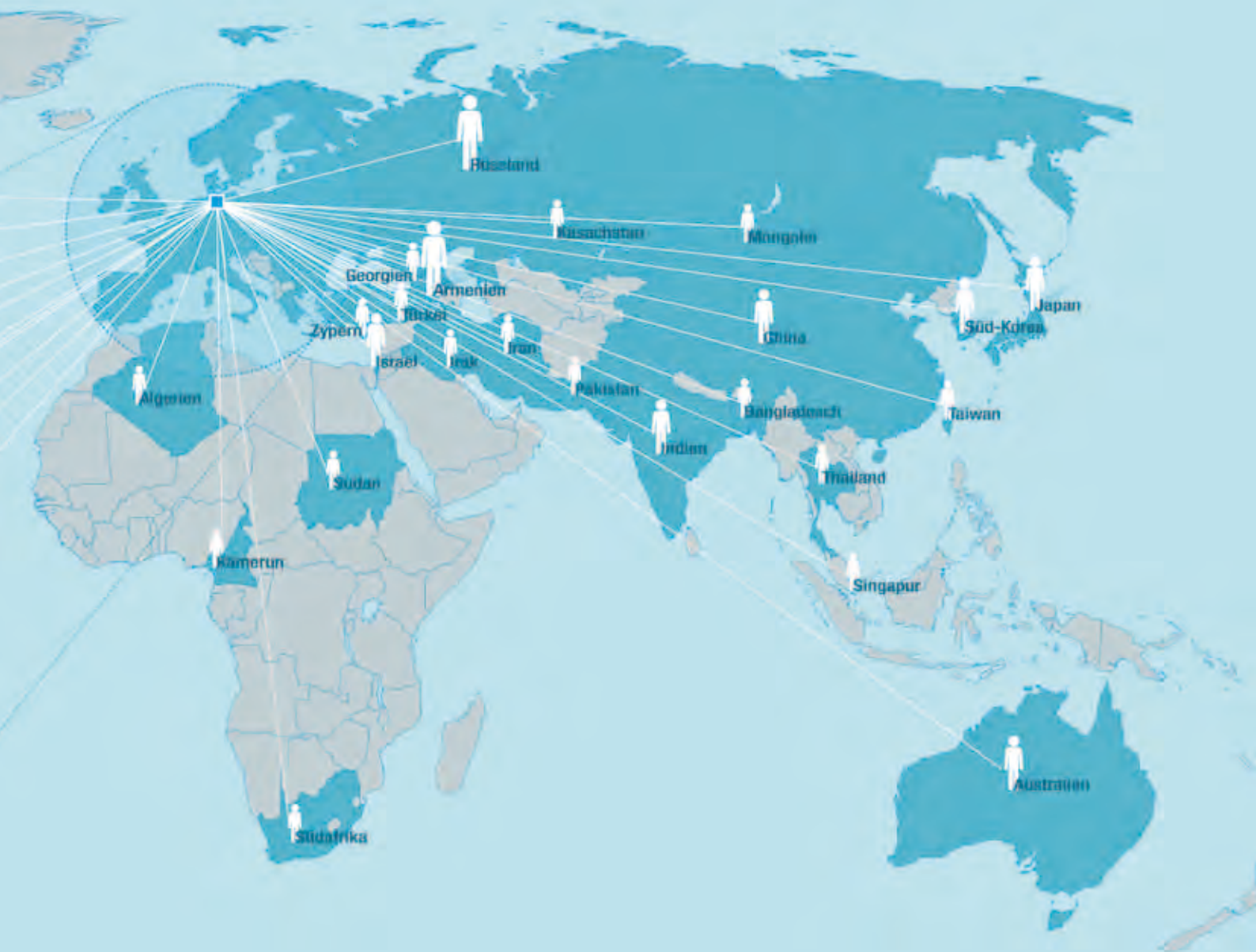
STARKER PARTNER FÜR KOOPERATIONEN

Ohne Vernetzung und Zusammenarbeit verschiedener Institute, Länder und Fachdisziplinen ist Spitzenforschung heutzutage kaum noch möglich. Auch DESY agiert in dicht geknüpften Netzwerken. Die weltweit einzigartigen Anlagen des Forschungszentrums locken jedes Jahr mehr als 3000 Gastwissenschaftler aus über 40 Nationen nach Hamburg. Und: Immer mehr Institutionen siedeln sich auf dem Campus an, um möglichst eng mit DESY zu kooperieren. Besonders intensiv ist die Zusammenarbeit mit den Universitäten. 2011 haben DESY und die Universität Hamburg ihre Zusammenarbeit nochmals verstärkt und die strategische Partnerschaft PIER gegründet.

Die DESY-Teilchenphysik ist seit jeher fest in der internationalen Forschungslandschaft verankert. An den Experimenten am Speicherring HERA waren Experten aus aller Welt beteiligt. Heute bringen sich die DESY-Physiker federführend in die derzeit wichtigsten Projekte der Teilchenforschung ein.

Auch die Entwicklung innovativer Beschleunigertechnologie spielt sich in Gemeinschaftsarbeit ab – sei es in der Helmholtz-Beschleunigerinitiative ARD oder in dem internationalen Konsortium, das die TESLA-Technologie für die Beschleuniger der Zukunft entwickelt. Ebenso eng sind die Kooperationen bei den Röntgenquellen: DESY ist zu gut 50 Prozent am Röntgenlaser European XFEL beteiligt. Länder wie Indien, Schweden und Russland engagieren sich bei PETRA III. Und auf dem Campus in Hamburg entstehen mehrere Einrichtungen, die eng mit DESY verzahnt sind: Das CFEL widmet sich der Erforschung ultraschneller physikalischer Prozesse. Das CSSB wird sich mit der Infektionsforschung befassen, und die Max-Planck-Gesellschaft, die bereits am CFEL beteiligt ist, plant den Bau eines neuen Instituts.





Vernetztes Wissen

DESY ist ein Magnet für Forscher aus aller Welt. Jedes Jahr kommen mehr als 3000 Gastwissenschaftler nach Hamburg und Zeuthen, um an den DESY-Anlagen zu experimentieren.



Kompetenzzentrum CFEL

Das Center for Free-Electron Laser Science ist ultraschnellen Prozessen auf der Spur



“DESY is the ideal home for CFEL. There is nowhere else in the world that brings together cutting-edge X-ray sources, interdisciplinary science, and an environment for exciting collaborative research.”

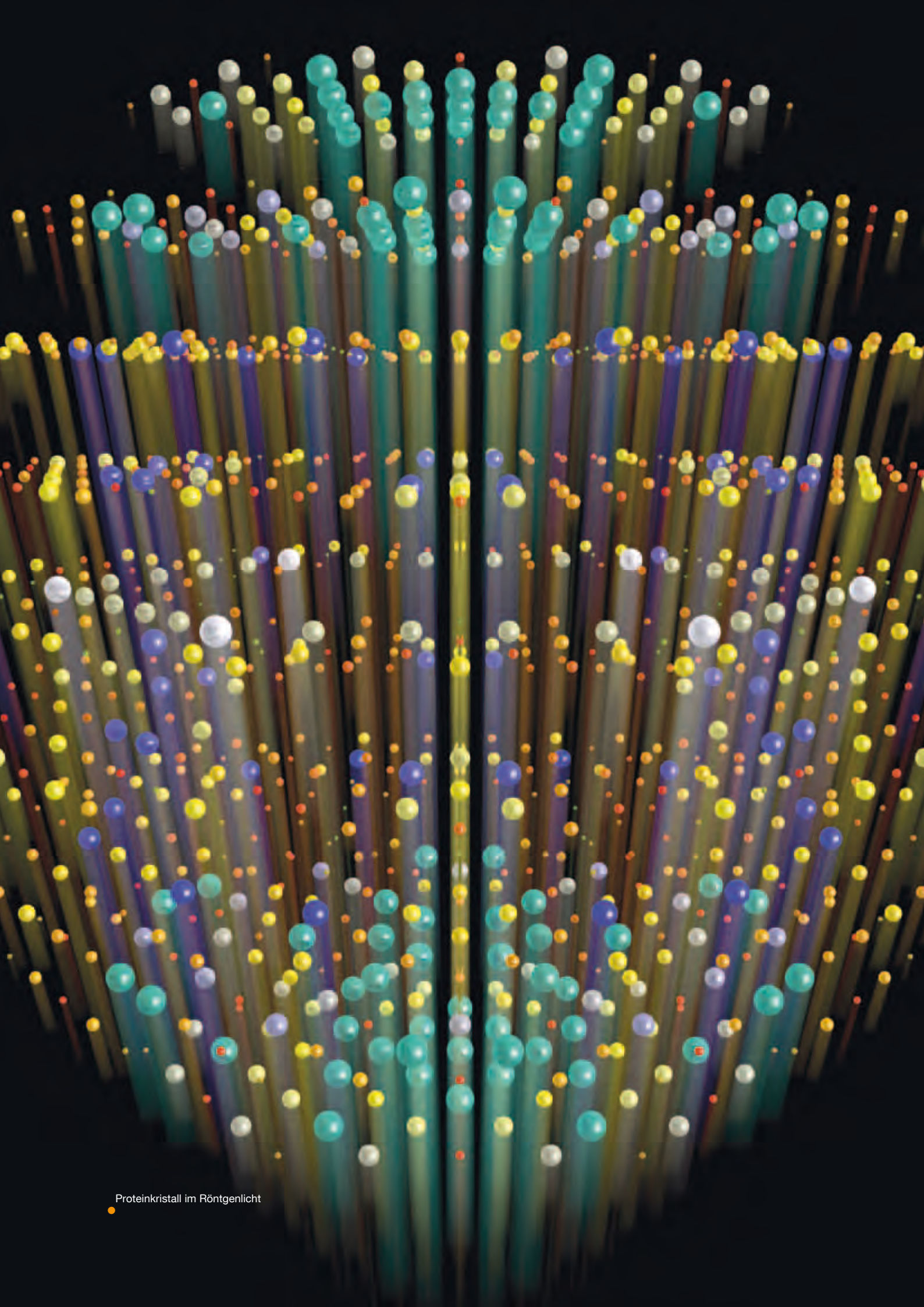
Prof. Henry Chapman, Center for Free-Electron Laser Science CFEL

Lässt sich beobachten, wie ein Elektron während einer chemischen Reaktion unfassbar schnell von einem Reaktionspartner zum anderen springt? Kann man bestimmte Biomoleküle mit starken Röntgenblitzen so beleuchten, dass die Atome zu erkennen sind, aus denen sie aufgebaut sind? Und ist es möglich, Supraleiter – Stoffe, die Strom verlustfrei transportieren – mit Lichtpulsen ein- und auszuschalten? Diese Fragen lassen sich erst seit wenigen Jahren angehen – mit Lasern und Beschleunigern, die ultrakurze Lichtblitze erzeugen, sowie mit Spezialmikroskopen, die Nanoteilchen präzise analysieren können.

In Hamburg konzentriert sich ein noch junges Zentrum auf das hochaktuelle Forschungsfeld: 2007 wurde das CFEL (Center for Free-Electron Laser Science) als eine Gemeinschaftseinrichtung von DESY, der Max-Planck-Gesellschaft und der Universität Hamburg gegründet. Das Besondere: Die CFEL-Experten untersuchen die rasanten Prozesse im Nanokosmos aus unterschiedlichen Blickwinkeln, also mit verschiedenen Forschungswerkzeugen: Manche

Gruppen nutzen die kurzen Röntgenblitze von FLASH, dem US-Röntgenlaser LCLS oder künftig dem European XFEL. Andere Teams arbeiten mit optischen Lasern oder forschen mit Elektronen- oder Rastertunnelmikroskopen.

Entsprechend vielfältig sind die Resultate: So konnten CFEL-Physiker helfen, das Verhalten keramischer Supraleiter besser zu verstehen – eine vielversprechende Materialklasse für die Energietechnik. Anderen Experten gelangen grundlegende Experimente, mit denen man Membranproteine besser untersuchen kann. Diese Eiweiße spielen unter anderem bei der Kommunikation zwischen Körperzellen eine Schlüsselrolle. Und CFEL-Forscher waren auch bei einem spektakulären Fortschritt in der Nanotechnologie beteiligt – der Konstruktion des bislang kleinsten Speicherbits überhaupt, der aus gerade mal zwölf Atomen besteht. Künftig möchte insbesondere die Max-Planck-Gesellschaft ihre Aktivitäten ausweiten und ein neues Institut in Hamburg gründen, das eng mit dem CFEL verflochten ist.



Proteinkristall im Röntgenlicht



Infektionsforschung im CSSB

Im Zentrum für strukturelle Systembiologie arbeiten Forscher fachübergreifend zusammen



„Wir nutzen jetzt die Synergien verschiedener Forschungsfelder noch besser. Das CSSB wird wie ein Leuchtturm unsere Forschung auch über nationale Grenzen hinweg sichtbar machen.“

Prof. Dirk Heinz, Wissenschaftlicher Geschäftsführer des Helmholtz-Zentrums für Infektionsforschung HZI

Wollen Biologen grundlegende Prozesse in Zellen oder Proteinen erkunden, greifen sie oft zu physikalischen Methoden. Eines der wichtigsten Verfahren ist die Röntgenstrukturanalyse: Die Forscher bestrahlen Proteine mit intensivem Röntgenlicht und entschlüsseln deren Aufbau und Funktionsweise. Dadurch lassen sich zum Beispiel jene molekularen Mechanismen erkennen, die hinter der Entstehung von Tuberkulose stecken, einer der gefährlichsten Infektionserkrankungen.

Der Haken: Um Proteine mit Röntgenstrahlen analysieren zu können, müssen sie kristallisiert werden. Viele Proteine aber lassen sich nur widerwillig in die Kristallform zwingen. Bei ihnen können die Forscher froh sein, wenn es gelingt, mikrometerkleine Kriställchen zu züchten. Solche Proben lassen sich nur mit extrem feinen Röntgenstrahlen untersuchen, wie sie der Speicherring PETRA III liefert.

Drei Messplätze an PETRA III werden vom Europäischen Laboratorium für Molekularbiologie (EMBL) betrieben, das in Hamburg eine Forschungseinheit unterhält. Unter anderem haben die EMBL-Biologen das Tuberkulosebakterium im Visier. „Bei DESY konnten wir bislang die Strukturen von etwa 50 Proteinen dieses Bakteriums aufklären“, sagt EMBL-Forscher Matthias Wilmanns. „Einige davon könnten als mögliche Angriffspunkte für künftige Medikamente dienen, die gezielt den Erreger angreifen und zugleich andere, nützliche Bakterien schonen.“

Künftig wollen die Experten ihre Bemühungen im Zentrum für strukturelle Systembiologie (CSSB) intensivieren – einer interdisziplinären Forschungseinrichtung auf dem DESY-Campus. Koordiniert wird sie vom Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung; DESY und EMBL sind maßgeblich daran beteiligt. „Unter anderem wollen wir herausfinden, wie im Detail der Tuberkuloseerreger seine Proteine in die menschliche Wirtszelle schleust“, sagt Wilmanns. „Das sind die Waffen, mit denen er sich in den menschlichen Stoffwechsel einmisch.“



Tuberkulosebakterien (rot), die den menschlichen Körper infizieren, werden von sogenannten Fresszellen (grün) aufgenommen. Doch der Tuberkuloseerreger besitzt die außergewöhnliche Fähigkeit, sich innerhalb dieser Zellen zu verstecken, ohne vernichtet zu werden.





Schub für die Nanowissenschaften

Mit dem NanoLab intensiviert DESY seine Forschung

Die Nanotechnologie gilt als eine künftige Schlüsseltechnologie: Nanometerkleine Bausteine und Strukturen dürften eines Tages die Basis für extrem schnelle Computer und neuartige, intelligente Werkstoffe bilden. Bereits heute werden bei DESY Nanomaterialien systematisch unter die Lupe genommen. Sie lassen sich mit den Röntgenblitzen von PETRA III und FLASH so detailliert durchleuchten, dass selbst feinste Details zu erkennen sind. Mit dem NanoLab schafft DESY nun eine Einrichtung, mit deren Hilfe sich die Nanowelt künftig noch effektiver analysieren lässt.

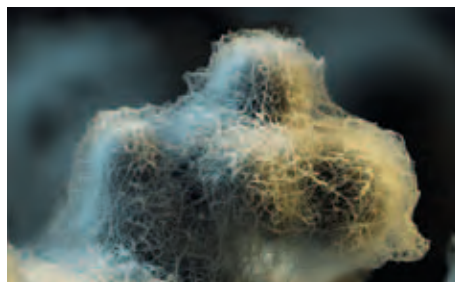
Bislang sind die Wissenschaftler in der Regel darauf angewiesen, die Materialproben, die sie bei DESY untersuchen wollen, in ihren heimischen Labors herzustellen und auf ihre Brauchbarkeit hin zu prüfen. Dann verfrachten sie die Proben – oft in Spezialbehältern – nach Hamburg, um sie dort mit dem Röntgenlicht aus dem Beschleuniger zu analysieren. Diese Prozedur soll das NanoLab vereinfachen: Auf einer Laborfläche von 1000 Quadratmetern wird es ab 2014 die Möglichkeit schaffen, Nanoproben herzustellen und für die Experimente zu präparieren.

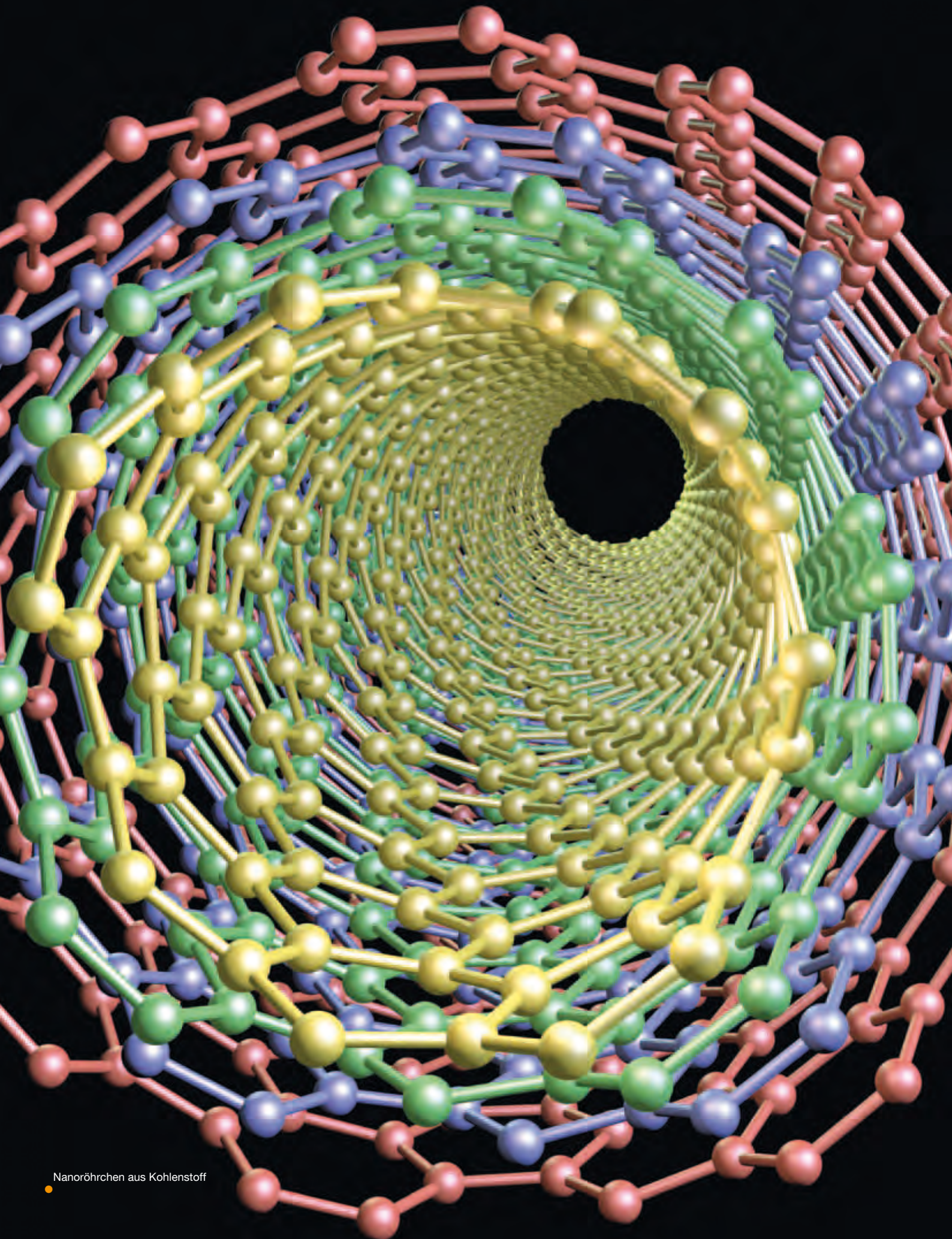
Dazu wird unter anderem das „Ionenkalpell“ dienen. Es kann winzige Stückchen gezielt aus einem Material herausschneiden – und zwar mit einer Präzision im Bereich von Nanometern. Interessant ist das etwa für die Analyse innovativer Metalllegierungen sowie von Schichtstapeln, die ungewöhnliche magnetische Eigenschaften zeigen und womöglich als Datenspeicher taugen.

Vom NanoLab werden nicht nur viele Gastforscher profitieren. Das neue Labor soll auch die DESY-Eigenforschung stärken. Außerdem ist mit dem Helmholtz-Zentrum Geesthacht schon ein erster Partner an Bord, der sich konkret am NanoLab beteiligt.

Ein Nanometer ist der milliardste Teil eines Meters. DESYs Supermikroskope durchleuchten die Strukturen dieser winzigen Welt.

Strukturen aus der Nanowelt: Nanoschaum (links) und Beschichtung auf Aluminium (rechts).





Nanoröhrchen aus Kohlenstoff



Beschleunigertunnel des LHC



Die Genf-Connection

DESY-Physiker experimentieren am leistungsstärksten Beschleuniger der Welt



„DESY ist einer unserer wichtigsten Partner und hat mit seinem Know-how den Erfolg des LHC mitgeprägt.“

Prof. Rolf-Dieter Heuer, Generaldirektor des Forschungszentrums CERN

Er ist der leistungsstärkste Beschleuniger aller Zeiten und das derzeit aufregendste Experiment der Teilchenphysik: Der LHC feuert Protonen mit Rekordenergien aufeinander. Dadurch besitzt der 27 Kilometer große Gigant das Potenzial, völlig neue Materiebausteine zu entdecken – wie im Sommer 2012 ein neues Teilchen, vermutlich das Higgs-Teilchen. Beobachtet werden die rasanten Kollisionen von haushohen Messapparaturen, den Detektoren. Zahlreiche DESY-Forscher bringen ihr Know-how in die Experimente mit ein.

Die beiden größten Detektoren in Genf heißen ATLAS und CMS – riesenhafte Nachweisgeräte, bestehend aus Abermillionen hochempfindlicher Einzelsensoren. Zu jedem dieser Kolosse gehört ein Mega-Team: mehr als 2000 Spezialisten aus aller Welt, die gemeinsam den Detektor betreiben, Daten nehmen und anschließend auswerten. Das Forschungszentrum DESY stellt ein respektables Kontingent: Mehr als 100 seiner Experten arbeiten intensiv bei ATLAS und CMS mit.

Unter anderem helfen sie dabei, die enorme Datenflut, die die Detektoren Tag für Tag liefern, zu analysieren und nach Anzeichen neuer Teilchen zu durchforsten – die Suche nach der Stecknadel im Heuhaufen. Regelmäßig reisen die DESY-Fachleute nach Genf, um dort im Schichtbetrieb die Detektoren zu bedienen oder mit den Kollegen aus aller Welt über die hochkomplexe

Datenanalyse zu diskutieren. Für beide Detektoren haben die Physiker bei DESY Kontrollräume installiert, in denen sie die Güte der aktuell aufgezeichneten Messdaten aus der Ferne überprüfen können. Dabei profitieren die DESY-Wissenschaftler von ihren Erfahrungen, die sie beim Betrieb des HERA-Beschleunigers in Hamburg sammeln konnten.

Physik an der Teraskala

2007 wurde mit der Helmholtz-Allianz „Physik an der Teraskala“ ein einzigartiges deutschlandweites Netzwerk gegründet. Es bündelt die Aktivitäten der Teilchenphysiker, die am Superbeschleuniger LHC in Genf forschen und an den Plänen für zukünftige Beschleuniger arbeiten. Beteiligt sind außer DESY auch das Karlsruher Institut für Technologie, das Max-Planck-Institut für Physik sowie 18 deutsche Universitäten. Unter anderem unterstützt die Allianz die Entwicklung neuer Technologien, hilft bei der Analyse der komplexen LHC-Messdaten und fördert den wissenschaftlichen Nachwuchs. DESY fungiert als zentraler Knotenpunkt der Allianz.



Forschungsparadies DESY

Brian Foster arbeitet als Humboldt-Profil in Hamburg

Er ist der höchstdotierte internationale Forschungspreis Deutschlands – die Humboldt-Profil. Wer damit ausgezeichnet wird, erhält fünf Jahre lang insgesamt fünf Millionen Euro an Forschungsgeldern – und damit große wissenschaftliche Freiräume. Einer der Glücklichen ist der britische Teilchenphysiker Brian Foster. Im Sommer 2011 wechselte er von der Universität Oxford zu DESY, um sich gleich mehreren Forschungsfeldern zu widmen. „DESY ist eine internationale Top-Adresse und bietet mir herausragende Möglichkeiten“, schwärmt er. „Ich habe hier schon früher gearbeitet, deshalb ist es so, als würde ich nach Hause kommen.“

Fosters Pläne sind ehrgeizig und äußerst vielfältig. So möchte er an frühere Arbeiten anknüpfen und Messdaten von HERA analysieren – einem sechs Kilometer langen Ringbeschleuniger bei DESY, der bis 2007 Elektronen auf Protonen feuerte und Deutschlands größter Beschleuniger war. „Nach wie vor gibt es interessante HERA-Daten, die analysiert werden müssen. Das

wird uns noch Jahre beschäftigen“, erläutert Foster. Die Ergebnisse sind unter anderem wichtig, um die Messwerte des Genfer Superbeschleunigers LHC besser auswerten zu können.

Außerdem fungiert Brian Foster als europäischer Direktor des ILC-Projekts – ein geplanter Linearbeschleuniger, der den LHC ideal ergänzen würde. „Wir arbeiten daran, diese anspruchsvolle Maschine möglichst gut und zugleich möglichst kostengünstig bauen zu können“, erläutert der Brite. Noch ehrgeiziger sind seine Pläne für ein völlig neues Konzept, den Plasmabeschleuniger. „Er verspricht für die ferne Zukunft fantastische Möglichkeiten – Anlagen, die in eine Halle passen würden statt in kilometerlange Tunnel“, sagt Brian Foster. „Hier bei DESY hoffen wir auf spektakuläre Fortschritte.“

Und was kommt nach der Humboldt-Profil? „Ich hoffe, in Hamburg zu bleiben“, meint Foster. „So gute Arbeitsmöglichkeiten wie bei DESY finden sich anderswo kaum.“



„DESY zählt zu den Top-Adressen in der Wissenschaftswelt.“

Humboldt-Profil Brian Foster

Deutsch-amerikanische Teilchenfreundschaft

OLYMPUS kombiniert Hamburger Beschleuniger mit US-Detektor

Eigentlich forscht und arbeitet er am MIT, einer der arriviertesten Eliteunis der USA. Doch dann kam dem Physiker Richard Milner eine originelle Idee: Würde man einen ausgemusterten Teilchendetektor vom MIT mit dem Beschleuniger DORIS kombinieren, ließe sich ein spannendes Physikexperiment durchführen – und zwar zu einem Schnäppchenpreis. Flugs tat sich Milner mit den DESY-Experten zusammen. Heraus kam ein kleines, aber feines Projekt namens OLYMPUS.

OLYMPUS soll eine spezielle Frage beantworten: Fliegt ein Elektron auf ein Proton zu, wirkt zwischen beiden die elektromagnetische Kraft. Sie lenkt das Elektron in seiner Flugrichtung mehr oder minder stark ab. Physiker stellen sich diesen Streuprozess so vor: Wenn Elektron und Proton miteinander agieren, tauschen sie bestimmte Botenteilchen aus, Photonen genannt. Ähnlich wie Postboten übertragen diese Teilchen die Kraft zwischen Elektron und Proton. Nur: Wie viele Photonen genau werden bei einem Streuprozess ausgetauscht? Diese Frage soll OLYMPUS klären helfen. Mit diesem Experiment untersuchen die Forscher einen fundamentalen Baustein unserer Welt – das Proton.

„Der DORIS-Beschleuniger in Hamburg ist dafür perfekt geeignet“, schwärmt Milner. „Wie durch ein Wunder passt der Detektor genau in die entsprechende Lücke.“ Lediglich einige Umbau- und Konstruktionsarbeiten waren nötig, dazu der Transport des 50-Tonnen-Detektors von Boston nach Hamburg. Dadurch kostet OLYMPUS kaum mehr als eine Million Euro – ein bescheidener Etat für ein Teilchenexperiment, an dem mittlerweile rund 50 Experten aus sechs Ländern beteiligt sind. „Die Zusammenarbeit mit DESY läuft fantastisch“, freut sich Milner. „Besonders für unsere Studenten wird es eine unvergessliche Erfahrung, wenn wir Ende 2012 unsere Daten nehmen.“

„Der DORIS-Beschleuniger bei DESY eignet sich perfekt für unser Experiment.“

Prof. Richard Milner, Massachusetts Institute of Technology MIT





Die nächste Generation

DESY entwickelt die Beschleuniger- und Detektortechnologien der Zukunft

Während die Großgeräte von heute bahnbrechende Ergebnisse liefern, planen die Experten bei DESY schon die Technologien der Zukunft: Die nächste Generation von Beschleunigern und Detektoren muss noch wesentlich leistungstärker sein als die bisherigen, um weiter in wissenschaftliches Neuland vorstoßen zu können. DESY spielt eine maßgebliche Rolle in den internationalen Kooperationen, die diese Pioniertechnologien vorantreiben und die Zukunftsvisionen der Wissenschaft verwirklichen.

Die TESLA-Beschleunigertechnologie beispielsweise, die gemeinsam mit internationalen Partnern bei DESY entwickelt wurde, setzt weltweit Maßstäbe. Für den neuen Röntgenlaser European XFEL werden die supraleitenden Resonatoren in großem Maßstab eingesetzt. Und auch für die nächste Generation von Beschleunigern für die Teilchenphysik

bietet die TESLA-Technologie herausragende Möglichkeiten: für einen zukünftigen Linearbeschleuniger, der Elektronen und Positronen auf Rekordenergien bringt, um neue, exotische Elementarteilchen deutlich präziser unter die Lupe nehmen als es die „Entdeckungsmaschine“ LHC kann – insbesondere das Higgs-Teilchen.

Dazu müssen die supraleitenden TESLA-Resonatoren noch höhere Anforderungen erfüllen. Um die Technologie entsprechend weiterzuentwickeln, haben sich die Teilchenphysik-Nationen zu einem weltweiten Team zusammengesetzt. DESY arbeitet unter anderem daran, dass sich die Resonatoren von der Industrie in verlässlicher Qualität produzieren lassen. Bereits winzige Verunreinigungen auf der Oberfläche können ihre Funktion beeinträchtigen. „Deshalb mussten wir hochspezielle Instrumente entwickeln“, erläutert DESY-Physiker Eckhard Elsen, „darunter trickreiche Kameras zur Qualitätsprüfung oder ausgefeilte Verfahren, um das Innere der Resonatoren zu reinigen und zu polieren.“

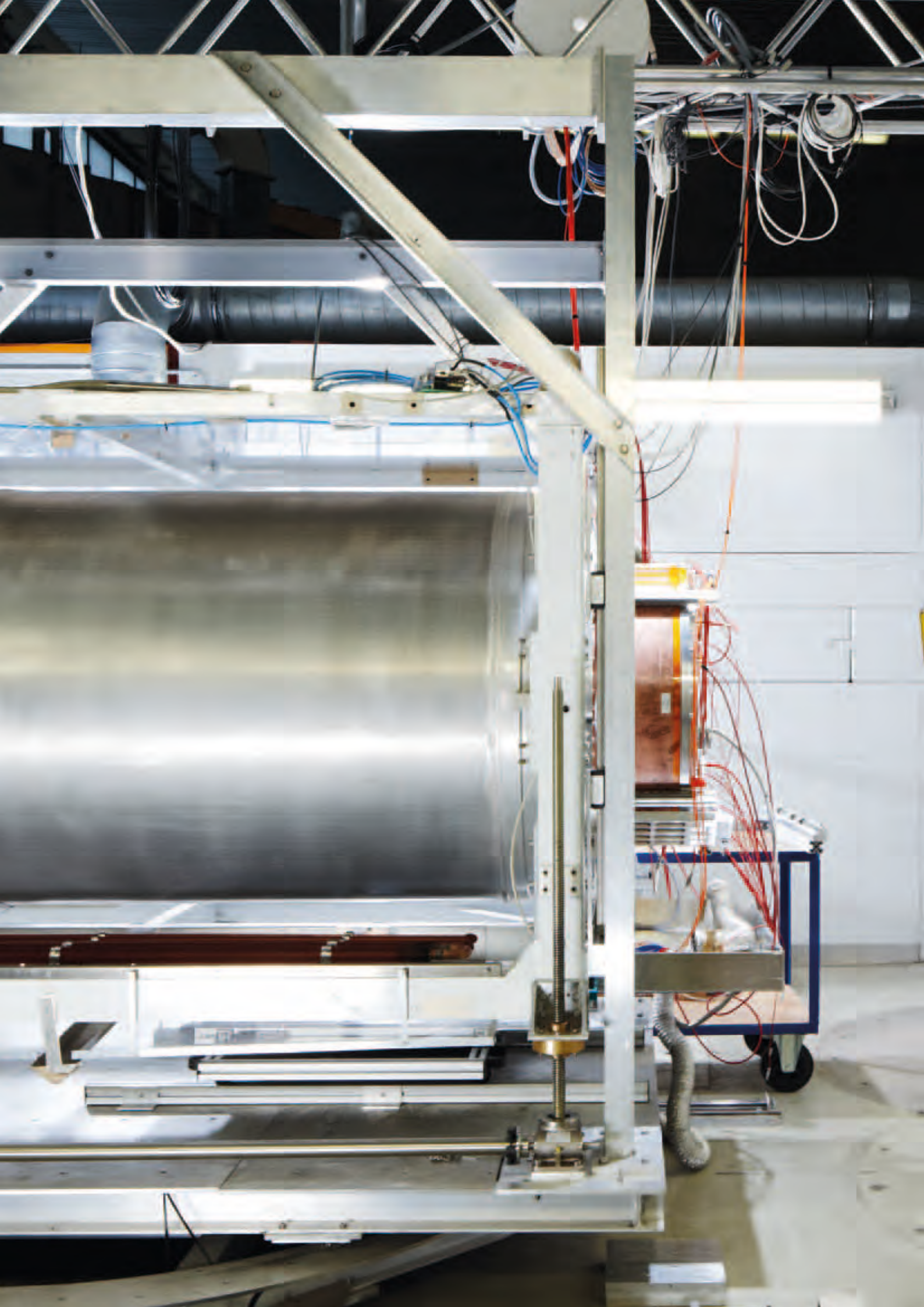
Auch die Detektorsysteme von morgen müssen weitaus empfindlicher und schneller reagieren als bisher. In großen internationalen Forscherteams werden unterschiedlichste Nachweistechnologien zur Energie- und Spurmessungen von Teilchen für die Herausforderungen an zukünftigen Teilchenbeschleunigern optimiert. Künftig soll die Vernetzung noch weiter verbessert werden: „Die Grundidee lautet: Nicht jeder macht alles, sondern jeder macht das, was er am besten kann“, erläutert DESY-Teilchenphysiker Ties Behnke. Daher arbeitet DESY in zahlreichen Kooperationen und Projekten sowohl mit Universitäten als auch mit Helmholtz-Instituten, europäischen und internationalen Partnern zusammen.

„Für die Entwicklung künftiger Beschleuniger werden globale Kooperationen immer wichtiger.“

Dr. Eckhard Elsen, Teilchenphysiker bei DESY



Für die Detektorentwicklung bei DESY hat das Forschungszentrum KEK in Japan einen speziellen supraleitenden Magneten zur Verfügung gestellt.





Mittler für den Wüstenstrom

DESY hilft, Brücken zwischen Europa und Nordafrika zu bauen

Riesige Solarkraftwerke in der Sahara, die Europa mit klimafreundlichem Strom versorgen. Das ist die Vision des DESERTEC-Projekts. Seit Jahren arbeiten die Fachleute an diesem Plan. Doch es gibt offene Fragen: Wie soll die Zusammenarbeit zwischen den europäischen Ländern und den Staaten Nordafrikas im Detail aussehen? DESY hilft, diesen Diskussionsprozess zu gestalten – und bringt seine reiche Erfahrung mit internationalen wissenschaftlichen Großprojekten und Kooperationen ein.

In der Sahara scheint die Sonne viel häufiger als in Europa, weshalb Solarkraftwerke dort effizienter arbeiten können. Sie bestehen nicht aus Solarzellen, sondern aus großen Spiegeln, die das Sonnenlicht auf das Hundert- bis Tausendfache konzentrieren, um

Wasser zu verdampfen. Der Dampf treibt anschließend eine Stromturbine an. Der Vorteil: Man kann die am Tag gesammelte Solarenergie als Hitze speichern, sodass das Kraftwerk auch nachts Strom liefert, wenn die Sonne nicht mehr scheint. Doch der Bau der Solarkraftwerke ist eine gewaltige Herausforderung. Sie ist nur zu meistern, wenn die europäischen Hochtechnologie-Länder und die nordafrikanischen Sonnenstaaten eng kooperieren.

Um die Zusammenarbeit zu intensivieren, veranstaltete DESY 2011 die Konferenz „Solar Energy for Science – Building Bridges“. In Hamburg kamen Experten aus unterschiedlichsten Fachrichtungen und Regionen zusammen, um Kontakte zu knüpfen, Detailprobleme zu diskutieren und neue Projekte zu initiieren. Die Tagung war so erfolgreich, dass nun Nachfolgekonferenzen geplant sind. Rund um das Mittelmeer soll ein Wissensraum für die großen Fragen unserer Zeit entstehen: Klima, Energie, Gesundheit, Wasser. Die Vision: nachhaltige Forschungsallianzen zwischen Europa und den Ländern Nordafrikas und des Nahen Ostens.



„Die beiden inspirierenden Tage in Hamburg bilden eine gute Ausgangsbasis, um Forschungsprogramme besser abzustimmen und Brücken in eine bessere Zukunft zu bauen.“

Umweltexperte Prof. Klaus Töpfer zu der Konferenz bei DESY





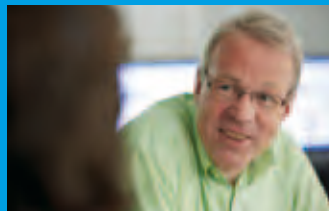
„Mit seinem exzellenten globalen Netzwerk stärkt DESY in besonderer Weise die internationale Position der Helmholtz-Gemeinschaft – denn die weltweit einzigartigen Forschungsinfrastrukturen stehen als Plattform für internationale Zusammenarbeit und für Forschung auf höchstem Niveau.“ *Prof. Jürgen Mlynek, Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft*



“DESY and KEK have been strengthening research-cooperation since the KEK founding. Cooperation really makes us more productive and stronger. I am proud that KEK can rely on the scientific partnership with DESY for so many years.”
Prof. Atsuto Suzuki, Generaldirektor des japanischen Beschleunigerzentrums KEK



„Die Teilchenphysik bringt viele Nationen zusammen. Weltweites Teamwork führt nicht nur zu faszinierenden wissenschaftlichen Erkenntnissen, sondern beeinflusst auch viele andere Lebensbereiche, zum Beispiel Bildung, Technologie und Völkerverständigung.“ *Prof. Rolf-Dieter Heuer, Generaldirektor des Forschungszentrums CERN*



„Seit Jahrzehnten arbeiten wir eng und erfolgreich mit DESY zusammen. Hier finden wir optimale Möglichkeiten, um Biomoleküle detailliert zu erforschen und dadurch den Ursachen von Krankheiten auf die Spur zu kommen.“ *Dr. Matthias Wilmanns, European Molecular Biology Laboratory EMBL, Hamburg*



international

innovativ

interdisziplinär

KOOPERATION



AUSBILDUNG FÜR SPITZENFORSCHER

DESY schafft nicht nur naturwissenschaftliche Erkenntnisse und Ideen für Innovationen. Ebenso wichtig ist die Rolle des Forschungszentrums als Talentschmiede: DESY bildet junge Menschen zu hochqualifizierten Spitzenkräften aus. Hier lernen die Studenten und Doktoranden, wissenschaftliche Kreativität zu entwickeln, mit komplexen Daten zu jonglieren und in Teams zu arbeiten, die international und interdisziplinär geprägt sind. Die Absolventen sind nicht nur in Forschungseinrichtungen gefragt, sondern auch in der Wirtschaft. Basis ist DESYs enge Vernetzung mit den Universitäten. Studenten absolvieren ihre Masterarbeit in einem höchst anregenden Umfeld. Doktoranden aus aller Welt promovieren mit einem Projekt der Spitzenforschung – entweder direkt in Hamburg bzw. Zeuthen, oder als Gastwissenschaftler an einer von DESYs Röntgenquellen. Besonders eng sind die Verbindungen zur Universität Hamburg. Seit 2011 existiert mit PIER eine strategische Partnerschaft, die hoffnungsvollen Talenten eine Graduiertenausbildung auf höchstem Niveau bietet.

Auch für den Einstieg in gewerblich-technische und in kaufmännische Berufe bietet DESY vielfältige Möglichkeiten. In Hamburg und Zeuthen lassen sich junge Menschen in zukunftssträchtigen Berufen ausbilden, etwa als Industriemechaniker, IT-Fachinformatiker oder Technischer Produktdesigner. An Schüler unterschiedlicher Altersstufen richtet sich das DESY-Schülerlabor „physik.begreifen“ – die älteste Einrichtung ihrer Art in der Helmholtz-Gemeinschaft. Kids ab der 4. Klasse können Luftballons und Schokoküsse unter der Vakuumglocke zum Platzen bringen. Neunt- und Zehntklässler herausfinden, ob manche Salze radioaktiv sind und wie sich Strahlung abschirmen lässt. Im „Cosmic Lab“ können Oberstufenschüler mehr über kosmische Teilchen erfahren. Der Andrang gibt diesem Konzept des Physik-Begreifens recht: Jahr für Jahr sind die Schülerlabors in Hamburg und Zeuthen überbucht.

PIER fördert Talente

DESY und die Universität Hamburg bieten exzellente Perspektiven für den Forschungsnachwuchs

Seit langem arbeiten DESY und die Universität Hamburg eng zusammen. 2011 haben beide ihre Kooperation intensiviert und eine strategische Partnerschaft vereinbart – PIER, die „Partnership for Innovation, Education and Research“. PIER konzentriert sich auf vier zukunftsweisende Forschungsfelder: Teilchen- und Astroteilchenphysik, Nanowissenschaften, Photon Science sowie Infektions- und Strukturbioogie. Eine Geschäftsstelle koordiniert die Aktivitäten. Sie unterstützt Wissenschaftler dabei, neue Ideen unbürokratisch in Forschungsprojekte umzusetzen. Instrumente wie Ideenfonds und Workshops tragen dazu bei, den Dialog mit Wirtschaft und Gesellschaft zu fördern.



„PIER fördert eine exzellente, forschungsorientierte Ausbildung unseres wissenschaftlichen Nachwuchses.“

Dr. Christian Salzmann, Geschäftsführer von PIER

Besonderes Augenmerk gilt der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Konkret unterstützt die PIER Helmholtz Graduate School junge Forscher bei ihrer Promotion in den vier Forschungsfeldern. Ein Netzwerk von Spitzenforschern begleitet die Doktoranden. Unterstützt von der Helmholtz-Gemeinschaft fördert PIER regelmäßige Aufenthalte an Forschungsstätten im Ausland und hilft den Doktoranden, Netzwerke zu potenziellen Arbeitgebern aus Industrie und Wirtschaft aufzubauen. Herausragende Kandidaten können sich um ein Stipendium der Joachim Herz Stiftung bewerben.

Eingebunden in das PIER-Graduiertenprogramm ist auch Dolt, die Doktorandeninitiative bei DESY. 2006 haben sich die Promovierenden zusammengetan, um Neulingen die Orientierung zu erleichtern und ein aktives Alumni-Netzwerk aufzubauen. Regelmäßig lädt Dolt ehemalige DESY-Doktoranden ein, die über ihre heutigen Tätigkeiten berichten und damit wichtige Impulse für die Berufswahl geben.



Aussichtsreicher Karrierestart

Hunderte von Nachwuchsforschern unternehmen bei DESY ihre ersten wissenschaftlichen Gehversuche – und erleben ein höchst internationales und interdisziplinäres Umfeld



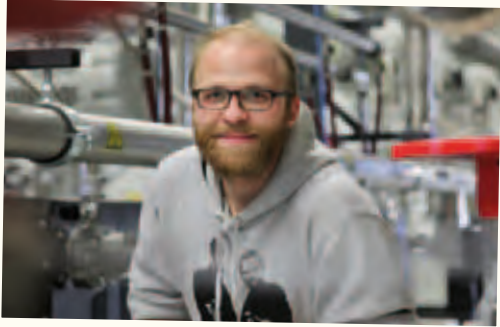
DESY-Doktorandin **Dörthe Kennedy** sucht in den Daten des LHC-Beschleunigers nach bislang unentdeckten Teilchen. Dafür reist sie regelmäßig ans Europäische Teilchenforschungszentrum CERN nach Genf. „Dort sitze ich im Kontrollraum und helfe, die Experimente am ATLAS-Detektor zu überwachen“, erzählt sie. Da die Anlage rund um die Uhr läuft, ist ab und zu auch eine Nachtschicht dabei. „Die Arbeit im Kontrollraum ist aufregend“, sagt Kennedy. „Man spürt: Jetzt gerade werden Daten genommen – und vielleicht sind es ja Messdaten, hinter denen etwas wirklich Neues und besonders Spannendes steckt!“

Faszinierend ist auch das Teamwork – schließlich machen mehr als 2000 Experten aus aller Welt bei ATLAS mit. „Das klappt nur dank einer ausgeklügelten Gruppenstruktur“, meint Dörthe Kennedy. Fachleute, die an denselben Details arbeiten, haben sich zu Untergruppen zusammengetan und tauschen sich – etwa per Videokonferenz – wöchentlich aus. Kennedy kooperiert mit Physikern in Bonn und Freiburg, aber auch aus England und Australien. Allen gemeinsam ist ein ausgesprochenes Entdeckerfieber: „Der Wille, die Messdaten schnell zu analysieren und Ergebnisse zu produzieren, ist wahnsinnig hoch!“



Stefan Pabst, Doktorand am CFEL, arbeitet auf dem Gebiet der theoretischen Physik. Er berechnet, wie sich Atome verhalten, wenn man sie mit intensiven, ultrakurzen Laserblitzen bestrahlt. „Hier bei DESY sind die Forschungsgeräte, mit denen sich meine Theorien überprüfen lassen, quasi direkt neben meiner Bürotür“, sagt er. Dementsprechend direkt ist der Draht zu den Experimentalphysikern, die ihre Proben mit den Röntgenblitzen von PETRA III, FLASH oder künftig dem European XFEL analysieren.

Ein weiteres Plus: „Bei DESY geht es sehr international zu“, schwärmt Pabst. Unter anderem arbeitet er mit Experten aus Südkorea, Kanada und Russland zusammen. „In Gesprächen erfährt man, wie das wissenschaftliche Umfeld in anderen Ländern aussieht“, sagt Stefan Pabst. „Und man knüpft Kontakte, die später einmal sehr wertvoll sein können, etwa für die Zeit nach meiner Doktorarbeit, wenn es um einen möglichen Auslandsaufenthalt geht.“



DESY-Doktorand **Marc Wenskat** entwickelt eine Spezialsoftware. Das Programm wertet automatisch die Fotos einer Kamera aus, die das Innere von Resonatoren inspiziert. Die Technik dient der Qualitätskontrolle: Bereits kleinste Verunreinigungen oder Unebenheiten können bewirken, dass das supraleitende Bauteil nicht seine volle Leistung bringt. „Das Besondere bei DESY ist diese unglaubliche Interdisziplinarität“, meint Wenskat. „Hier gibt es Fachleute aus unterschiedlichsten Bereichen – Biologen, Mediziner, Physiker, Informatiker.“

Für regen Austausch sorgt eine Vielzahl an Seminaren und Fortbildungen, die regelmäßig auf dem DESY-Campus stattfindet. „Wenn man mit Experten aus anderen Fachrichtungen spricht, erhält man manchmal ganz neue Impulse für seine eigene Arbeit“, schwärmt der Beschleunigerphysiker. „Ich bin ein neugieriger Mensch. Und bei DESY bekommt man einiges geboten, um seine Neugier zu befriedigen!“



Seit 2010 leitet **Isabell Melzer-Pellmann** bei DESY eine Helmholtz-Nachwuchsgruppe und sucht am LHC in Genf nach Teilchen, die hinter der ominösen dunklen Materie stecken könnten. „Die Nachwuchsgruppe erlaubt es mir, ein eigenes Forschungsprojekt mit eigenem Team aufzuziehen“, beschreibt die Teilchenphysikerin. „Welche Themen wir bearbeiten, kann ich selbstständig bestimmen.“ Das Programm läuft über fünf Jahre. Für diese Zeit erhält die Wissenschaftlerin 1,5 Millionen Euro an Forschungsgeldern, je zur Hälfte von DESY und von der Helmholtz-Gemeinschaft finanziert.

Damit lassen sich nicht nur Computer anschaffen und Reisekosten abdecken, sondern vor allem auch Fachkräfte bezahlen. Mit vier Postdocs und vier Doktoranden hat sich Melzer-Pellmann ein schlagkräftiges Team zusammengestellt, das sie bei der Suche nach neuen Teilchen am CMS-Detektor unterstützt. Mittlerweile gilt das Helmholtz-Programm als Sprungbrett für eine wissenschaftliche Karriere: Nicht selten ereilt den Nachwuchsgruppenleiter bereits der Ruf auf eine Professur, bevor die fünf Jahre überhaupt vorbei sind.





Als Doktorand am Südpol

Wie Nachwuchsphysiker Robert Franke zwei Wochen lang in der Antarktis forschte

Die Anreise dauerte fünf Tage: Zuerst per Linienflug nach Neuseeland, dann mit einem Militärtransporter nach McMurdo, einer Basisstation am Rand der Antarktis. Von dort aus flog ihn eine kleinere Maschine ins Zentrum des unwirtlichen Kontinents. Als Robert Franke aus dem Flugzeug stieg, stand er am südlichsten Punkt der Erde – der US-amerikanischen Amundsen-Scott-Südpolstation. Sein erster Eindruck: „Alles war weiß und extrem hell. Ohne starke Sonnenbrille war das Licht kaum zu ertragen.“

Der Südpol ist der trockenste Ort der Erde – trockener als jede Wüste.

Franke ist Doktorand am DESY-Standort in Zeuthen und widmet sich IceCube – einem riesigen Teilchendetektor, der im ewigen Eis der Antarktis nach geisterhaften Neutrinos aus dem All fahndet. Im Januar 2011 reiste der junge Physiker für zwei Wochen zum Südpol, um vor Ort an der Software des Megaexperiments zu tüfteln. Ein extremer Arbeitsplatz: Temperaturen um minus 30 Grad, die Luft trockener als in der heißesten Wüste, dazu das gleißend helle Licht einer Sonne, die im Januar – dem antarktischen Hochsommer – nie untergeht. Und egal wohin man schaut: Die Landschaft ist weiß und vollkommen eben, als lebe man auf einem Blatt Papier.

„Die Kälte hatte ich mir schlimmer vorgestellt“, erzählt Franke. „Durch die extrem trockene Luft spürt man sie nicht so stark.“ Gewöhnungsbedürftig dagegen war die dünne Luft. Da die Forschungsstation auf einem 3000 Meter hohen Eispanzer liegt, geht einem schneller als gewohnt die Puste aus. Mancher Neuankömmling, geplagt von akuten Symptomen der Höhenkrankheit, verbringt die ersten Tage sogar auf der Krankenstation, mit einer Sauerstoffmaske im Gesicht.

„Die Arbeitstage waren lang, aber spannend“, erinnert sich Franke. „Erst das Morgenmeeting, danach habe ich am Detektor gearbeitet oder in der Station geholfen, etwa beim Verstauen der Lebensmittel-Lieferungen.“ Mit dem Rest der Welt kommunizierte er nachts, dann überflog ein Satellit den Südpol. Geschlafen wurde in winzigen, kargen Kämmerchen – immerhin ein wenig Privatsphäre. Das Highlight unter den Freizeitangeboten war der Gang in die Sauna, gefolgt von Radikal-Abkühlung in der antarktischen Freiluft.

„Besonders beeindruckt haben mich die Logistik der Station und die tolle Gemeinschaft unter den Forschern“, schwärmt der Physiker. „Am Pol trifft man die verschiedensten Leute aus den unterschiedlichsten Ländern.“ Wenn sich die Gelegenheit böte, würde er noch mal hinfliegen? „Ja, definitiv!“, antwortet Franke ohne zu zögern – bitterer Kälte, dünner Luft und langer Anreise zum Trotz.



Dick eingepackt: In der Antarktis musste sich Robert Franke gut gegen die Kälte schützen.

Was aus ihnen wurde ...

Nach ihrer Doktorarbeit haben DESY-Nachwuchsforscher beste Chancen auf dem Arbeitsmarkt



Edith Maurer arbeitet beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen. Dort betreut sie den Betrieb von TerraSAR-X und TanDEM-X – zwei Radarsatelliten für die Erdbeobachtung, die unter anderem ein präzises Höhenprofil unseres Planeten aufnehmen. Maurer stellt mit ihrem Team sicher, dass die Satelliten die Messdaten aufnehmen und zu den Wissenschaftlern schicken, die sie dann auswerten. Während ihrer Doktorarbeit an der TU München war Maurer regelmäßig bei DESY zu Gast, um Polymere (Kunststoffmoleküle) mit Röntgenstrahlung unter die Lupe zu nehmen.

„Bei DESY habe ich unter anderem gelernt, wie man an wissenschaftliche Projekte herangeht. Die Messzeiten bei einem Röntgenexperiment ähneln der Arbeit im Raumfahrt-Kontrollraum kurz nach einem Satellitenstart: Hier wie dort muss man das Projekt rund um die Uhr betreuen – sieben Tage die Woche, 24 Stunden pro Tag. Auch die Vorbereitungsphase ist vergleichbar: Bei DESY musste ich pünktlich die Proben präpariert haben und die Messzeit sorgfältig planen, um alle Experimente zu schaffen. Bei einer Satellitenmission läuft das ähnlich: Der Starttermin steht fest, bis dahin muss alles auf den Punkt fertig sein. Das ist nur zu schaffen, wenn man gut organisiert ist und als Team perfekt zusammenarbeitet.“



Linus Lindfeld ist Patentanwalt bei Airbus in Hamburg. Während seiner Doktorarbeit bei DESY suchte er in den Messdaten des H1-Detektors am HERA-Beschleuniger nach „Leptoquarks“ – hypothetischen Elementarteilchen. Danach machte er in einer Kanzlei eine dreijährige Zusatzausbildung zum Patentanwalt, darin enthalten ein juristisch orientiertes Fernstudium sowie ein achtmonatiges Praktikum am Deutschen Patentamt und am Bundespatentgericht in München. Nun kümmert sich Lindfeld bei Airbus unter anderem darum, neue Erfindungen aus dem Unternehmen als Patente anzumelden.

„Ich habe enorm von der Denkweise in der Teilchenphysik profitiert – die analytische Fähigkeit, an Probleme heranzugehen. Während meiner Promotion habe ich erfahren, wie man wissenschaftliche Ergebnisse richtig deutet und wie man mit komplexen Daten umgeht. Besonders wertvoll für meinen heutigen Job ist die Fähigkeit, aus extrem vielen Daten in kürzester Zeit das wirklich Wichtige herauszulesen. Das habe ich bei DESY sehr intensiv gelernt – großes Lob!“



Während ihrer Doktorarbeit bei DESY entwickelte [Nanda Schmidt-Petersen](#) einen Prototypen für einen neuartigen Teilchendetektor für zukünftige Linearbeschleuniger. Jetzt macht sie in einer Klinik in Stade eine Zusatzausbildung zur Medizinphysik-Expertin, verantwortlich für die Bestrahlungsplanung in der Tumorthherapie.

„Nicht nur Teilchenphysiker, sondern auch Mediziner nutzen Beschleuniger – wenn auch deutlich kleinere. Mit diesen Geräten lassen sich Tumore effektiv bestrahlen. Wir Physiker sorgen dafür, dass die Beschleuniger zuverlässig laufen. Außerdem stellen wir sie für jeden Patienten so ein, dass die Tumorzellen vernichtet werden, das umliegende gesunde Gewebe aber möglichst verschont bleibt. Während meiner Promotion bei DESY habe ich das wesentliche Handwerkszeug für meinen Job gelernt: Wie wechselwirkt Strahlung mit Materie? Zwar ist das Anwendungsfeld ein anderes, aber die Grundlagen sind dieselben. Und nun kann ich sie konkret anwenden.“



„PIER soll der zentrale Anlaufpunkt für exzellente Wissenschaft im Norden sein. Den Studierenden der Universität Hamburg wird PIER die Möglichkeit geben, ihre Forschungsarbeiten in einem technologisch einmaligen Umfeld fortzusetzen.“
Prof. Dieter Lenzen, Präsident der Universität Hamburg



„Im DESY-Schülerlabor zeigen wir schon Kindern und Jugendlichen, wie spannend und lebendig Forschung ist. Sie experimentieren bei physik.begreifen selbst und können so physikalische Zusammenhänge im doppelten Wortsinn begreifen.“
Karen Ong, Leiterin DESY-Schülerlabor



„Die Ausbildung hochqualifizierter Spitzenkräfte für den Technologie- und Wissensstandort Deutschland zählt zu unseren wichtigsten Zielen. Nachwuchsforscher bringen neuen Schwung und neue Ideen in die Forschung. Der Nachwuchs lernt bei uns, und wir lernen vom Nachwuchs.“
Prof. Helmut Dosch, Vorsitzender des DESY-Direktoriums



„Wir bieten vielseitige und anspruchsvolle Aufgaben in einem internationalen Umfeld und suchen engagierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vor allem in den Bereichen Physik, Elektrotechnik, Informatik und Maschinenbau.“
Jochen Barnstedt, Leitung DESY-Recruitment





IMPULSE FÜR DIE METROPOLREGION

Auf der internationalen Wissenschaftsbühne zählt DESY zu den wichtigsten und renommiertesten Akteuren. Aber auch für die Metropolregionen Hamburg und Berlin/Brandenburg ist das Forschungszentrum von wachsender Bedeutung. Besonders der DESY-Campus in Hamburg besitzt eine beträchtliche Strahlkraft für die Region: Seine Großgeräte und Beschleunigeranlagen sind wichtige Wirtschaftsfaktoren und ziehen Forschergruppen und Doktoranden aus ganz Norddeutschland an. Auch die Bürger zeigen sich von der Wissenschaft bei DESY fasziniert: Regelmäßig informieren sich Besuchergruppen, vor allem Schülerinnen und Schüler, über die Forschung. Im „Science Café DESY“ kann jeder Interessierte zweimal im Monat mit Experten über wissenschaftlich-technische Themen diskutieren. Und der Tag der offenen Tür lockt weit über 10 000 Neugierige auf den Campus in Hamburg-Bahrenfeld. DESY sorgt auch für Arbeitsplätze in den Regionen – das ist durch Studien eindrucksvoll belegt. Rund 2000 Menschen sind direkt am Forschungszentrum angestellt. Zusätzlich werden durch indirekte Effekte mehr als 2000 weitere Arbeitsplätze gesichert, die meisten davon in Norddeutschland. Allein der Bau des Teilchenbeschleunigers HERA sicherte in den 1980er Jahren mehr als 14 000 Jobs in Deutschland. Ähnliche Zahlen dürften für den Röntgenlaser European XFEL gelten, der derzeit errichtet wird und 2015 den Betrieb aufnehmen soll.

Hamburg und Berlin/Brandenburg profitieren nicht nur materiell. So arbeitet DESY mit den Universitäten und Instituten aus der Region eng zusammen und bietet ihnen einzigartige Forschungs- und Ausbildungsmöglichkeiten, insbesondere dem wissenschaftlichen Nachwuchs. Da DESY jedes Jahr Tausende von Experten aus aller Welt anlockt, gewinnen die Metropolregionen an Renommee und internationalem Flair. Dadurch wirkt das Forschungszentrum immer mehr in die Gesellschaft hinein.



Ein Hoch im Norden

Der DESY-Campus in Hamburg setzt neue Maßstäbe

Uni Hamburg – ein strategischer Partner

Seit 2011 arbeiten DESY und die Universität Hamburg noch enger zusammen als zuvor: Mit PIER, der „Partnership for Innovation, Education and Research“, haben beide eine Kooperation vereinbart, die nicht nur die Forschung und Ausbildung der Institutionen stärker vernetzt, sondern auch deren Wissens- und Technologietransfer in der Metropolregion Hamburg fördert. Beispielsweise bringen die PIER-Workshops exzellente Forscher zusammen, die sich über außergewöhnliche Ideen austauschen – ein kreatives Umfeld für herausragende Köpfe in der Region. Und der PIER-Ideenfonds hilft jungen Wissenschaftlern mit einer schnellen Anschubfinanzierung, brillante Ideen zügig und unbürokratisch umzusetzen. Da die meisten Experten nach ihrer Ausbildung in die Wirtschaft gehen, stärkt der Ideenfonds auch die regionale Hightech-Industrie.

Fruchtbare Nano-Kooperation

Seit 2005 befasst sich das Centrum für Angewandte Nanotechnologie CAN in Hamburg mit wirtschaftlich relevanten Projekten aus der Nanowissenschaft: Es übernimmt Forschungsaufträge von Hightech-Unternehmen und stellt nützliche Nanopartikel her, etwa für die medizinische Diagnostik oder für neue Solarzellen. 2012 ist DESY dem CAN-Trägerverein beigetreten, dem Verein zur Förderung der Nanotechnologie. Beide Institutionen können nun enger als zuvor kooperieren und gemeinsame Projekte in Angriff nehmen, sei es in der Medizin, Energieforschung oder Materialwissenschaft. Die CAN-Analysenmethoden und die Untersuchungsverfahren bei DESY ergänzen sich ideal, was der Nanotechnologie in Hamburg einen weiteren Schub verleiht.

Technologiepark nahe DESY

Hamburg beabsichtigt, sich in den nächsten Jahrzehnten zu einem führenden Hochtechnologiestandort zu entwickeln. Um das Zusammenspiel von Wissenschaft und Wirtschaft zu intensivieren und die Gründung neuer Hightech-Unternehmen zu fördern, plant die Stadt die Einrichtung von sechs Technologieparks. Einer dieser Hamburg Innovation Parks soll in direkter Nachbarschaft zu DESY entstehen. Firmen, die sich dort ansiedeln,

hätten einfachen Zugang zu Röntgenquellen wie PETRA III oder dem European XFEL, etwa um innovative Nanowerkstoffe und Biomaterialien zu analysieren. Auch DESY würde profitieren: Ein funktionierendes technologisches Umfeld in unmittelbarer Nachbarschaft kann für die Entwicklungsfähigkeit eines Forschungslabors von großer Bedeutung sein.

Erfolg bei Exzellenzinitiative

Mit der Exzellenzinitiative stärken Bund und Länder die universitäre Spitzenforschung. Einen zentralen Förderbaustein bilden die Exzellenzcluster. Sie bringen herausragende Wissenschaftler zusammen, die in Teamwork ein innovatives Forschungsfeld bearbeiten. Gemeinsam mit der Uni Hamburg, CFEL und der European XFEL GmbH ist DESY am Exzellenzcluster „Hamburg Centre for Ultrafast Imaging“ beteiligt. Die Forscher entwickeln neue Methoden für Lichtquellen wie FLASH. Damit wollen sie „filmen“, wie chemische Reaktionen ablaufen.

Exzellenz in der Region

2009 rief die Freie und Hansestadt Hamburg die Landesexzellenzinitiative ins Leben. Das Ziel: die Forschungsk Kooperationen der Hamburger Universitäten mit anderen Instituten und Hochschulen zu stärken und zu fördern. In dieser Initiative ist DESY ein zentraler Partner. DESY ist an drei der insgesamt sechs Landesexzellenzcluster beteiligt:

Connecting Particles with the Cosmos

Physiker erkunden die fundamentalen Gesetze des Universums und kombinieren aktuelle Messdaten von Teilchenbeschleunigern und Teleskopen mit den jüngsten Erkenntnissen der Theorie.

Frontiers in Quantum Photon Science

Wissenschaftler experimentieren mit neuartigen Laseranlagen und Röntgenquellen, um bis ins letzte Detail zu verstehen, wie Licht und Materie miteinander wechselwirken.

Nano-Spintronics

Experten loten die Möglichkeiten einer neuen, vielversprechenden Art von Elektronik aus: Die „Spintronik“ könnte eines Tages für superschnelle Computer und Datenspeicher mit riesigen Kapazitäten sorgen.





Bündnis mit Kiel

Seit den 1970er Jahren arbeitet DESY kontinuierlich mit der Universität Kiel zusammen. 2011 wurde diese Kooperation vertieft und das Ruprecht-Haensel-Labor aus der Taufe gehoben. Damit können sich Arbeitsgruppen aus Kiel deutlich aktiver an der Weiterentwicklung und Nutzung der Röntgenquellen bei DESY beteiligen. Die Bandbreite der wissenschaftlichen Themen ist groß: Sie reicht von Projekten aus Biologie und Chemie über Elektrotechnik und Materialwissenschaften bis hin zu grundlegenden Fragestellungen der Physik. Die Kooperation umfasst die Einrichtung zweier Arbeitsgruppen mit gemeinsam berufenen Professuren.

Jobs für den Norden

Ein neues Zentrum für Spitzenforschung bringt Wachstumsimpulse für eine ganze Region. Bereits in seiner Anlaufphase führt der European XFEL zu mehr Arbeitsplätzen, Umsatz und Einkommen in Norddeutschland. Nach einer Studie von Wirtschaftswissenschaftlern der Universität Hamburg sorgt das Großprojekt während der Bauphase jedes Jahr für 1350 Arbeitsplätze, ein Großteil davon in der Metropolregion Hamburg. Etwa die Hälfte der Jobs sowie des erzielten Einkommens

entstehen bei DESY und seinen Lieferanten. Hierbei profitieren insbesondere die Branchen Handel, Bau, Finanzdienste und Maschinenbau. Die andere Hälfte sind indirekte Effekte durch Lohnempfänger, die ihre Einkommen wieder ausgeben und dadurch den Einzelhandel, die Immobilienbranche und das Dienstleistungsgewerbe stärken. Den Investitionen für den European XFEL, von denen Deutschland gut die Hälfte trägt, stehen also bedeutende Wachstums- und Innovationseffekte gegenüber.

Doch nicht nur der Bau neuer Forschungsanlagen stärkt das Wachstum in der Region, auch das Forschungszentrum DESY selbst ist ein bedeutender Arbeitgeber mit etwa 2000 Mitarbeitern und über 100 Auszubildenden in gewerblich-technischen und kaufmännischen Berufen. Hinzu kommen jährlich mehr als 3000 Gastforscher aus über 40 Nationen sowie etwa 700 Diplomanden, Doktoranden und Postdocs. Damit die Wissenschaftler erfolgreich arbeiten können, muss die Infrastruktur stimmen. Dazu gehören spezialisierte Werkstätten und große Computerzentren ebenso wie die Verwaltung, eine umfassende Bibliothek und der Service von Kantine und Cafeteria.



Ansturm auf den DESY-Campus

Fast 14 000 Besucher an einem Tag. Das ist die beeindruckende Bilanz von DESYs Beitrag zur Hamburger Nacht des Wissens im Oktober 2011. An 60 Stationen konnten die Besucher einen lebendigen Eindruck von der Forschung gewinnen – darunter der Röntgenlaser FLASH, die riesige Experimentierhalle von PETRA III oder die Werkstätten und Schülerlabors bei DESY. Die Aktion beweist: DESY ist fest im Stadtleben verankert. Alle zwei Jahre öffnet DESY seine Pforten und zieht jedes Mal weit über 10 000 Menschen an.

Zudem kommen fast jeden Tag Schulklassen, Studentengruppen und andere Interessierte, um das Forschungszentrum zu besichtigen. Physikstudenten führen die Gäste und vermitteln einen lebendigen Eindruck von der vielfältigen Forschung.

Auch auf Events wie dem Hamburger Hafengeburtstag ist DESY regelmäßig live dabei und beweist einmal mehr: Hier findet Forschung nicht im Elfenbeinturm statt.







DESY in Brandenburg

Der Campus in Zeuthen ist Impulsgeber für die ganze Region

Eng verzahnt mit Berlin/Brandenburg

Der DESY-Standort in Zeuthen ging nach der Wiedervereinigung aus dem Institut für Hochenergiephysik der DDR hervor. Heute zählt der Standort zu den größten Wissenschaftseinrichtungen in Brandenburg. Mit dem Photoinjektor-Teststand PITZ betreibt Zeuthen einen eigenen hochkarätigen Beschleuniger und fungiert als nationales Zentrum für Astroteilchenphysik. Mit der Metropolregion Berlin/Brandenburg ist DESY bestens vernetzt: Der Standort in Zeuthen hat gemeinsame Berufungen mit der Universität Potsdam, der Humboldt-Universität zu Berlin und kooperiert darüber hinaus mit weiteren Hochschulen und Forschungseinrichtungen. DESY beteiligt sich an unterschiedlichen regionalen Netzwerken, darunter das Berlin-Brandenburg-Cluster und das „Potsdam Research Network pearls“, und ist ein wichtiger Partner für Wissenschaft und Wirtschaft.

Investieren in die Zukunft

DESY in Zeuthen engagiert sich intensiv in der Nachwuchsförderung: Angebote für Studierende, Ausbildungsplätze, Schülerlabore zu den Themen Vakuum und Kosmos sowie Praktikumsplätze sind sehr begehrt und schnell ausgebucht. Zusätzlich pflegt DESY Partnerschaften mit Schulen und beteiligt sich regelmäßig an Veranstaltungen wie dem Zukunftstag für Jungen und

Mädchen oder der Langen Nacht der Wissenschaften in Berlin und Potsdam. Mit den Angeboten engagiert sich DESY in Zeuthen in der Breiten- und in der Spitzenförderung von jungen Talenten.

Das Fenster zum Kosmos in Zeuthen

Die Erde ist einem Dauerregen von Teilchen aus dem Weltall ausgesetzt, die Auskunft über die fernen Weiten des Kosmos geben. Forscher in Zeuthen nutzen zwei dieser Himmelsboten, Neutrinos und hochenergetische Gammastrahlung, um den Geheimnissen von Sternexplosionen und kosmischen Teilchenbeschleunigern auf die Spur zu kommen. Doch die offenen Fragen der Astroteilchenphysik sind nicht nur für die Wissenschaftler eine spannende Herausforderung. DESY macht Themen rund um die kosmische Strahlung für Jugendliche erlebbar, Wissenschaftler betreuen interessierte Oberstufenschüler und vermitteln Forschung live. Ein besonders interessantes Projekt hat DESY in Zeuthen im Rahmen des Netzwerks Teilchenwelt mitentwickelt: An Universitäten und Instituten in ganz Deutschland können Jugendliche mit einfachen Experimenten ausprobieren, wie man kosmische Teilchen aufspürt und was sie uns über das Universum verraten. Diese „Cosmic“-Experimente geben einen realistischen Einblick in die tägliche Arbeit der Astroteilchenphysiker.



„DESY ist ein renommiertes Forschungszentrum, an dem Wissenschaftler aus aller Welt brillante Ergebnisse erzielen. DESY entwickelt sich zu einem einzigartigen interdisziplinären Campus, auf dem in enger Kooperation unter anderem mit der Universität Hamburg Spitzenforschung betrieben wird. Und zwar Spitzenforschung, die in reger Kommunikation mit der Stadt, ihren Bürgern und den hier ansässigen Unternehmen stattfindet.“
Olaf Scholz, Erster Bürgermeister der Freien und Hansestadt Hamburg

„DESY in Zeuthen hat sich zu einem wichtigen Impulsgeber für die Region entwickelt.“ *Prof. Christian Stegmann, Leiter des DESY-Standorts Zeuthen*



„Am Standort Zeuthen wurde etwas geschaffen, das in die Zukunft reicht: Durch die Verstärkung der Astroteilchenphysik und neue Projekte der Beschleunigerphysik hat DESY in Zeuthen eine Profilschärfung vollzogen, die sich sehen lassen kann.“ *Prof. Sabine Kunst, Wissenschaftsministerin von Brandenburg*



„DESY ist ein wichtiger Kooperationspartner in der Metropolregion Hamburg, insbesondere für die Entwicklung der Hochtechnologie.“
Christian Scherf, Kaufmännischer Direktor bei DESY



Impulsgeber

Kommunikation

METROPOLREGION

Faszination

IMPRESSUM

Herausgeber

Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY
Ein Forschungszentrum
der Helmholtz-Gemeinschaft

Standort Hamburg:

Notkestraße 85, D-22607 Hamburg
Tel.: +49 40 8998-0, Fax: +49 40 8998-3282
desyinfo@desy.de, www.desy.de

Standort Zeuthen:

Platanenallee 6, D-15738 Zeuthen
Tel.: +49 33762 7-70, Fax: +49 33762 7-7413
desyinfo.zeuthen@desy.de

Autor

Frank Grotelüschen, Hamburg

Realisation und Redaktion

Ute Wilhelmsen

Gestaltung und Produktion

Monika Illenseer

Illustrationen

illustrato, Franziska Lorenz & Jochen Stuhmann, Hamburg

Fotos

David Ausserhofer, Wandlitz; Olaf Ballnus / Agentur Focus; Lars Berg, Münster; Katrin Binner, Frankfurt; CERN, Genf; Christian Charisius, Hamburg; CMS Collaboration, Genf; DESY, Hamburg und Zeuthen; DLR, Oberpfaffenhofen; ESA, Frascati; Eye of Science / Agentur Focus; Helmholtz-Zentrum Geesthacht; Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, Braunschweig; iStockphoto; KEK, Tsukuba; Bengt Lange, Hamburg, Massachusetts Institute of Technology; mediaserver.hamburg.de; Heiner Müller-Elsner, Hamburg; Dalibor Nedbal, H.E.S.S.; Micheline Pelletier/Corbis (The Nobel Foundation); Reimo Schaaf, Hamburg; Daniela Schmitter, Bonn; Manfred Schulze-Alex, Hamburg; Technische Universität Berlin / Ulrich Dahl; TU Delft; Universität Hamburg / Appelt; Marco Urban, Berlin; Robert Wagner, MAGIC; Jann Wilken, Hamburg

Druck

Heigener Europrint GmbH, Hamburg

Redaktionsschluss

August 2012

Nachdruck, auch auszugsweise, unter Nennung der Quelle gerne gestattet.

Frauen und Männer sollen sich von dieser Publikation gleichermaßen angesprochen fühlen. Allein zur besseren Lesbarkeit werden häufig geschlechterspezifische Formulierungen auf die maskuline Form beschränkt.

Impulse für die Metropolregion

Ausbildung für Spitzenforscher

Starker Partner für Kooperationen

Innovationen für die Gesellschaft

Forschung für die Zukunft

Großgeräte für die Wissenschaft





Starker Partner für Kooperationen Impulse für die Metropolregion Ausbildung für Innovationen für die Gesellschaft



Deutsches Elektronen-Synchrotron Ein Forschungszentrum der Helmholtz-Gemeinschaft

In der Helmholtz-Gemeinschaft haben sich 18 naturwissenschaftlich-technische und medizinisch-biologische Forschungszentren zusammengeschlossen. Ihre Aufgabe ist es, langfristige Forschungsziele des Staates und der Gesellschaft zu verfolgen. Die Gemeinschaft strebt nach Erkenntnissen, die dazu beitragen, die Lebensgrundlagen des Menschen zu erhalten und zu verbessern. Dazu identifiziert

und bearbeitet sie große und drängende Fragen von Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft durch strategisch-programmatisch ausgerichtete Spitzenforschung in sechs Forschungsbereichen: Energie, Erde und Umwelt, Gesundheit, Schlüsseltechnologien, Struktur der Materie sowie Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr.

www.helmholtz.de