

# femto

Das DESY-Forschungsmagazin – Ausgabe 01/25

# GEN I A L

vernetzt

Wie Zusammenarbeit  
die Wissenschaft vorantreibt

Teamwork für  
die Teilchenjagd

Palmbblattbriefe  
im Röntgenstrahl

Allianzen in  
der Astrophysik





Wenn die Tafel nicht zum Beschleuniger kommt, kommt der Computertomograph eben zur Tafel: ENCI, der bei DESY entwickelte CT-Scanner, hatte seinen zweiten Einsatz „im Feld“. Im Museum für anatolische Zivilisationen in Ankara in der Türkei setzte das interdisziplinäre Team ihn ein, um Briefe und Verträge der Assyrer zu untersuchen.

# Tontafeln im Scanner: Mobiler Computertomograph entschlüsselt 4000 Jahre alte Briefe

Wo gehandelt wird, werden Verträge gemacht. Wer Verträge macht, will sich absichern, dass sie auch eingehalten werden. Das war schon vor 4000 Jahren so – auch im damaligen Assyrien, einem florierenden Staat rund ums östliche Mittelmeer. Die reisenden und handelnden Assyrer hielten ihre Verträge, Schuldbriefe und Zahlungsaufforderungen mit einer Keilschrift auf Tontafeln fest, verschlossen sie in einem „Umschlag“ aus Ton und versahen die Umschläge außen mit Siegeln und praktischen Kurzfassungen der Platteninhalte.

Im Museum für anatolische Zivilisationen in Ankara lagern Tausende dieser 4000 Jahre alten Briefe – und dank DESY-Technologie weiß man jetzt von einigen, was drinsteht. Um die Tonumschläge nicht aufbrechen zu müssen, aber trotzdem das Geheimnis der Briefe zu lüften, hat ein Team des Exzellenzclusters „Understanding Written Artefacts“ von der Universität Hamburg und DESY den eigens für solche Einsätze entwickelten mobilen Computertomographen ENCI in die Türkei transportiert. ENCI ist die Kurzform von „Extracting Non-destructively Cuneiform Inscriptions“ und gleichzeitig eine Anspielung auf Enki, den sumerischen Gott der Weisheit.

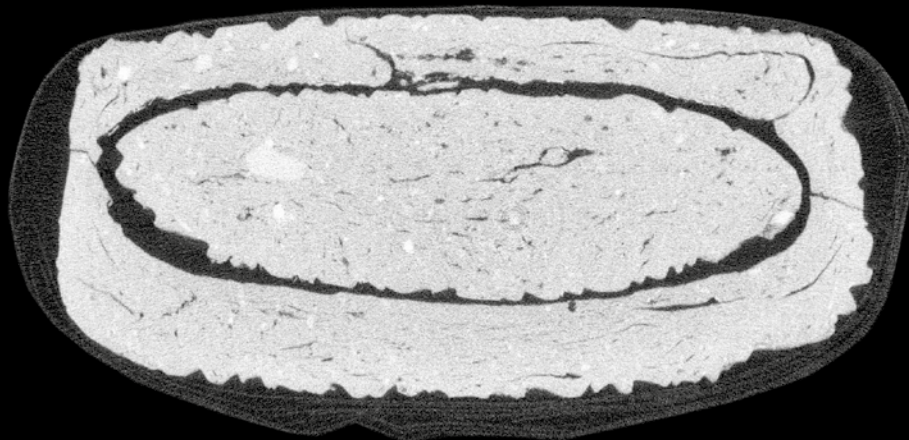
Mit dabei war DESY-Forscher Christian Schroer. Als wissenschaftlicher Leiter von PETRA III untersucht er meistens Dinge, die viel kleiner sind als die Auflösung von ENCI, aber der dreiwöchige Einsatz „im Feld“ vor Ort in Ankara und ENCI's einzigartige Technologie haben ihren ganz besonderen Reiz, meint er. Eine Messreihe

im Louvre in Paris mit ähnlichen Tafeln hatte das Team schon hinter sich; auch hier wurde der knapp 400 Kilogramm leichte Tomograph direkt im Museum eingesetzt.

ENCI macht ein dreidimensionales Rundumbild der Tontafel, indem es 1440 einzelne Bilder in jeweils 0,25-Grad-Schritten aufnimmt und diese dann im Computer zu einem dreidimensionalen Volumen zusammensetzt. „Aus einzelnen Schnitten durch das Volumen kann man zwar schon viel über das Material und die Herstellung lernen, man kann aber noch lange nichts lesen“, so Schroer. Der Computer rekonstruiert dann die Oberfläche, kann die Ränder der Tafel und des Umschlags identifizieren und erkennt auch Einschlüsse, die viel über die Entstehungsbedingungen der Tontafeln aussagen können. Am Ende können die Expertinnen und Experten – allen voran Assyriologin Cécile Michel, die den Zugang zum Museum ermöglicht hat und vor Ort die Verantwortung für die kostbaren Keilschriftdokumente trägt – die rekonstruierten Texte im Inneren direkt lesen, ohne dass das Original auch nur einen Kratzer bekommt.

Heraus kamen viele aufschlussreiche Schriftstücke über Geld, Darlehen, Zinsen und Schulden. „Ich hätte mir ja eigentlich gewünscht, auch mal einen Liebesbrief zu finden – aber die wären ja auch vor 4000 Jahren nicht ungelesen in ihren Tonumschlägen geblieben“, meint Schroer. Als nächstes Projekt winkt die Entzifferung von tibetanischen Manuskripten, diesmal allerdings wieder an den PETRA III-Strahlführungen bei DESY.

Darlehensverträge, Schuldscheine und Quittungen – das haben die Menschen schon vor 4000 Jahren dokumentiert. Die Assyrer hielten alles in Keilschrift auf Tontafeln fest und verschlossen die Dokumente in ebenfalls beschrifteten und mit Siegeln versehenen Tonumschlägen, auf dem Querschnitt (unten) sehr gut zu erkennen. Dank ENCI kann das Forschungsteam sie lesen, ohne sie aufbrechen zu müssen.



Wie funktioniert ENCI? Dieser Film erklärt es:



# Inhalt

## 02 femtoskop

Tontafeln im Scanner

## 06 Mit der Molekülsonde ins Nanoversum

Forschende untersuchen Katalysator-Oberflächen auf atomarer Ebene

## 07 femtowebe

Wissenschaftsmetropole auf Wachstumskurs

## 08 Von Bäumen lernen

Forschungsteam entdeckt überraschendes Phänomen in Nanoschwamm



## 09 „Es ist für mich sehr wichtig, forschungsnah zu bleiben“

Interview mit Britta Redlich, DESYs neuer Direktorin für Photon Science

## ZOOM

### 10 Genial vernetzt

Wie Zusammenarbeit die Wissenschaft vorantreibt

### 12 Erfolgsformel Teamspirit

Warum die Wissenschaft von Kooperationen profitiert

### 15 „Wir arbeiten an einer gemeinsamen Vision“

Interview mit Helmut Dosch

### 16 Teamwork für die Teilchenjagd

DESY baut zentrale Komponente des ATLAS-Detektors

### 18 Weltumspannender Blick ins Universum

DESYs internationale Allianzen in der Astrophysik

### 20 Palmblattbriefe im Röntgenstrahl

Kooperation enträtselt antike Schriftstücke

### 22 Netzwerk für den Nachwuchs

„Neugier ahoi!“ unterstützt Forschung für die Kleinsten

### 23 Impulse für die Industrie

Innovationsplattform erschließt neue Anwendungen

### 24 femtomenal

$2,80 \pm 0,09$  mm·mrad: diese Zahl macht glücklich

### 25 „Ich habe viel neues Wissen mitgenommen“

Interview mit Daryna Sych zur DESY Ukraine Summer School

### 26 Spektrum

Nachrichten aus der Forschung

### 30 Killerkeime stoppen

Mit PETRA III multiresistente Bakterien austricksen

### 31 Wie viel wiegt das W?

Genaueste Messung der Masse des W-Bosons

### 32 Trubel auf dem Campus

DESY-Spirit beim 1. Science City Day

### 33 Online-Umfrage

Wie finden Sie femto?

### 33 femtopolis

Swift-Beben im Beschleuniger

### 44 femtofinale

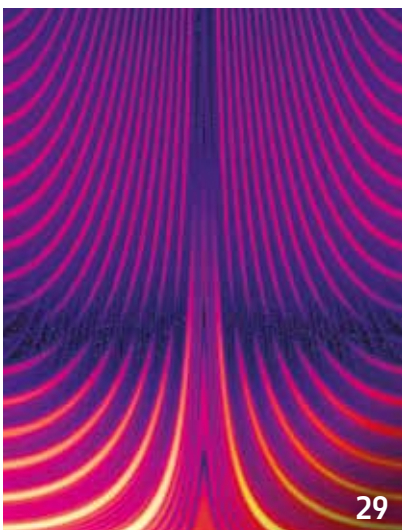
Künstliche Intelligenz



18



22



29

**33**  
**Online-Umfrage**  
Wie finden Sie femto?



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

jeden Dezember verleiht König Carl XVI. Gustaf in feierlich-feudalem Ambiente die Nobelpreise für Physik, Chemie und Medizin. Geehrt werden stets nur wenige Köpfe – was den Eindruck vermittelt, wissenschaftliche Erfolge würden vor allem durch einsame Genies erzielt. Doch hinter den meisten Forschungsgroßtaten steckt ein Team – Doktoranden, Labortechnikerinnen, Postdocs und IT-Fachleute, die essenziell zum Erfolg beigetragen haben.

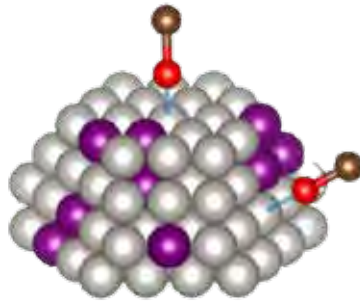
So ist es auch bei DESY: Nur durch eine intensive Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungseinrichtungen können wir Wissenschaftsmaschinen bauen und betreiben, die bei der Lösung drängender Probleme helfen – etwa der Suche nach neuen Medikamenten und der Entwicklung klimaneutraler Technologien. Besonders eindrucksvoll zeigt sich die Kraft des Teams in internationalen Kooperationen. Die Riesensexperimente am CERN in Genf und das gewaltige IceCube-Teleskop am Südpol stehen als Leuchttürme dafür, wie globale Netzwerke Großes erreichen können. In diesem Heft stellen wir Ihnen unterschiedlichste Wissenschaftskooperationen vor: vom Gemeinschaftsprojekt eines Indologen mit einer Physikerin über ein vielversprechendes Industrienetzwerk bis hin zur Frage, wie es sich als Teilchenphysikerin in einem Team forschet, das aus 6000 Mitgliedern besteht.

Außerdem brauchen wir in diesem Heft auch Ihre Mitarbeit – bei einer Umfrage. Unser Forschungsmagazin femto erschien erstmals vor gut zehn Jahren, seither nehmen wir Sie in jedem Heft mit auf Entdeckungsreise in unsere DESY-Forschungswelt. Jede Ausgabe soll Sie unterhalten, Ihnen Spitzenforschung und Spitzenforschende näherbringen und Wissenswertes vermitteln. Dies gelingt nur, wenn wir wissen, was wir besser machen können. Deshalb bitten wir Sie um Ihre Meinung: Was gefällt Ihnen? Was fehlt? Wie finden Sie Themenmix, Lesefreundlichkeit oder Layout? Und wie lesen Sie das Magazin am liebsten – klassisch in Papierform oder lieber digital? Wir würden uns sehr freuen, wenn Sie sich durch unseren Online-Fragebogen klicken und uns Ihre Antworten zukommen lassen – damit wir femto noch attraktiver für Sie gestalten können. Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Ihr femto-Team

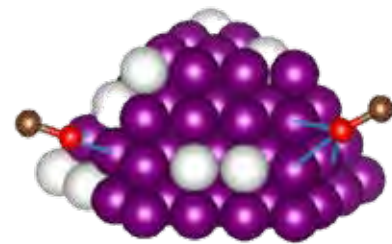
# Mit der Molekülsonde ins Nanoversum

Nano-Fachleute von DESY untersuchen Katalysator-Oberflächen auf atomarer Ebene



**Platin-reiches  
Nanoteilchen**

Je nach Zusammensetzung der Katalysator-Oberfläche lagert sich Kohlenmonoxid (braun-rotes Molekül) an unterschiedlichen Stellen an. Überwiegt Platin (graue Kugeln), setzen sich die Gasmoleküle direkt darauf; überwiegt Palladium (lila Kugeln), fügen sie sich zwischen mehreren Atomen ein.



**Palladium-reiches  
Nanoteilchen**

**E**in Forschungsteam hat im DESY-NanoLab Katalysator-Oberflächen unter die Nano-Lupe genommen.

Dabei haben die Fachleute nicht nur mehr über die genauen Vorgänge während des Katalyseprozesses erfahren, sondern auch Möglichkeiten ausprobiert, diese Prozesse positiv zu beeinflussen.

Katalysatoren sind wichtige Helfer bei vielen industriellen Prozessen, weil sie die Effizienz bei der Produktion von Basischemikalien steigern. Sie spielen auch weiterhin eine zentrale Rolle bei ihrer bekanntesten Anwendung als Abgasreiniger in Verbrennungsmotoren, weil sie den Ausstoß des gesundheitsschädlichen Gases Kohlenmonoxid und des klimaschädlichen Methans verringern. So können sie wichtige Beiträge zum Umweltschutz und zur kosteneffizienteren Produktion leisten.

## **Mysterium Katalyseprozess**

Was allerdings genau auf atomarer Ebene abläuft, wenn ein Katalysator eine chemische Reaktion beschleunigt oder bei niedrigeren Temperaturen ablaufen lässt, ohne sich selbst dabei zu verändern, ist noch nicht gut verstanden. DESY, das Karlsruhe-

her Institut für Technologie (KIT) und die TU München (TUM) haben sich gemeinsam vorgenommen, den genauen Vorgängen beim Katalyseprozess auf den Grund zu gehen.

Für Katalysatoren, die zur Abgasreinigung in Verbrennungsprozessen eingesetzt werden, gibt es ein Material der Wahl: Platin-Palladium-Legierungen. Sie sitzen an der Oberfläche eines Trägermaterials, zum Beispiel Aluminiumoxid, sind reaktionsträge und dadurch sehr stabil. Die Anzahl der Oberflächenatome der Metall-Legierung bleibt also während der katalytischen Prozesse konstant. Und weil die Prozesse

an der Oberfläche stattfinden, ist es einerseits wünschenswert, eine möglichst große Oberfläche zu schaffen, um möglichst viel Reaktionsfläche zu haben; andererseits will man genau wissen, wie die Oberflächenzusammensetzung sich ändert, um die Aktivität des Katalysators beeinflussen zu können. „Jedoch ist das sehr schwer zu untersuchen; die katalytischen Reaktionen finden unter ziemlich harschen Umgebungsbedingungen wie hohen Temperaturen und hohen Gasdrücken statt“, sagt Andreas Stierle, Leiter der DESY-NanoLab-Gruppe und Professor für Nanowissenschaften an der Universität Hamburg.

## **Kohlenmonoxid sammelt Daten im Nanoversum**

Die Forschenden haben aber genau dies möglich gemacht: Sie haben Gasmoleküle wie winzige Erkundungs sonden in den Nanoraum geschickt, um zu beobachten, wo sie sich auf der Oberfläche anlagern.

Das Gas, in diesem Fall Kohlenmonoxid, bindet an die Metallatome in der Legierung an verschiedenen Orten. Manche Moleküle setzen sich direkt über ein Platin-Atom, manche zwischen zwei Palladium-Atome, wieder andere fühlen sich im

theoretische Berechnungen, die bei KIT durchgeführt wurden. „Der direkte Vergleich der Theorie mit dem Experiment ist enorm wichtig für solche komplexen Systeme“, betont Philipp Plessow, Theoriegruppenleiter bei KIT.

## „Die katalytischen Reaktionen finden unter ziemlich harschen Umgebungsbedingungen statt“

Andreas Stierle, DESY-NanoLab

Dreieck zwischen drei Palladium-Atomen am wohlsten. „Mit Hilfe von Infrarotspektroskopie konnten wir in der Nanowelt erkennen, wo genau das Kohlenmonoxid sitzt und wie sich seine Eigenschaften je nach Ort verändern“, berichtet DESY-Forscherin Heshmat Noei.

Beim Verständnis der Prozesse an der Katalysator-Oberfläche sind aber nicht nur die Beobachtungen aus dem NanoLab wichtig – um zu verstehen, was passiert, verlässt sich das Team auf umfangreiche

### Die gute Mischung macht's

Die Beschaffenheit der Legierung spielt dabei auch eine zentrale Rolle, hat das Team herausgefunden. Ist mehr Platin an der Oberfläche vorhanden, setzen sich die Kohlenmonoxid-Moleküle nur direkt über die Atome. Überwiegt Palladium, fügen sie sich lieber zwischen zwei oder drei Atomen ein. „Die Oberflächenzusammensetzung des Materials ist ausschlaggebend für die Funktion“, so Erstautor Silvan Dolling, der die Studie im Rahmen seiner Master-

arbeit an der Universität Hamburg durchgeführt hat. Platin hat die Tendenz, sich an die Oberfläche zu drängen; bei einer guten Mischung von Platin und Palladium laufen die katalytischen Reaktionen aber besser ab. Wenn man den Katalysator also entsprechend vorbehandelt, kann man seine Oberflächeneigenschaften so verändern, dass er noch effizienter wird.

Katalysatoren werden auch bei Treibstoffen der Zukunft wichtig bleiben. „Grünes“ Methan könnte ein solcher Treibstoff für Schiffe sein, für „grünes“ Ammoniak gibt es auch Modelle und Testbetriebe. Beide sollten allerdings nicht in die Luft entweichen – das eine ist ein leider sehr effektives Treibhausgas, das andere giftig und ebenfalls klimaschädlich. Mit gut verstandenen und kontrollierbaren Katalysatoren kommen wir emissionsarmen Antriebsarten ein gutes Stück näher.

ACS Nano, DOI: 10.1021/acs.nano.4c08291

femtoweb

## Wissenschaftsmetropole auf Wachstumskurs

In Hamburg entsteht gerade ein Stadtteil für die Wissenschaft: die Science City Hamburg Bahrenfeld. Mittendrin: das Forschungszentrum DESY. Mit seinen Großforschungsanlagen wird es zum Herzstück des neuen Stadtteils, der auf einer Fläche von 125 Hektar – siebenmal so groß wie die Hamburger Binnenalster – Bürgerinnen und Bürgern, Forschenden, Start-ups und forschenden Unternehmen neuen Raum und neue Chancen bieten wird. Zusammen mit 15 Partnern entwickelt DESY dieses vitale Innovationsökosystem. Es lässt sich schon jetzt auf der neuen Webseite erkunden: [www.sciencecity.hamburg](http://www.sciencecity.hamburg)



# Von Bäumen lernen

Überraschendes Phänomen in Nanoschwamm schafft Basis für vielversprechende Sensortechnik

**B**äume sind faszinierende Pflanzen. Ein internationales Forschungsteam ist jetzt einem ihrer Geheimnisse auf die Spur gekommen und hat schon Ideen, wie man es für die Gesellschaft nutzbar machen könnte.

Bäume können Wasser mitsamt den darin gelösten Nährstoffen ganz ohne mechanische Pumpe von den Wurzeln bis hinauf in die Krone befördern. Der dahintersteckende Mechanismus ist trickreich: Die Bäume verfügen über ein System aus feinen wasserleitenden Röhren. In den Blättern sind kleine Poren, durch die das Wasser verdunstet. Dabei entstehen enorme Unterdrücke, die das Wasser gegen die Schwerkraft aus dem Boden saugen und nach oben ziehen.

*„Anstatt zusammenzuschrumpfen, dehnte sich das Glasstäbchen um ein Tausendstel seiner ursprünglichen Länge aus“*

*Patrick Huber, DESY und TU Hamburg*

## Gläserner Nanoschwamm

Dieses Phänomen hat ein Team um Patrick Huber, Forscher bei DESY und Professor an der TU Hamburg, nun im Detail untersucht, und zwar mit einem speziellen Nanomaterial – ein Silikatglas, durchzogen von unzähligen, äußerst feinen Poren. Diesen gläsernen Nanoschwamm stellte das Team so auf, dass von unten Wasser eindringen und aufsteigen konnte. Dabei hat ein hochempfindlicher Kraftsensor gemessen, wie der zentimetergroße Glaszylinder auf das Eindringen des Wassers reagiert.

„Eigentlich hatten wir damit gerechnet, dass das Silikatglas ein wenig zusammenschrumpft, da der durch die Verdunstung hervorgerufene Unterdruck mit steigendem Wasserpegel auf einen immer größeren Teil des Glases wirkt“, erklärt Huber. „Doch: Überraschung! Das Glasstäbchen dehnte sich aus, und zwar um ein Tausendstel seiner ursprünglichen Länge.“ Zunächst dachte



Vorbild Natur: Der Wassertransport funktioniert im Nanoschwamm ganz ähnlich wie in einem Baum.

das Team an einen Messfehler, doch der Effekt wollte auch bei weiteren Versuchen nicht weichen. Die Erklärung: Wenn sich die Nanoporen im Silikatglas mit Wasser füllen, sinkt die Grenzflächenspannung an den Wänden der Poren – wodurch sich diese ausdehnen. „Dieser Beitrag ist größer als der Staucheft, der durch den Verdunstungsunterdruck bewirkt wird“, erklärt Huber. „Und deshalb haben wir unterm Strich eine Ausdehnung der Glasprobe gemessen.“

Das bestätigten auch die Arbeiten von Hubers Mitarbeiter Lars Dammann, der das Phänomen in Computersimulationen durchgespielt hat. Der Saugdruck in dem Nanoschwamm ist beträchtlich: Ein künstlicher Baum aus diesem Material könnte Wasser über mehrere hundert Meter aufwärts befördern.

## Baum-Tech für Elektroautos

Das neue Ergebnis dürfte auch für Anwendungen spannend sein: Mit einer einfachen Längenmessung kann man errechnen, inwieweit ein nanoporöses Material mit Flüssigkeit gefüllt ist. Man könnte also mit einem Sensor den Elektrolyt-Füllstand einer Batterie überwachen, zum Beispiel von Akkus in Elektroautos oder Superkondensatoren zur Rückgewinnung von Bremsenergie. Und es gibt noch viele weitere Ideen: Filtermembranen, Nanoschwämme zur Energiegewinnung, Detektoren, die die Luftfeuchtigkeit sehr präzise messen – das Team hat noch andere mögliche Anwendungen im Auge und erweitert gerade die Arbeiten auf andere Materialien, etwa nanoporösen Kohlenstoff.

PNAS, DOI: 10.1073/pnas.2318386121



# „Es ist für mich sehr wichtig, forschungsnah zu bleiben“

Seit dem 1. Januar 2025 ist die Chemikerin **Britta Redlich** Direktorin für den Fachbereich Photon Science – die Forschung mit Photonen – bei DESY. Sie wechselt aus Nijmegen in den Niederlanden, wo sie den Betrieb des Infrarot-Freie-Elektronen-Lasers FELIX und des Hochfeldmagnetlabors HFML leitete, zu DESY.

**femto:** Sie haben über 20 Jahre lang in den Niederlanden geforscht und Forschung gemanagt. Was reizt Sie an Ihrer neuen Aufgabe, und was an Hamburg?

**Britta Redlich:** Ich hatte eine großartige Zeit in den Niederlanden, wo ich zunächst als Postdoktorandin und Emmy-Noether-Stipendiatin am FOM Institut Rijnhuizen bei Utrecht in einem fantastischen Forschungsumfeld gearbeitet habe. In Nijmegen haben wir dann die Forschungsanlage HFML-FELIX mit einem kleinen Team zu einem nationalen Forschungsinstitut ausgebaut, mit einem klaren Fokus auf Wissenschaft, Technologieentwicklung und den Nutzerbetrieb.

Durch die internationalen Netzwerke kenne ich DESY schon lange und verfolge besonders die Entwicklung im Bereich der Lichtquellen und die Forschung mit Röntgenstrahlung. Ich bin immer wieder beeindruckt, wie DESY sich kontinuierlich weiterentwickelt – sowohl hinsichtlich seiner Forschungsinfrastrukturen als auch in der Forschung, die diese Technologieentwicklungen nutzt.

Hamburg und DESY sind für mich ein Ort, an dem Forschung, Technologie und Innovation auf überzeugende Weise zusammenkommen. Hier entstehen einzigartige Möglichkeiten, bedeutende wissenschaftliche Fragen zu beantworten und Lösungen für gesellschaftliche Herausforderungen zu finden. Es ist für mich sehr inspirierend

und motivierend, Teil von DESY zu werden, und zugleich eine unglaubliche Chance und Herausforderung, auf die ich mich riesig freue.

**femto:** Was sind Ihre Pläne in der Photon Science für die nächsten Jahre?

**Britta Redlich:** Ich bin überzeugt, dass sich DESYs Fachbereich Photon Science mit den sich ständig weiterentwickelnden Quellen wie PETRA III, FLASH und auch dem European XFEL neu erfinden wird. PETRA IV – das 4D-Röntgenmikroskop – wird dabei eine Schlüsselrolle spielen. Es ermöglicht den tiefsten Blick in die Materie – ein wahrer Traum für jede Wissenschaftlerin und jeden Wissenschaftler. Um dieses Potenzial voll auszuschöpfen, müssen wir mit den bestehenden Technologien bei PETRA III, dem im Ausbau befindlichen FLASH2020+ und European XFEL das Fundament legen und diese Quellen für Forschung und Industrie breit zugänglich machen. In diesem Zusammenhang spielen die in der Photon Science angesiedelten Institute CFEL, CXNS, CMWS und CSSB eine zentrale strategische Rolle, um Forschungsschwerpunkte zu bilden. Auch die enge Zusammenarbeit von DESY mit den Universitäten in Hamburg und Norddeutschland und natürlich der künftigen Science City Hamburg Bahrenfeld ist von unschätzbarem Wert. Dies alles können wir weiter verstärken – sowohl im nationalen als auch im internationalen Umfeld, mit Forschungsinfrastrukturen und Partnern in Deutschland, Europa und der Welt.

**femto:** Sie haben auch als Direktorin von FELIX selbst weiter Forschung betrieben. Werden Sie als DESY-Direktorin auch in die Forschung einsteigen? Wenn ja, was ist Ihr Thema?



**Britta Redlich:** Es ist für mich sehr wichtig, forschungsnah zu bleiben – sei es durch meine eigene Forschung oder in Forschungs Kooperationen. In den vergangenen Jahren habe ich mich insbesondere mit Fragen der laborbasierten Astrochemie beschäftigt. Wie entstehen Moleküle und Ionen im Weltall? Wie können sich Moleküle in der leeren und häufig sehr kalten Umgebung bilden? Welchen Einfluss hat die Strahlung im Raum auf diese Prozesse? In den FELIX-Laboren können wir Bedingungen simulieren, die denen im Weltall ähneln, und dann mit FELIX im Infrarot- und Terahertz-Spektralbereich den „Fingerabdruck“ von Molekülen und Ionen messen und Reaktionen studieren. Dieses Forschungsfeld profitiert auch enorm von Studien mit Röntgenlichtquellen. Bei DESY arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bereits in vielen Bereichen daran, und ich bin sehr gespannt, welche neuen Möglichkeiten sich ergeben, wenn wir unsere komplementäre Forschung weiter miteinander verknüpfen.

# GENIAL vernetzt

Wie Zusammenarbeit die Wissenschaft vorantreibt

Ob das Observatorium im Eispanzer der Antarktis, der Detektor am stärksten Beschleuniger der Welt oder ein Feld von Spezialteleskopen in der Wüste von Chile: Hinter ehrgeizigen wissenschaftlichen Projekten stecken meist Forschungsteams, die sich aus unterschiedlichen Institutionen, Ländern und Fachrichtungen zusammensetzen. Internationale Kooperationen sind unverzichtbar und wirken über die Forschung hinaus – auch und gerade bei DESY.



## ZOOM

- 12 Erfolgsformel Teamspirit
- 15 „Wir arbeiten an einer gemeinsamen Vision“
- 16 Teamwork für die Teilchenjagd
- 18 Weltumspannender Blick ins Universum
- 20 Palmblattbriefe im Röntgenstrahl
- 22 Netzwerk für den Nachwuchs
- 23 Impulse für die Industrie
- 24 femtomenal
- 25 „Ich habe viel neues Wissen mitgenommen“

## Weltweit

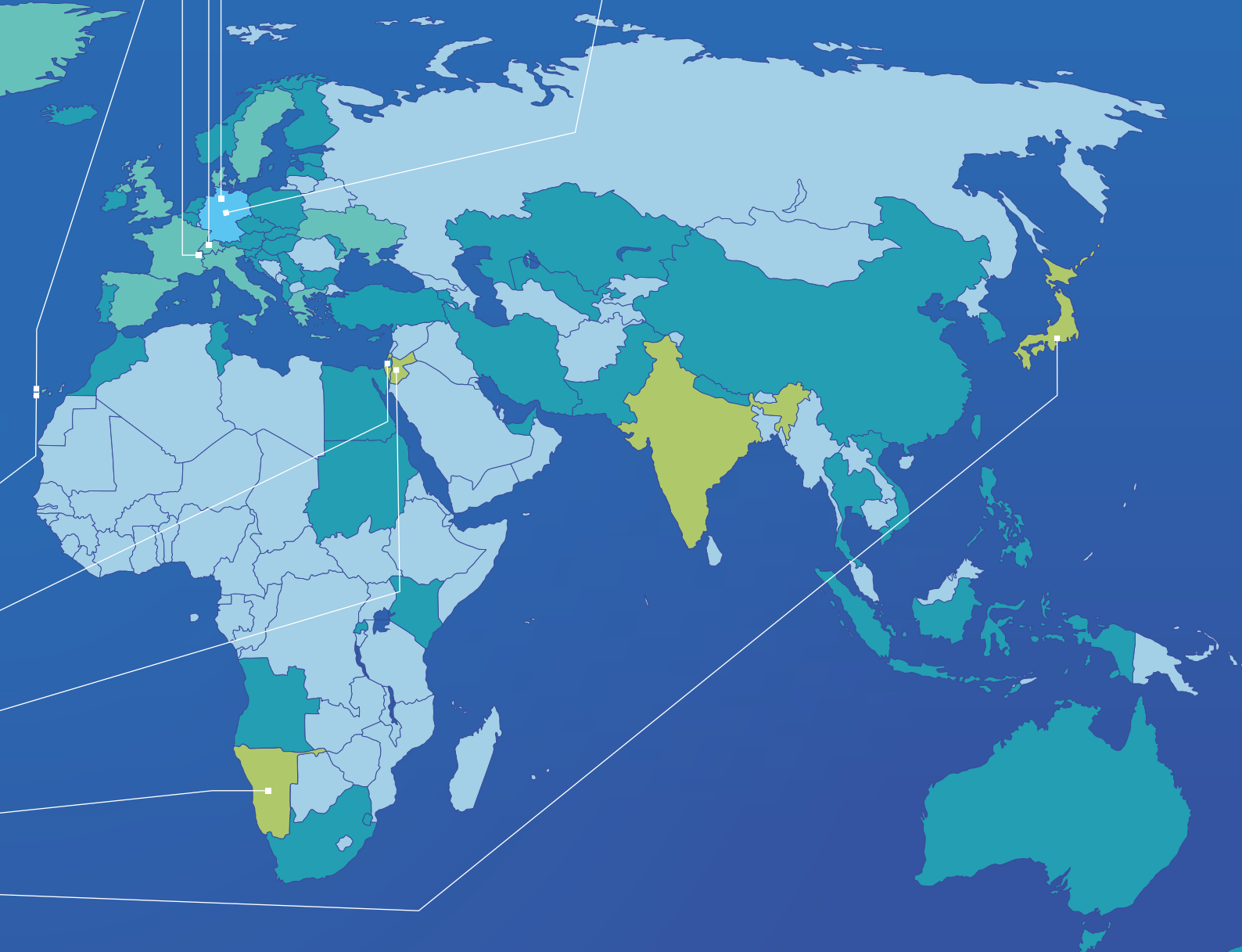
- RNO-G ■
- CTAO ■
- Weizmann-Institut ■
- SESAME ■
- H.E.S.S.-Teleskop ■
- Belle II ■
- IceCube ■
- → Fermilab
- → SLAC
- India@DESY
- Worldwide LHC Computing Grid (WLCG)
- TESLA Technology Collaboration
- → TRIUMF

## Europa

- MAGIC (La Palma)
- ESRF
- CERN (ATLAS, CMS)
- European XFEL
- Europäisches Laboratorium für Molekularbiologie, EMBL
- League of European Accelerator-based Photon Sources LEAPS
- Röntgen-Ångström-Cluster

## Deutschland

- Helmholtz-Gemeinschaft
- Max-Planck-Gesellschaft
- Fraunhofer-Gesellschaft
- Leibniz-Gemeinschaft
- Universitäten und Hochschulen (Hamburg, Berlin, Kiel, Potsdam, Göttingen, u.v.m.)
- Unternehmen



### Vernetzt in alle Welt

Die Karte der weltweiten DESY-Kooperationen ist ebenso bunt wie vielfältig. Die Palette reicht von Nutzerkooperationen mit Forschenden aus rund 70 Ländern (in der Farbe Petrol dargestellt) bis zu langfristigen strategischen Forschungsverbänden in Deutschland, Europa und weltweit.



# Erfolgsformel Teamspirit

Warum die Wissenschaft von Kooperationen profitiert

**D**as Labor ist das reinste Chaos: blinkende Maschinen, flackernde Bildschirme, verschlungene Kabel, dann und wann zuckt ein elektrisches Britzeln durch die Apparaturen. Der Forscher – strubbeliges Haar, wirrer Blick – werkelt besessen an seiner Errungenschaft: einer Zeitmaschine, eingebaut in einen Sportwagen, mit der sich in andere Jahrzehnte reisen lässt. Doc Brown ist der genialische Held der Kino-Trilogie „Zurück in die Zukunft“. Er ist der wohl prominenteste Vertreter jenes alten Klischees, das Hollywood

allzu gerne von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zeichnet: der einsame Kopf, der in stillen Studierstuben bahnbrechende Theorien ausheckt oder in seinem Garagenlabor eine revolutionäre Erfindung zustande bringt.

Die Realität sieht heutzutage – zumindest in der Regel – ganz anders aus: Forschende arbeiten in teils riesigen Teams, verschiedene Fachdisziplinen tun sich zu Projekten zusammen, oft über Ländergrenzen hinweg. „Im modernen Forschungsbetrieb ist es heute gang und gäbe, dass man schwierige und aufwändige Fragen in Kooperationen löst“, sagt Helmut Dosch, Vorsitzender des DESY-Direktoriums. „Ohne Zusammenarbeit ist Spitzenforschung und damit auch Innovation kaum machbar.“

Das gilt insbesondere auch für DESY: Seine Röntgenlichtquellen wie PETRA III stehen Fachleuten aus aller Welt



Tausende Köpfe für die Teilchenforschung: An den Experimenten am CERN in Genf sind zahlreiche Fachleute beteiligt – wie hier am riesigen Teilchendetektor CMS.

offen. Jahr für Jahr kommen Tausende nach Hamburg, um unterschiedlichste Proben mit den starken, gebündelten Röntgenstrahlen zu analysieren – von vielversprechenden Quantenmaterialien über lebenswichtige Proteine bis hin zu Kunstschatzen aus der Antike. In der Teilchenphysik, in der es um die Erforschung der elementaren Materiebausteine geht, beteiligt sich DESY an den gigantischen Experimenten am CERN in Genf, aber auch am Teilchenforschungszentrum KEK in Japan. Und selbst kleine „Low-Budget“-Experimente wie ALPS II, das auf dem DESY-Campus steht, werden von internationalen Forschungsteams betrieben.

Am Standort Zeuthen bei Berlin wirken DESY-Forschende bei globalen Astrophysikprojekten mit – etwa an einem gewaltigen Neutrino-detektor, versenkt im kilometerdicken Eispanzer der Antarktis, oder an ausgedehnten Teleskopfeldern, die in Chile und auf den Kanaren entstehen. Auch am European XFEL,

dem stärksten Röntgenlaser Europas, ist DESY beteiligt: Als größter der zwölf internationalen Gesellschafter ist es für den Betrieb des kilometerlangen Linearbeschleunigers verantwortlich, der die für die Lichterzeugung benötigten Teilchen auf Touren bringt.

Kooperationen zwischen Forschungseinrichtungen und zwischen Wissenschaft und Industrie sind aus vielen Gründen nicht nur sinnvoll, sondern auch notwendig:

- **Big Science:** Megaprojekte wie Teilchenbeschleuniger, Großteleskope oder Raumfahrtmissionen sind für einzelne Länder schlicht zu kostspielig, um sie im Alleingang wuppen zu können. Sie lassen sich nur finanzieren, wenn mehrere Partner ihre Ressourcen zusammentun.
- **Interdisziplinarität:** Große Vorhaben benötigen oft Expertisen aus ganz unterschiedlichen Richtungen. So sind an den Berichten des Weltklimarats IPCC nicht nur Fachleute aus Physik, Meteorologie und Atmosphärenchemie beteiligt, sondern auch Forschende aus Ökologie, Medizin und Wirtschafts- und Sozialwissenschaften.
- **Forschung und Lehre:** Universitäten und Hochschulen haben unter anderem den Auftrag, wissenschaftlichen Nachwuchs auszubilden. Dabei hilft ihnen die enge Verzahnung mit großen Forschungseinrichtungen wie DESY. Hier können junge Menschen ihre Master- und Doktorarbeiten machen und sich an einzigartigen Projekten der Spitzenforschung beteiligen.
- **Innovation und Industrie:** Unternehmen besitzen nicht immer das Know-how und die Mittel, um wissenschaftliche Fragen zu beantworten. Hier kann ihnen die Kooperation mit einer Forschungseinrichtung helfen. Zum Beispiel nutzen immer mehr Firmen die Möglichkeit, technologisch relevante Materialien und Herstellungsverfahren mit DESYs Röntgenlichtquellen zu analysieren und zu verfeinern. Ebenso gibt es Entwicklungskooperationen mit Industriepartnern. So arbeitet DESY mit Unternehmen aus der Photonikbranche oder auch der Medizintechnik zusammen.

Diese Aspekte haben im Laufe der Zeit dazu geführt, dass die Zahl der internationalen Forschungskooperationen stetig gewachsen ist. Ablesen lässt sich das an einem klaren Trend bei den wissenschaftlichen Fachveröffentlichungen: Laut einem Bericht der US-amerikanischen National Science Foundation haben Forschende aus Deutschland im Jahr 2003 bei 39 Prozent ihrer Artikel mit internationalen Koautoren zusammengearbei-



Transatlantische Beziehungen stärken: Teilnehmende der Konferenzserie „Transatlantic Big Science Conference“ setzen sich für Wissenschaftsfreiheit und internationale Kooperation ein.

tet. Bis 2022 erhöhte sich dieser Anteil deutlich: auf 56 Prozent – Tendenz steigend, wie auch in anderen Nationen.

Das kooperative Zusammenspiel von Forschenden ist nicht nur für die Wissenschaft selbst förderlich. Immer wieder strahlt es auch auf die Politik aus, etwa beim CERN in Genf: Das größte Teilchenforschungszentrum der Welt wurde 1954 auch deshalb gegründet, um die europäischen Staaten nach dem 2. Weltkrieg wieder zu einem engeren Miteinander zu bewegen. Zu Zeiten des Eisernen Vorhangs war es eine der wenigen Stätten, an denen Fachleute aus Ost und West gemeinsam forschen konnten. Bis heute ist CERN ein Schmelztiegel der internationalen Kooperation: Über 17 000 Menschen aus mehr als 110 Nationen arbeiten an und mit den Anlagen.

Eine politische Dimension hat auch ein Unterfangen, für das DESY einiges an Geburtshilfe geleistet hat – die Röntgenlichtquelle SESAME in Jordanien. Es ist das erste wissenschaftliche Großgerät im Nahen Osten – ein Gemeinschaftsprojekt von so unterschiedlichen Partnern wie Iran, Israel und Palästina. Die Idee für SESAME ging unter anderem auf den ehemaligen DESY-Beschleunigerdirektor Gustav-Adolf Voss zurück. Außerdem initiierte DESY den Bau einer der Strahllinien der Lichtquelle. Sie ermöglicht hochklassige Experimente im Bereich der weichen Röntgenstrahlung. 2017 ging SESAME in Betrieb. Seitdem versucht die Einrichtung zu zeigen, dass auch verfeindete Staaten in der Wissenschaft friedlich kooperieren können. Natürlich belastet der aktuelle Konflikt das Projekt. Aber bislang haben es weder Iran noch Israel verlassen – ein Hoffnungsschimmer und die Möglichkeit, in Kontakt zu bleiben.

Mit Indien unterhält DESY seit 2011 eine langjährige Partnerschaft. Seitdem hat das Land 25 Millionen Euro in die Instrumentierung und Forschung an DESYs Röntgenlichtquelle PETRA III investiert. Über 1400 indische Forschende konnten so

bisher an der Anlage experimentieren. Viele ihrer Arbeiten befassten sich mit Energieforschung und verfolgten die Absicht, den nachhaltigen Wandel Indiens zu unterstützen. 2024 wurde das Programm namens „India@DESY“ intensiviert: Eine neue Vereinbarung hat das Ziel, die Zahl der indischen Experimente um 15 Prozent zu steigern und eine Beteiligung an DESYs Zukunftsprojekt PETRA IV vorzubereiten. Auch mit Armenien unterhält DESY eine langjährige Kooperation, etwa in den Bereichen Beschleunigerentwicklung und Astroteilchenphysik.

Doch geopolitische Krisen machen nicht vor der Wissenschaft halt. Das zeigt der Umgang westlicher Forschungseinrichtungen mit dem russischen Krieg in der Ukraine: Viele

**„Ohne Zusammenarbeit ist Spitzenforschung und damit auch Innovation kaum machbar“**

*Helmut Dosch, DESY*

beendeten ihre Zusammenarbeit mit russischen Einrichtungen oder schränkten sie massiv ein. Zugleich unterstützen sie russische Forschende, die ihrer Heimat den Rücken gekehrt haben. Natürlich benötigt auch die unter dem Krieg leidende ukrainische Wissenschaft Hilfe: Gelder für Wissenschaft mussten gekürzt oder gestrichen werden, die Forschung im Land droht zu stagnieren. Deshalb lief im Februar 2024 das EU-Programm EURIZON an, ein Verbund von 27 europäischen Forschungseinrichtungen, koordiniert von DESY. Die Initiative vergibt Fördergelder an ukrainische Forschende, damit sie ihre Projekte im Land weiterverfolgen können. Dadurch dämmt EURIZON den Brain-Drain ein und stärkt die Wissenschaft in der Ukraine.

Aber auch in Zeiten geopolitischer Spannungen bleibt es wichtig, Brücken zu bauen. „Die Menschheit steht vor globalen Herausforderungen, etwa dem Klimawandel und weltweiten Pandemien. Und diese Herausforderungen lassen sich nur gemeinschaftlich meistern – auch und gerade in der Wissenschaft“, betont Helmut Dosch.

# „Wir arbeiten an einer gemeinsamen Vision“

**Für Helmut Dosch, den Vorsitzenden des DESY-Direktoriums, sind Kooperationen in der Wissenschaft unverzichtbar – im Kleinen wie im Großen.**

**femto:** Teamwork in der Forschung – welchen Stellenwert hat das für DESY?

**Helmut Dosch:** Wissenschaftliche Kooperationen finden bei uns auf mehreren Ebenen statt – national und international. Auf nationaler Ebene arbeiten wir mit sämtlichen Akteuren des Wissenschaftssystems zusammen, etwa den Universitäten. Hier können wir beispielsweise über gemeinsame Berufungen Forschungsthemen vorantreiben, die bislang noch nicht so stark im universitären Curriculum verankert sind. Ein zentrales Element für Kooperationen sind unsere großen Nutzergeräte wie PETRA III und FLASH, von denen das gesamte Wissenschaftssystem profitiert – Hochschulen, Fraunhofer-Gesellschaft, Max-Planck-Institute, Leibniz-Gemeinschaft und die anderen Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft. Wenn Sie sich nur einmal anschauen, wie viele Exzellenzcluster an unseren Großgeräten arbeiten, ist das eine sehr eindrucksvolle Zahl!

**femto:** DESY ist auch Kern der Science City Hamburg Bahrenfeld. Das ist ein Zukunftsvorhaben, bei dem im Westen der Hansestadt ein Stadtraum entsteht, der neue Möglichkeiten für Wissenschaft und Innovation bieten soll. Lässt sich das als eine Art regionales Kooperationsprojekt sehen?

**Helmut Dosch:** Das ist ein grandioses Projekt mit vielen Kooperationspartnern, unter anderem DESY, der Univer-



sität Hamburg, der Max-Planck-Gesellschaft und dem Europäischen Laboratorium für Molekularbiologie (EMBL). Anders als andere Technologiezentren arbeiten all diese Partner an einer gemeinsamen Vision. Außerdem gibt es eine enge Verzahnung mit der Wirtschaft: Schon heute haben sich in unserem Umfeld viele Start-ups angesiedelt. Das werden wir mit der DESY Innovation Factory weiter ausbauen. Sie wird den Firmen ideale Möglichkeiten bieten, Produkte in den Bereichen Life Sciences, Hightech-Materialien und Quantentechnologien zu entwickeln. Das alles macht die Science City Hamburg Bahrenfeld zu einem einzigartigen Projekt, die Stimmung ist großartig.

**femto:** Was internationale Forschungsk Kooperationen anbelangt, haben Sie vor einigen Jahren eine bemerkenswerte Initiative mit ins Rollen gebracht – die „Transatlantic Big Science Conference“. Worum geht es bei diesem Kongress, der 2024 zum zweiten Mal stattfand?

**Helmut Dosch:** Die geopolitische Lage ist in den vergangenen Jahren immer schwieriger geworden, man denke nur an den russischen Angriffskrieg in der Ukraine. Außerdem werden in Europa und den USA jene rechtsradikalen Stimmen lauter, die Wissenschaft nur noch als eine Meinung unter vielen sehen. In dieser Situation ist es umso wichtiger, dass Partner, die Werte wie die Wissenschaftsfreiheit teilen, enger zusammenarbeiten. Unsere Konferenzserie soll helfen, die Kooperation zwischen europäischen und US-amerikanischen Einrichtungen zu stärken, um auch in Zukunft gemeinsame Forschungsthemen in Angriff nehmen zu können.

**femto:** Können Sie ein paar Beispiele nennen? Um welche Gemeinschaftsprojekte soll es gehen?

**Helmut Dosch:** Etwa um die Grundlagenforschung in der Teilchen- und Astroteilchenphysik. Hier würden wir gerne sicherstellen, dass die USA auch künftig bei Projekten am europäischen Teilchenforschungszentrum CERN dabei sind. Für die Quantentechnologien mit ihren vielversprechenden Perspektiven sollte die westliche Welt einheitliche Standards definieren, das würde den Technologietransfer erleichtern. Und beim Thema Künstliche Intelligenz wäre es wichtig, sich auf ein gemeinsames Regelwerk zu einigen. Damit könnte der Westen sicherstellen, dass einerseits der Datenschutz gewährleistet ist und andererseits die Daten der wissenschaftlichen Community auf intelligente Weise zugänglich gemacht werden.



Alle für die Endkappe: Rund 50 Institute braucht es, um eine neue Endkappe für den ATLAS-Spurdetektor zu bauen. Die Trägerstruktur (hier abgebildet) wurde zum Beispiel in den Niederlanden gebaut; bei DESY kommt alles zusammen.

# Teamwork für die Teilchenjagd

DESY baut zentrale Komponente für einen der größten Detektoren der Welt

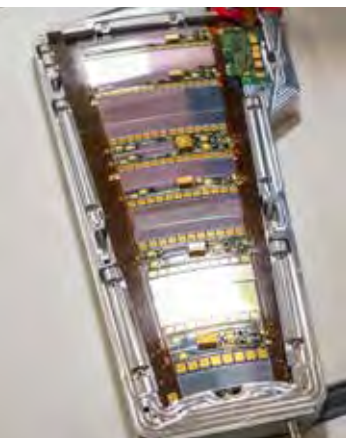
**D**ie Teams, die die großen Teilchendetektoren am CERN am Laufen halten, sind riesig: Tausende von Fachleuten aus aller Welt haben sich zusammengefunden, um gemeinsam nach den Urbausteinen der Materie zu fahnden. Auch DESY ist mit zwei Forschungsgruppen dabei – eine am CMS-Detektor, die andere bei ATLAS. Die Arbeit in einem solchen Riesenteam ist spannend – und manchmal auch herausfordernd.

Sergio Diez Cornell hat einen Overall übergestreift, die Schuhe gewechselt und sich mit Haarnetz, Mundschutz und Handschuhen ausgestattet. Er möchte gleich in den Reinraum. Dessen Luft ist so gut gefiltert, dass sie 99 Prozent weniger Staubpartikel enthält als gewöhnliche Büroluft. „Ich habe mich umgezogen, um die Komponenten zu schützen, an denen wir im Reinraum arbeiten – vor meinem Atem und dem Dreck, den ich mit meiner Alltagskleidung hineinschleppen würde.“

Die Bauteile, die hier in einer der DESY-Laborhallen geprüft und montiert werden, sind hochempfindlich: Würde sich Staub auf ihnen ablagern, könnten sie leicht beschädigt werden. Es sind Komponenten für einen der größten Teil-

chendetektoren der Welt: ATLAS ist so hoch wie ein fünfstöckiges Gebäude und fast so schwer wie der Eiffelturm. Er steht am LHC, einem 27 Kilometer großen Ringbeschleuniger am CERN in Genf. Der bringt Protonen (Wasserstoffkerne) bis nahe an die Lichtgeschwindigkeit, um sie frontal aufeinander zu schießen. Dabei entstehen instabile Teilchen, die gleich wieder zerfallen. ATLAS kann diese Bruchstücke auffangen und präzise vermessen. Anhand der Messdaten lässt sich rekonstruieren, welche kurzlebigen Teilchen bei den Kollisionen entstanden sind. Mit dieser Methode gelang 2012 mit ATLAS und CMS, einem weiteren Riesendetektor, die Entdeckung des Higgs-Teilchens – eine wissenschaftliche Sensation.

In den kommenden Jahren werden die Anlagen in Genf umgebaut. Ab 2029 soll der LHC zehnmal mehr Protonen zur Kollision bringen als heute – was die Präzision der Experimente deutlich erhöhen wird. „In ATLAS werden dann zehnmal mehr Teilchen entstehen“, erläutert Diez Cornell. „Um die messen zu können, müssen wir viele Teile unseres Detektors komplett neu konstruieren.“ Denn der Gigant benötigt künftig viel mehr Einzelsensoren. Und wegen der gesteigerten Kollisionsrate müssen diese Sensoren erheblich mehr



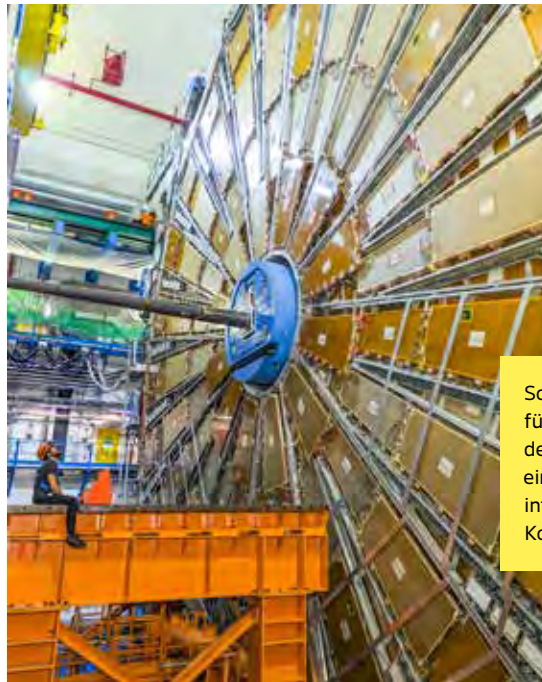
Ein Blütenblatt aus Siliziumsensoren. Die fertige Endkappe wird mit 200 solcher „Petals“ bestückt.



Strahlung aushalten als bislang. „Die Strahlungswerte werden bis zu hundertmal höher sein als bei einer Langzeitmission zum Mars“, beschreibt Diez Cornell. „Es ist eine große Herausforderung, die Komponenten so zu bauen, dass sie diesen Bedingungen dauerhaft standhalten können.“

Der Physiker geht auf einen massiven Tisch zu, auf dem zwei Roboterarme ruckartig hin- und herfahren. Der Aufbau ist ein Teststand, der akribisch prüft, ob eine wichtige Komponente von ATLAS vernünftig Strom leitet: das „Petal“, ein flaches Carbon-Paneel von der Form eines Blütenblatts, nur viel größer. Es dient als Unterlage für die Sensoren – hochreine Schichten aus Silizium. „Ein komplett bestücktes Petal kostet 70 000 Euro, so viel wie ein Auto der oberen Mittelklasse“, sagt Diez Cornell. Insgesamt baut sein Team 200 dieser Blütenblätter, um sie anschließend zu einer größeren Einheit zusammensetzen, der Endkappe. Die heißt so, weil sie die Spurenkammer abschließt – das ist der innere Teil des ATLAS-Detektors, der die Flugbahnen der entstehenden Teilchen misst. Schon allein der Bau der Endkappe ist eine internationale Kooperation – rund 50 Institute sind beteiligt, dazu einige Industrieunternehmen.

Noch viel größer ist das gesamte ATLAS-Team: Etwa 6000 Fachleute sind mit dem Riesenklotz befasst, sie kommen aus 182 Instituten und 42 Ländern. „CERN stellt im Wesentlichen den Beschleuniger bereit“, erklärt Ingrid-Maria Gregor, Leiterin der ATLAS-Gruppe bei DESY. „Der Detektor wird vom ATLAS-Team gebaut, betrie-



So groß wie ein fünfstöckiges Gebäude: der ATLAS-Detektor, ein Musterbeispiel internationaler Kooperation

und Nehmen“, so Gregor. „Es heißt dann oft: Okay, wenn ihr das macht, machen wir das.“

Dennoch: Hin und wieder kommt es zu Konflikten, etwa über das optimale Design eines Bauteils. Dann wird lange und intensiv diskutiert, manchmal gibt es einen Kompromiss, und am Ende zählt die beste Lösung. Wenn nicht, greifen die Teammitglieder zu einem bewährten demokratischen Mittel – sie stimmen ab. „Aber das passiert eher selten“, sagt Gregor. „In den meisten Fällen finden wir einen Konsens. In der Teilchenphysik sind wir ganz einfach darauf angewiesen, in riesigen Teams zu arbeiten – sonst kommen wir zu nichts!“

Sergio Diez Cornell – nach wie vor in seinen Schutzklamotten – ist in einen anderen Reinraum gegangen. „Die Arbeit hier kann anstrengend sein“, sagt er. „Denn die Luft ist nicht nur sauber, sondern auch sehr trocken, und wir müssen darauf achten, immer

genug zu trinken.“ In diesem Raum wird bald die Montage der Endkappe beginnen. Ausgangspunkt ist ein pechschwarzes Gerüst aus Carbon – ein gut mannshohes, zylinderförmiges Gerippe. Ein bei DESY entwickeltes Mechanikwerkzeug wird die 200 Sensormodule nach und nach mit Mikrometer-Präzision in das Gerüst einsetzen. „Dieses Werkzeug ist eine Meisterleistung unseres Ingenieursteams“, schwärmt Diez. „Ohne dieses Teil wären wir aufgeschmissen.“ Der wertvolle Beitrag des Ingenieursteams ist in gewissem Sinne ebenfalls eine Kooperation – eine DESY-interne Zusammenarbeit verschiedener Fachdisziplinen.

**„In der Teilchenphysik sind wir ganz einfach darauf angewiesen, in riesigen Teams zu arbeiten – sonst kommen wir zu nichts!“**

**Ingrid-Maria Gregor, DESY**

ben und finanziert.“ Gleiches gilt für CMS, den anderen Detektor: Auch hinter ihm steckt eine Forschungsgruppe, die so groß ist, wie manche Kleinstadt an Einwohnern zählt.

Doch wie kriegt man jene 6000 Menschen, die an ATLAS tüfteln, unter einen Hut? „Das ist nicht immer ganz einfach, aber meistens kriegen wir das gut hin“, erzählt Gregor. Hierarchien wie in Behörden oder Firmen gibt es bei ATLAS nicht. Stattdessen müssen die Forschenden, die sich zu einem Unterprojekt wie dem Bau der neuen Endkappe zusammenschließen, aushandeln, wer welche Arbeitspakete übernimmt. „Es ist ein Geben



Ingrid-Maria Gregor, Leiterin der ATLAS-Gruppe bei DESY



Sergio Diez Cornell, Physiker in der ATLAS-Gruppe bei DESY

Teamarbeit unter frostigen Bedingungen: IceCube-Überwinternde müssen es zusammen mehrere Monate im ewigen Eis aushalten.



# Weltumspannender Blick ins **Universum**

DESYs internationale Allianzen in der Astrophysik



Marek Kowalski (links)  
und David Berge (rechts)



In den Weiten des Universums geschehen unfassbare Spektakel: Sterne explodieren und schleudern riesige Mengen an Materie ins All. Schwarze Löcher mit milliardenfacher Sonnenmasse erzeugen Strahlen aus heißem Gas, in denen Teilchen auf enorme Energien beschleunigt werden. Und die Überreste ausgeglühter Sterne prallen mit Wucht zusammen und lassen die Raumzeit erzittern. Kosmische Gewaltakte wie diese lassen sich mit den üblichen Teleskopen nur teilweise beobachten. Exklusive Zusatzinformationen können besondere Botenteilchen und eine extreme Strahlung liefern – Neutrinos und die Gammastrahlung.

DESY beteiligt sich an zwei Spezialteleskopen, mit denen sich diese kosmischen Boten auffangen lassen: Im ewigen Eis der Antarktis sucht der IceCube-Detektor nach hochenergetischen Neutrinos aus dem All. Und auf den Kanarischen Inseln und in Chile entstehen die über 60 Einzelteleskope des Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO). In einigen Jahren werden sie das leistungsfähigste Gamma-Observatorium der Welt darstellen. Beide Anlagen sind Großprojekte, die nur in internationaler Zusammenarbeit machbar sind.

**Das Neutrino teleskop IceCube**  
Neutrinos sind die häufigsten Teilchen im All. Sie können Infor-

mationen über ferne, energiereiche Ereignisse liefern. „Anders als Licht werden Neutrinos auf ihrem Weg zu uns nicht abgelenkt, da sie so gut wie gar nicht mit Materie wechselwirken“, erklärt Marek Kowalski, Physiker am DESY-Standort Zeuthen. „Dadurch können wir Regionen im Kosmos beobachten, die uns

Fachartikels standen anschließend mehr als 1000 Forschende aus aller Welt – ein riesiges internationales Gemeinschaftsunterfangen.

Multi-Messenger-Astronomie heißt der noch junge, überaus vielversprechende Ansatz, bei dem sich verschiedenste Teleskopvarianten zu einer Ringfahndung zusammen-

Energien der Gammastrahlung. Aus den Messdaten können die Fachleute dann später rekonstruieren, woher die Gammastrahlung stammt und welche Energie in ihr steckt.

„Damit hoffen wir, spannende Fragen der Astrophysik zu beantworten“, sagt David Berge am DESY-Standort Zeuthen. „Zum Beispiel: Wie werden explodierende Sterne ihre Energie los? Und was passiert, wenn kosmische Teilchen in der Nähe von Schwarzen Löchern auf extreme Energien beschleunigt werden?“ Die Fachleute wollen auch Pulsare unter die Gamma Lupe nehmen. Das sind die höchst kompakten Überbleibsel ausgebrannter Sterne, die mit hoher Drehzahl um die eigene Achse rotieren. Dadurch

## „Wenn sich etwas Interessantes findet, geben wir die Information sofort an andere Teleskope weiter“

Marek Kowalski, DESY

ansonsten verborgen bleiben.“ Aber: Da die Geisterteilchen kaum mit Materie reagieren, braucht es für ihren Nachweis riesige Apparaturen. Die größte ihrer Art ist IceCube.

Der Detektor steckt tief im kilometerdicken Eispanzer des Südpols und besteht aus Tausenden von basketballgroßen Lichtsensoren, verteilt über ein Volumen von einem Kubikkilometer. Stößt ein Neutrino aus dem All mit einem Atomkern im Eis zusammen, entsteht ein schwaches Leuchten. Es breitet sich im Eis aus und wird von den Sensorkugeln aufgefangen. Aus den Messwerten lässt sich schließen, welche Energie das Neutrino hatte und woher es kam.

Vierzehn Nationen sind an dem Eiskoloss beteiligt, darunter Deutschland. „2013 konnten wir die ersten kosmischen Neutrinos nachweisen“, erzählt Kowalski. „Und 2017 haben wir ein Ereignis gesehen, das von einem Blazar stammt – einem bestimmten Typus einer fernen, aktiven Galaxie.“ Das Besondere: Das IceCube-Team gab seine Beobachtung sofort an andere Observatorien weiter. Eine astronomische Ringfahndung begann: Die Forschenden richteten ihre Schüsseln umgehend in die Himmelsrichtung, aus der das Neutrino gekommen war – und konnten unter anderem Radio-, Röntgen- und Lichtwellen vom hochaktiven Blazar aufschnappen. Auf der Autorenliste des

tun. „Mittlerweile haben wir das Verfahren automatisiert“, berichtet Kowalski. „Wir haben Algorithmen entwickelt, die die Daten automatisch analysieren. Wenn sich etwas Interessantes findet, geben wir die Information sofort an andere Teleskope weiter.“

Nun plant das Team, den Detektor auszubauen und um 9600 neue, empfindlichere Sensoren zu erweitern. „Damit würde IceCube zehnmal mehr kosmische Neutrinos vermessen können als heute“, sagt Kowalski. „Zum Beispiel ließen sich viel besser Objekte finden, von denen auffällig viele Neutrinos kommen.“ Ende dieses Jahrzehnts könnte der Ausbau zu IceCube-Gen2 starten. Um das Jahr 2035 hoffen die Forschenden auf erste Resultate.

### Das Gammateleskop CTAO

Gammastrahlung ist bis zu eine Billion Mal energiereicher als sichtbares Licht. Im Kosmos entsteht sie zum Beispiel, wenn Sterne zusammenprallen oder explodieren. Treffen die Strahlen auf die Erdatmosphäre, entstehen Teilchenschauer, die ein bläuliches Leuchten erzeugen. Dieses Licht werden die Spiegel der CTAO-Teleskope erfassen und auf Spezialkameras bündeln. Dreizehn entstehen auf der Kanareninsel La Palma, 50 in der chilenischen Atacama-Wüste. Es gibt sie in drei Größen, jeweils spezialisiert auf unterschiedliche



Teamarbeit von Anfang an: Teilnehmende der CTAO Summer School 2024 – 27 Promovierende aus 12 Ländern – besuchen das Teleskop auf den Kanaren.

erzeugen sie starke Magnetfelder und können Plasmanebel bilden – leuchtende, elektrisch geladene Gaswolken, die im Gammabereich intensiv strahlen.

Mehr als 1000 Forschende von Instituten aus elf Ländern machen bei dem Projekt mit – und teilen sich den Bau der Anlage. DESY zum Beispiel entwickelt die Kameras für die kleinen und koordiniert den Bau der mittelgroßen Teleskope. Außerdem >>

beherbergt DESY in Zeuthen das im Oktober 2024 eröffnete Science Data Management Centre (SDMC). So heißt das wissenschaftliche Datenzentrum, das die Messdaten für die Forschung zugänglich macht. Das CTAO-Hauptquartier hat seinen Sitz im italienischen Bologna – was zeigt, wie international das Großprojekt aufgestellt ist.

*„Sobald die nächsten Teleskope fertig sind, werden wir unsere Beobachtungen starten“*

David Berge, DESY

Bei den Vorgängern von CTAO, etwa dem H.E.S.S.-Teleskop in Namibia, lief die Kooperation der internationalen Partner noch vergleichsweise formlos: „Da haben sich einfach ein paar Institute zusammengetan und gemeinsam die Teleskope gebaut, die sie jetzt im Teamwork betreiben“, erzählt Berge. „CTAO aber ist deutlich größer und teurer und braucht einen höheren Grad an Professionalität.“ Deshalb entschieden sich die Fachleute für ein arbeitsteiliges Modell: Sie gründen eine eigene Betriebsgesellschaft – eine Art europäische GmbH, die den Bau und Betrieb des Observatoriums verantwortet. Die Forschenden steuern zwar Komponenten für die Anlage bei, sind aber später quasi die Kundinnen und Kunden des Observatoriums, mit einem priorisierten Zugriff auf die Messdaten über das Datenzentrum SDMC in Zeuthen.

Ein erstes Teleskop auf La Palma steht bereits, weitere werden in den kommenden Jahren folgen. Zwar dürfte das gesamte Observatorium erst um 2030 komplettiert sein. „Aber sobald die nächsten Teleskope fertig sind, werden wir unsere Beobachtungen starten“, sagt Berge. „Und ich rechne damit, dass wir 2027 die ersten spannenden wissenschaftlichen Ergebnisse erzielen.“

# Palmblattbriefe im Röntgenstrahl

Ungewöhnliche Kooperation enträtselt Herstellungsprozess von Manuskripten aus Palmbältern

**M**eist bringen die Kooperationen bei DESY verschiedene Gattungen der Naturwissenschaften unter einen Hut. Manchmal aber kommt es zu unerwarteten Koalitionen – etwa, wenn sich eine Physikerin mit einem Indologen zusammenschließt, um antike Schriftstücke zu enträtseln.

Wie lassen sich Gedanken, Gesetze oder die monatliche Buchhaltung am besten verewigen? Bei der Antwort darauf erwies sich die Menschheit als überaus erfindungsreich: Die Sumerer drückten ihre Keilschrift in weichen Ton,



DESY-Physikerin Laura Gallardo untersucht Palmbblattmanuskripte mit hochempfindlichen Röntgenmethoden.

die Ägypter meißelten Hieroglyphen in Stein, die Phönizier pinselten Farbstoffe auf Pergament. Manche Völker, etwa in Indien und Südostasien, setzten auf eine andere Variante – sie hielten ihr Schrift auf Palmbältern fest. Das älteste bekannte Fragment

stammt aus Zentralasien aus dem 2. Jahrhundert, doch die Technik dürfte erheblich älter sein. Heute lagern Millionen von Manuskripten in den Archiven. Ihre Inhalte umfassen das gesamte Spektrum menschlicher Ausdruckskunst – von astronomischen Beobachtungen und mathematischen Formeln über literarische und religiöse Texte bis hin zu Kochrezepten und Kaufverträgen.

„In manchen Regionen Südostasiens wurden Palmbältern noch bis ins 19. Jahrhundert zum Schreiben verwendet“, erklärt der Indologe Giovanni Ciotti. „Obwohl es sich um eine der bedeutendsten Buchkulturen der Geschichte handelt, wurde sie bisher nur wenig erforscht.“ Das möchte ein interdisziplinäres Projekt ändern – in einer Kooperation von DESY mit dem Exzellenzcluster „Understanding Written Artefacts“ am Centre for the Study of Manuscript Cultures der Universität Hamburg.

Bislang nahm sich die Initiative unter anderem Schriftstücke aus Südindien vor. Das Prob-

**Video:** Die traditionelle Herstellung von Palmbältern, die sich zum Beschreiben eignen.





lem: „Anhand der verwendeten Schriften wissen wir zwar, aus welcher Region ein Manuskript stammt“, erläutert Projektleiter Ciotti. „Aber wir würden gern herausfinden, wo genau es in dieser Region entstanden ist.“ Außerdem wollen die Forschenden die regionalen Muster der Manuskripterstellung rekonstruieren. Denn die Blätter wurden nicht überall auf gleiche Weise bearbeitet, jede Region verfolgte ihr eigenes Rezept – etwa beim Kochen, Trocknen und Glätten der Blätter, aber auch beim anschließenden Schreiben sowie einer Behandlung mit Pflanzenfarben oder Ruß.

## „Zwar ist es nicht immer einfach, eine gemeinsame Sprache zu finden, aber die Zusammenarbeit ist höchst anregend“

Giovanni Ciotti, Universität Bologna

Bei dieser Suche helfen wissenschaftliche Analyseverfahren, zum Beispiel Experimente an DESYs Röntgenlichtquelle PETRA III. Damit will das Team aufspüren, welche Spuren unterschiedliche Bearbeitungs- und Schreibtechniken in den Palmblättern hinterlassen haben und wie sich diese „Fingerabdrücke“ bestimmten Regionen zuordnen lassen. Dazu hat es diverse Palmblattmanuskripte mit dem gebündelten, hochintensiven Röntgenstrahl von PETRA III beleuchtet und gemessen, wie das Material auf die Strahlung reagiert.

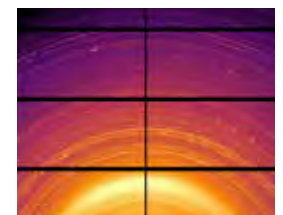
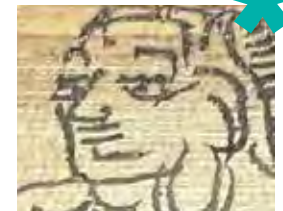
„Damit können wir die Mikrostruktur der Blätter untersuchen“, beschreibt Laura Gallardo, Physikerin bei DESY und Doktorandin an der TU Hamburg. „Außerdem können wir messen, ob sich Spurenelemente in den Blättern finden, die auf den Herstellungsprozess schließen lassen.“ Die ersten, noch vorläufigen Ergebnisse sind vielversprechend: Dort, wo die Schrift eingeritzt war, entdeckte das Team in manchen Manuskrip-

ten eine unerwartet hohe Metallkonzentration – ein Indiz dafür, dass die Schrift mit metallenen Stiften in die Palmblätter eingraviert wurde. „In anderen Manuskripten fanden wir keine Metallspuren, vielleicht wurde hier die Schrift mit Holzgriffeln aufgebracht“, so Gallardo. „Womöglich zeigen sich hier regionale Unterschiede: In manchen Gegenden wurde mit Holz-, in anderen mit Metallgriffeln geschrieben.“

Doch für genauere Aussagen braucht es weitere Messungen. So wollen die Fachleute frische Palmblätter mit historisch überlieferten Methoden präparieren und anschließend mit Hilfe von PETRA III analysieren. Dadurch möchten sie herausfinden, wie sich unterschiedliche Bearbeitungsverfahren auf die Mikrostruktur und die Elementzusammensetzung der Blätter auswirken – eine wichtige Referenz, um die Messungen an den alten Manuskripten zu interpretieren. „Steht zum Beispiel in einem Rezept, man solle die Blätter zur Vorbereitung kochen, würden wir untersuchen, wie sich unterschiedliche Kochzeiten auf die Mikrostruktur der Blätter auswirken“, erläutert Gallardo.

Ist diese Referenzbasis geschaffen, möchte das Team weitere historische Palmblattschriften unter die Röntgenlupe nehmen. „Die Analysemethoden bei DESY sind so empfindlich, dass sich im Prinzip sogar die Oxidationsstufe etwa von Eisen messen lässt, also in welchem chemischen Bindungszustand es vorliegt“, schwärmt Giovanni Ciotti. „Die Hoffnung ist, dass wir dadurch viel detaillierter als bislang auf den Ursprung eines Manuskripts schließen können.“ Die Kooperation mit Naturwissenschaftlerinnen wie Laura Gallardo schätzt der Indologe sehr: „Zwar ist es nicht immer einfach, eine gemeinsame Sprache zu finden, das erfordert etwas Geduld“, sagt er. „Aber die Zusammenarbeit ist höchst anregend: Ich stoße dadurch auf Fragen, auf die ich sonst nie gekommen wäre!“

Präzisionsarbeit: Ein Forscher setzt die Manuskripte in spezielle Halterungen, damit sie anschließend mit Röntgenlicht analysiert werden können.



Die durchleuchteten Palmblätter liefern spezifische Röntgenmuster (unten), aus denen die Fachleute wertvolle Informationen gewinnen.

# Neugier ahoi! – Forschung für die Kleinsten

Nicht nur in der Wissenschaft, auch im Bildungsbereich unterhält DESY wertbringende Kooperationen



Fortbildung mit Selbsterfahrung: Beim Netzwerk „Neugier ahoi!“ lernen Mitarbeitende von Kitas und Grundschulen, den Forschungsdrang von Kindern zu fördern.



**W**ie wirkt ein Magnet? Kann man Wasser hören? Und was macht eigentlich ein Schalter? Mit solchen Fragen lassen sich schon die Jüngsten für Wissenschaft und Mathe faszinieren. DESY unterstützt die frühkindliche Bildung mit einer erfolgreichen Initiative: Das Netzwerk „Neugier ahoi!“ hilft pädagogischen Fachkräften dabei, MINT-Inhalte ins Kita-Geschehen zu integrieren und diese zwanglos und bezogen auf den kindlichen Alltag zu vermitteln. „Bildung beginnt nicht in der Schule, sondern schon viel früher“, betont Netzwerkkoordinatorin Bettina Schmidt. „Hier spielt die Kita als Bildungsort eine sehr große Rolle.“

DESY kooperiert dabei mit der bundesweit tätigen Stiftung Kinder forschen, die Fortbildungen für Mitarbeitende in Kitas und Grundschulen entwickelt. In Hamburg finden viele dieser Seminare auf dem Campus in Bahrenfeld statt. „Wir schulen die Fachkräfte zum einen darin, wo sich MINT-Inhalte im Kita-Alltag finden lassen“, erläutert

Schmidt. „Anknüpfungspunkte gibt es etwa auf dem Spielplatz, wenn Sand mit Wasser in Kontakt kommt und zu Matsch wird, oder beim Wippen.“ Zum anderen geht es um die Rolle der Lernbegleitung und damit verbundene pädagogische und didaktische Aspekte.

**„Bildung beginnt nicht  
in der Schule, sondern  
schon viel früher“**

*Bettina Schmidt, DESY – Neugier ahoi!*

Anregungen geben Seminare zu verschiedenen Themen – zum Beispiel „Forschen mit Wasser“, „Forschen mit Luft“ oder „Forschen zu Strom und Energie“. Bei den Fortbildungen können die Teilnehmenden wissenschaftliche Zusammenhänge selbst entdecken und sich die Inhalte mit „Hands-on“-Materialien erschließen. „Sie erleben ihren ganz eigenen Entdeckungsdrang“, berichtet Schmidt.

„Dadurch entwickeln sie ein besseres Verständnis dafür, wie sie Kinder besser begleiten können, und sie finden ihre persönliche Motivation im jeweiligen Thema.“

Das Trainingsteam begleitet den Prozess mit pädagogischen Hinweisen – und regt zum Beispiel an, dass die Fachkräfte die neugierigen Fragen der Kinder nicht immer direkt beantworten sollten, sondern Gegenfragen stellen oder Materialien anbieten können, die beim Finden einer Antwort unterstützen.

„Das Feedback auf unsere Angebote ist sehr gut“, erzählt Schmidt. So hat ihr Team eine Fortbildung mit dem Titel „Spielen, Bauen und Sortieren – Mathematik im Kita-Alltag entdecken und begleiten“ entwickelt, bei der es um eine frühe mathematische Bildung geht. „Die wird mittlerweile sehr gut angenommen“, sagt Bettina Schmidt. „Manche der Teilnehmenden schicken später Fotos, die zeigen, wie sie die Anregungen in ihrer Kita umgesetzt haben.“

Die Fortbildungen in Kooperation mit der Stiftung Kinder forschen sind nur ein Baustein von DESYs Bildungsk Kooperationen. Es gibt auch gemeinsame Angebote mit der Hamburger Kunsthalle für pädagogische Fachkräfte, die an der Schnittstelle von MINT und Kunst ansetzen, sowie mit den Bücherhallen Hamburg, bei denen Kinder basteln, entdecken und forschen können. Und für Schulkinder ab der 4. Klasse bieten die DESY-Schülerlabore „physik begreifen“ in Hamburg und Zeuthen Experimentiertage zu verschiedenen Themen an – vom Vakuum über den Magnetismus bis zur Radioaktivität.

**Das Netzwerk „Neugier ahoi!“** wird von DESY getragen. Fördernde des Netzwerks sind die Airbus Operations GmbH, die Aurubis AG, die Behörde für Wirtschaft und Innovation / Hamburgische Investitions- und Förderbank, die Blue Elephant Energy GmbH, die Claussen-Simon-Stiftung, die Dürr-Stiftung, die Hermann Schürmann Stiftung und die Reinhard Frank-Stiftung.

# Impulse für die Industrie

Innovationsplattform Hi-Acts erschließt  
Beschleunigertechnik für neue Anwendungen



Sabine Brock leitet in der DESY-Abteilung Innovation & Technologietransfer (ITT) den Bereich Industry Relations.

**T**raditionell ist DESY ein Ort der Grundlagenforschung. Um die Ergebnisse in Produkte zu überführen, kooperiert das Forschungszentrum immer öfter mit der Industrie. Ein Instrument dafür ist die Innovationsplattform Hi-Acts. Das Ziel: zukunftsweisende Beschleunigertechnik für neue, wirtschaftlich relevante Anwendungen erschließen.

Beschleuniger bringen Teilchen – oft Elektronen – auf hohe Geschwindigkeiten. Die schnellen Elektronen können dann dazu dienen, ultrastarkes Röntgenlicht zu erzeugen. DESY betreibt mehrere dieser beschleunigerbasierten Röntgenquellen, etwa den Speicherring PETRA III, eine der weltweit besten Anlagen ihrer Art. Mit ihr lassen sich unterschiedlichste Proben detailliert analysieren – von vielversprechenden Elektronikmaterialien über neuartige Kunststoffe bis hin zu Proteinen, die als Basis für wirksamere Medikamente dienen könnten.

„Schon heute nutzen Industrieunternehmen unsere Anlagen“, sagt Sabine Brock; sie leitet in der DESY-Abteilung Innovation & Technologietransfer den Bereich Industry Relations. „Doch mit Hi-Acts können wir den Firmen den Zugang zu unseren Röntgenquellen und auch zu anderen Helmholtz-Anlagen deutlich erleichtern.“ Außerdem können sich die Unternehmen über die vielfältigen Analysemethoden an den Anlagen informieren – und dadurch wichtige Impulse für neue Projekte erhalten, etwa für die Qualitätssicherung in der Chip-Produktion oder das Design neuer Arzneiwirkstoffe.

Hinzu kommt, dass DESY an den Technologien von morgen arbeitet: Bei der Laser-Plasma-beschleunigung bringen starke Laserpulse die Teilchen auf Touren. Dadurch dürften Beschleuniger wesentlich kompakter werden – eine reizvolle

**Hi-Acts** steht für „Helmholtz Innovation Platform for Accelerator-based Technologies and Solutions“. Neben DESY sind das Helmholtz-Zentrum Berlin, das GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, das Helmholtz-Zentrum Hereon sowie das Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf beteiligt. Zu den Netzwerkpartnern zählen Industrieunternehmen wie Philips, Evotec, Nexperia, Siemens Healthineers und TRUMPF, aber auch die Fraunhofer-Institute IMW und ISI.

Aussicht für die Industrie. „Durch Hi-Acts können die Unternehmen unsere Arbeiten beobachten und erkennen, wie relevant sie für ihre eigene Entwicklung werden könnten“, beschreibt Brock.

Um die Zusammenarbeit mit den Firmen möglichst effektiv zu gestalten, hat das Hi-Acts-Team mehrere Werkzeuge entwickelt:

- **Die Hi-Acts-Akademie** ist eine Webinar-Reihe, in der die Helmholtz-Zentren über ihre Themen informieren: Was ist ein Speicherring, warum ist er für die Industrie interessant? Und wie funktioniert die Laser-Plasmabeschleunigung, welche Perspektiven verspricht sie?
- **In regelmäßigen Netzwerktreffen** können sich die Unternehmen über die Möglichkeiten und Technologien an den fünf Helmholtz-Zentren informieren und mit Fachleuten diskutieren.
- **Übers Internet** kann eine Firma eine Anfrage ins Netzwerk einbringen – etwa über die Wahl der passenden Analysemethoden. Das Hi-Acts-Team vermittelt dann an Helmholtz-Fachleute, die weiterhelfen können.
- **Aus einer Anfrage der Industrie** kann ein gemeinsames Forschungsprojekt werden, bei dem das Unternehmen mit einem Helmholtz-Team kooperiert – mit einem geringen bürokratischen Aufwand und einer möglichen finanziellen Unterstützung. Im Rahmen dieser „Use Case Initiatives“ lassen sich zum Beispiel kurze Machbarkeitsstudien realisieren.

&gt;&gt;

→ **Möchte ein Unternehmen** an einem Helmholtz-Zentrum experimentieren, stellt ihm Hi-Acts eine Ansprechperson zur Seite. Diese hilft unter anderem bei „Papierkram“ und vermittelt passende Fachleute.

2023 startete die Innovationsplattform, erste Erfolge gibt es schon. „Immer mehr Unternehmen wollen Teil unseres Netzwerks sein“, sagt Sabine Brock. „Und bei den Use Case Initiatives haben wir unglaublich viele Anträge bekommen, das Interesse ist groß.“ Manches Gemeinschaftsprojekt wurde schon erfolgreich abgeschlossen: So hat das Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE) an einem DESY-Beschleuniger Komponenten für eine neue Methode der Tumorbestrahlung getestet. Röntgenexperimente an Proteinen unterstützten ein Hamburger Chemieunternehmen bei der Qualitätsprüfung seiner Produkte. Und

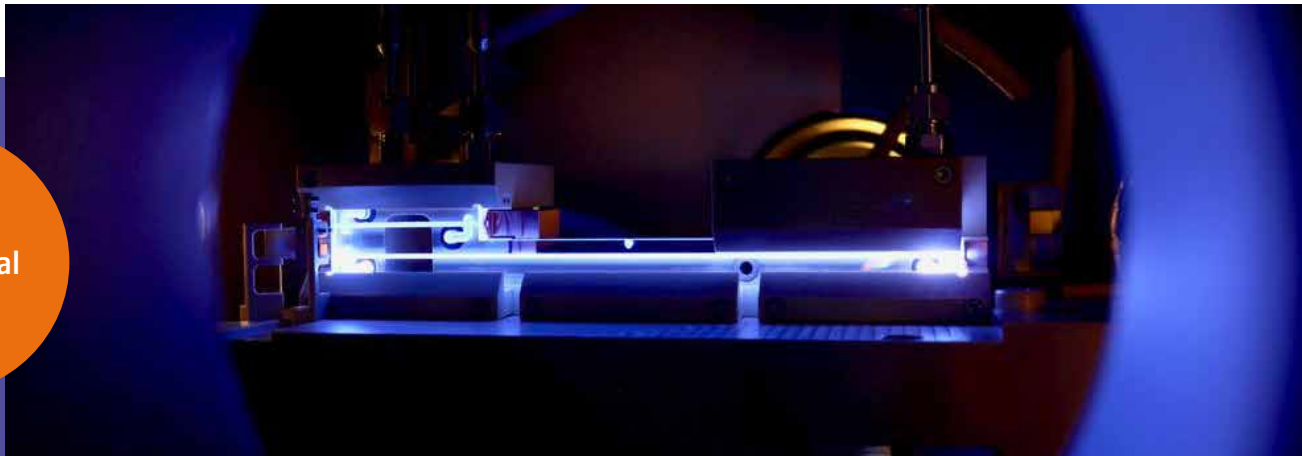
## „Immer mehr Unternehmen wollen Teil unseres Netzwerks sein“

Sabine Brock, DESY

das Projekt BEETLE, eine Kooperation zwischen DESY, dem Laserhersteller TRUMPF und weiteren Partnern, ist dabei, die Laser-Plasmasbeschleunigung in Richtung Marktreife zu bringen.

„Bis Ende 2026 wollen wir Hi-Acts aufbauen“, erklärt Brock. „Danach ist vorgesehen, die Innovationsplattform zu einer dauerhaften Einrichtung zu verstetigen.“ Das würde helfen, das Miteinander von Industrie und Helmholtz-Forschung langfristig zu etablieren – und die Chancen erhöhen, mit innovativer Beschleunigertechnik neue Märkte zu erschließen.

femtomenal



# 2,80 ± 0,09 mm·mrad

– diese Zahl macht das Team des FLASHForward-Experiments überglücklich. Sie gibt die – sehr kleine – **„horizontale Emittanz“** von winzigen Elektronenpaketen nach ihrer Beschleunigung in der Plasmazelle von FLASHForward an. Damit konnte das Team erstmals zeigen, dass die vielversprechende Zukunftstechnologie der Plasmasbeschleunigung Elektronenpakete auf höhere Energien bringen kann, ohne dass diese an Qualität verlieren.

→ Als Produkt aus der Größe des Teilchenstrahls – angegeben in Millimetern (mm) – und seinem Öffnungswinkel – angegeben in Milliradian (mrad) – beschreibt die Emittanz, wie eng die Teilchen in den Teilchenpaketen beieinanderliegen und wie parallel ihre Bahnen verlaufen. Der Unterschied lässt sich

anhand einer Glühbirne und eines Laserstrahls veranschaulichen. Das Licht einer Glühbirne breitet sich in viele Richtungen aus und kann nicht auf einen kleinen Fleck fokussiert werden. Laserlicht dagegen bleibt selbst über große Entfernungen gebündelt und lässt sich auf einen winzigen Bereich fokussieren. Ähnlich wie ein Laserstrahl behalten Teilchenpakete mit geringer Emittanz auch über große Entfernungen ihre Größe annähernd bei – eine Grundvoraussetzung, um zum Beispiel in einem Freie-Elektronen-Laser wie dem European XFEL ultrastarke Röntgenblitze zu erzeugen.

.....  
Nature Communications,  
DOI: 10.1038/s41467-024-50320-1



# „Ich habe viel **neues Wissen** mitgenommen“

Jedes Jahr bietet DESY seine Sommerschule an – ein siebenwöchiges Seminar- und Praxisprogramm. Es bietet jungen Studierenden aus aller Welt die Möglichkeit, in einer der vielen Forschungsgruppen mitzuarbeiten und sich in Vorlesungen über die Wissenschaft bei DESY zu informieren. Aufgrund der russischen Invasion in der Ukraine mussten viele Studierende dort ihr Studium unterbrechen. Um ihnen die Gelegenheit zu geben, in einem großen Physikkolabor zu arbeiten, bot ihnen DESY zusätzliche Plätze an und initiierte eine Winter- sowie eine Sommerschule für den wissenschaftlichen Nachwuchs aus der Ukraine. Daryna Sych studiert Physik an der Nationalen Universität Kyjiw Taras Schewtschenko und steht kurz vor ihrem Bachelor. Im Sommer 2024 hat die 20-Jährige am DESY-Programm teilgenommen.

**femto:** Wie sind die Studienbedingungen derzeit in Ihrer Heimat?

**Daryna Sych:** In Kyjiw ist es einigermaßen sicher. Aber viele der Kurse finden online statt. An der Uni werden im Wesentlichen die praktischen Sachen ausgerichtet, etwa die Laborkurse.

**femto:** Wie haben Sie überhaupt erfahren, dass DESY eine Sommerschule für ukrainische Studierende anbietet?

**Daryna Sych:** Meine Betreuer haben mir davon erzählt. Und ich dachte mir: Bewirb dich einfach mal und schau, was dabei herauskommt. Schon die Bewerbung fand ich interessant – spannende Fragen, die ich beantworten musste und die mein Denken durchaus erweitert haben.

**femto:** Von Juli bis September 2024 waren Sie dann bei DESY in Hamburg. Was stand auf dem Programm?

**Daryna Sych:** Es gab großartige Vorträge und Workshops von hochrangigen Forschenden, ich habe viel gelernt. Es war zum Beispiel toll, Vorträge über Teilchenphysik zu hören – für mich ein ganz neues Gebiet. Außerdem hatte ich die Gelegenheit, sieben Wochen lang in einer DESY-Forschungsgruppe mitzuarbeiten.

**femto:** Worum ging's dabei?

**Daryna Sych:** Ich war in der Gruppe von Christoph Heyl, und das Thema war die Akusto-Optik, also die Verbindung von Akustik, Optik und Laserphysik. Für mich war es neu, dass sich Licht nicht nur mit Linsen und Spiegeln lenken und beeinflussen lässt, sondern auch mit Schall. Unter anderem habe ich mich dabei das erste Mal mit Künstlicher Intelligenz beschäftigt. Das gefiel mir sehr gut, ich möchte in Zukunft gern in dieser Richtung weiterarbeiten.

**femto:** Was hat Ihnen in den sieben Wochen bei DESY am besten gefallen?

**Daryna Sych:** Da gab es so einiges: das ganze neue Wissen, das ich mitgenommen habe. Und die Leute in meiner Forschungsgruppe. Sie haben mich so herzlich aufgenommen und mir so viel vermittelt. Auch das Miteinander mit den anderen Sommerschul-Teilnehmenden war fantastisch. Wir haben viel Zeit miteinander verbracht und nicht nur über Physik geredet, sondern eigentlich über alles im Leben. Seine Gedanken



Sommerstudentin bei DESY:  
Daryna Sych aus der Ukraine

mit anderen zu teilen, gibt neue Impulse, die einen weiterbringen.

**femto:** Und könnten Sie sich vorstellen, eines Tages zu DESY zurückzukehren, etwa für eine Doktorarbeit?

**Daryna Sych:** Ich habe gehört, dass viele DESY-Sommerstudierende versuchen, ihren Master oder ihren Doktor bei DESY zu machen. Ich denke, das würde ich auch gerne tun. Es ist ein Ort, an dem man etwas entwickeln kann, das das Leben der Menschen beeinflusst. Und das finde ich großartig.

# SPEKTRUM

Nachrichten aus der Forschung



Rundumblick: Mit ihren 24 Lichtsensoren können die mDOMs in alle Richtungen schauen. Die neuen Sensortypen wurden für das IceCube Upgrade entwickelt.

Im antarktischen Sommer 2025/26 wird das IceCube Upgrade installiert, eine Erweiterung des Detektors und ein wichtiger Schritt hin zu IceCube-Gen2, dem zukünftigen Ausbau des Neutrinooteleskops auf ein Messvolumen von ganzen acht Kubikkilometern. Für das Upgrade werden sieben neue Kabel mit über 700 Lichtsensoren im Zentrum von IceCube ins Eis eingelassen. Sie werden es erlauben, die Eigenschaften von Neutrinos niedriger Energie, die in unserer Atmosphäre erzeugt werden, mit höchster Genauigkeit zu messen.

DESY ist maßgeblich an IceCube beteiligt. Zusammen mit deutschen Universitäten entwickelten die Forschenden in Zeuthen einen der beiden Sensortypen für das Upgrade: das multi-PMT Digital Optical Module (mDOM). Im Gegensatz zu den bisher eingesetzten Sensoren kann das mDOM mit seinen 24 lichtempfindlichen Elementen, den Photomultipliern (PMTs), in alle Richtungen beobachten. Mehr als 400 mDOMs werden bei DESY in Zeuthen und an der Michigan State University in den USA gefertigt. Nach mehrjähriger Entwicklungszeit und zwei Jahren Bauzeit kamen nun die ersten 128 mDOMs aus Zeuthen in der Antarktis an.

„Damit ist ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg zum IceCube Upgrade erreicht“, erklärt Timo Karg, der bei DESY die Arbeiten zum IceCube Upgrade leitet. „Jetzt wird jedes mDOM vor Ort noch einmal getestet, ob es den Transport gut überstanden hat, damit die Sensoren dann im November 2025 zur Installation bereit sind.“ Außerdem installiert das IceCube-Team in den kommenden Monaten auch die gesamte Datenausleseelektronik an der Eisoberfläche, die ebenfalls bei DESY entwickelt wurde.

## Erste Sensoren für IceCube Upgrade in der Antarktis angekommen

**N**ach einer viermonatigen Reise um die halbe Welt erreichte Mitte Dezember eine hochsensible Fracht den Südpol – 128 bei DESY gebaute Sensoren für den Ausbau des Neutrinooteleskops IceCube. Der riesige Detektor zur Messung der geisterhaften Teilchen aus dem All besteht aus über 5000 Lichtsensoren, die an 86 Kabelrossen

bis zu 2500 Meter tief im Eis des Südpols eingeschmolzen sind. Mit einem Messvolumen von rund einem Kubikkilometer ist er das größte Neutrinooteleskop der Welt. Seit seiner Fertigstellung im Jahr 2010 hat IceCube hochenergetische Neutrinos aus kosmischen Beschleunigern wie aktiven Galaxienkernen und aus unserer Milchstraße entdeckt.

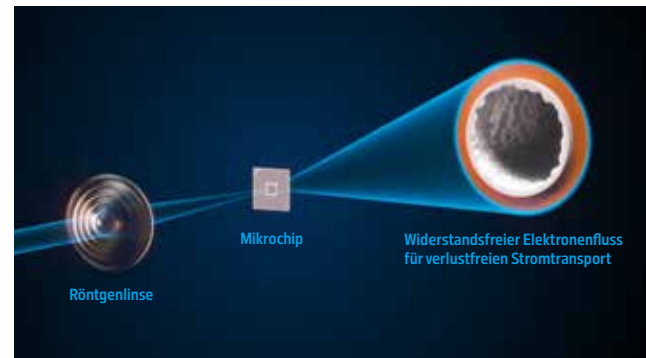
# Kurzkonzept für Zukunftsprojekt PETRA IV eingereicht

Eine wichtige Hürde für DESYs Zukunftsprojekt ist genommen: Im Oktober hat DESY das Kurzkonzept für PETRA IV – den Ausbau der bestehenden Anlage PETRA III zur weltbesten Röntgenlichtquelle ihrer Art – beim „Nationalen Priorisierungsverfahren umfangreicher Forschungsinfrastrukturen“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) eingereicht. Mit diesem Verfahren sollen Projekte identifiziert werden, die „hervorragend geeignet sind, zur Zukunftsfähigkeit Deutschlands beizutragen und aus forschungspolitischer Sicht zu den prioritär umzusetzenden Vorhaben gehören“, so das BMBF. Im Sommer 2025 will das Ministerium eine Liste der topplatzierten Projekte veröffentlichen – mit PETRA IV an prominenter Stelle, so die Hoffnung.

DESY steht schon lange in den Startlöchern. In den vergangenen Jahren wurde ein vollständiges techni-

sches Design für PETRA IV erarbeitet, und im September startete ein auf drei Jahre angelegtes Vorbereitungsprojekt. „Dank der Mittel in Höhe von rund 44 Millionen Euro vom Bund und dem Land Hamburg können wir nun die Planungen vorantreiben und Prototypen für PETRA IV entwickeln“, erklärt Kai Bagschik, Projektleiter des PETRA IV-Vorbereitungsprojekts. Dazu zählen der Prototyp eines Laser-Plasma-Injektors sowie die Transformation des DESY-Betriebs und des PETRA-Zugangsmodells. „Damit treiben wir die technologische und konzeptionelle Weiterentwicklung des gesamten Forschungszentrums voran.“

Die BMBF-Bewertung und das PETRA IV-Vorbereitungsprojekt beginnen damit pünktlich zum Internationalen Jahr der Quantenwissenschaft und -technologie 2025. „Das gebündelte Röntgenlicht und der Nanofokus von PETRA IV ermöglichen Untersuchun-



Der extrem gebündelte Lichtstrahl von PETRA IV hilft bei der Gestaltung zukünftiger Materialien und Technologien.

gen im Nanometerbereich, die detaillierte und völlig neue Einblicke in die Eigenschaften von Quantenmaterialien liefern werden“, betont Kai Rossnagel, Leiter der Gruppe für Röntgenspektroskopie an Quantenmaterialien bei DESY und Physikprofessor an der Universität Kiel. „Damit wird PETRA IV die Grundlage für neue, zuverlässige und leistungsstarke Quantentechnologien schaffen und Deutschland helfen, im weltweiten Rennen um die Technologieführerschaft eine Spitzenposition zu besetzen.“

Bild: Science Communication Lab

## Starkes Zeichen der Solidarität mit Wissenschaft in der Ukraine

Eine DESY-Delegation reiste im Oktober 2024 nach Kyjiw, um ihre Solidarität mit der ukrainischen Wissenschaftsgemeinschaft zu demonstrieren. Die Delegation besuchte die Nationale Akademie der Wissenschaften der Ukraine sowie das Bogoliubov-Institut für theoretische Physik und traf sich mit Studierenden der Taras-Schewtschenko-Universität in Kyjiw. Der Austausch mit den Studierenden, darunter auch Teilnehmende des EU-geförderten EURIZON-Projekts, zeigte die Herausforderungen auf, vor denen junge ukrainische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler angesichts des Krieges stehen. Das EURIZON-Projekt ist ein von DESY koordinierter Verbund von 26 europäischen Forschungseinrichtungen mit dem Ziel, die wissenschaftliche und technische Zusammenarbeit im Bereich der Forschungsinfrastrukturen in Europa zu fördern. Das Besondere an dem Programm ist, dass die Geförderten in der Ukraine ihre Stipendien im Land selbst und nicht im Ausland erhalten.

Im Rahmen des Besuchs wurde Helmut Dosch, dem Vorsitzenden des DESY-Direktoriums, die Ehrendoktorwürde der Nationalen Akademie der Wissenschaften der Ukraine verliehen. In seiner Dankesrede betonte er: „Die Freiheit der Wissenschaft und



Eindrücke der DESY-Reise nach Kyjiw



die internationale Zusammenarbeit sind Grundpfeiler jeder demokratischen Gesellschaft. Friedliches Zusammenleben auf Basis des Völkerrechts ist eine unverzichtbare Voraussetzung. Als Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen sind wir verpflichtet, unermüdlich für diese Prinzipien einzutreten.“ Zudem wurden weitere Schritte zur Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen deutschen und ukrainischen Forschungseinrichtungen vereinbart, um die wissenschaftlichen Beziehungen langfristig zu stärken.

Bilder: DESY, Christian Stegmann, Martin Sandhop

# Mögliche Frühdiagnose von Parkinson: Neues Verfahren zeigt Eisenverteilung im Gehirn



Lokale Eisenverteilung im Hirngewebe: Die Zellkörper der dopaminproduzierenden Nervenzellen weisen eine sehr hohe Eisenkonzentration auf. Rot: Eisen, grün: eingefärbte Neuronen, gelb: Farbüberlagerung von rot und grün.

**W**ir kennen Dopamin als Glückshormon, das im Gehirn unsere Motivationskraft bestimmt. Der Botenstoff spielt aber auch eine zentrale Rolle bei der Steuerung von Muskelbewegungen. Sterben dopaminproduzierende Nervenzellen ab, kommt es zu Bewegungsstörungen wie Zittern oder Muskelsteifheit. Die Diagnose: Parkinson-Krankheit. Als Grund für das Absterben der Nervenzellen vermuten Forschende zu hohe Eisenkonzentrationen im Gehirn. An DESYs Röntgenlichtquelle PETRA III ist es einem Forschungsteam unter der Leitung vom Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften nun gelungen, mögliche toxische Eisenkonzentrationen in den betroffenen Hirnregionen zu ermitteln.

Nervenzellen brauchen Eisen für die Dopaminproduktion und sind daher anfällig sowohl für Eisenmangel als auch für Eisenüberschuss. „Durch Eisen verursachter oxidativer Stress gilt als mögliche Ursache für das Absterben der dopaminproduzierenden Nervenzellen“, erklärt DESY-Forscher Gerald Falkenberg. Welche Eisenmengen Menschen krank machen, ist bisher nicht bekannt, und auch wie sich der Eisen Gehalt in den Zellen im Laufe des Lebens verändert, wurde noch nicht untersucht, vor allem weil entsprechende Methoden fehlten.

Durch den Vergleich von speziellen Messmethoden hat das Team nun ein Verfahren entwickelt, mit dem sich die Eisenkonzentration in einzelnen Zellen von Hirngewebsproben mit hoher Präzision bestimmen lässt. Das Ergebnis: Die Eisenkonzentration stieg von 70 ppm („parts per million“, Teile von einer Million) kurz nach der Geburt auf 400 ppm im höheren Alter. Das meiste Eisen lag in Form von neurotoxischen Einzelionen vor. Das Verfahren könnte zur Entwicklung von Frühdiagnosen für die Parkinson-Krankheit beitragen.

*Physical Review X, DOI: 10.1103/PhysRevX.14.021041*

Bild: Evgeniya Kirilina, Abteilung Neurophysik, Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften, Leipzig

## Solarzellen mit neu entwickeltem Messverfahren verbessern

**Z**u den großen Hoffnungsträgern in der Solarindustrie zählen Perowskite. Diese Materialien könnten Silizium als Grundbaustein von Solarzellen ablösen, da sie viel leichter zu verarbeiten sind. Allerdings ist es schwierig, Perowskite großindustriell herzustellen. Ein neues, bei DESY entwickeltes Messverfahren könnte helfen, die Materialeigenschaften von Perowskiten dahingehend zu optimieren.

„Axolotl“ ist eine spezielle Form einer etablierten Technologie, die mit Röntgenstrahlen Materialien durchleuchtet und ihrerseits dazu bringt, sichtbares Licht auszusenden. Dieses

Licht liefert wiederum Informationen über Eigenschaften und Qualität des untersuchten Materials. So lässt sich herausfinden, warum Perowskite schneller altern als Silizium, wie ihre Effizienz verbessert werden kann und wie homogenere Schichten hergestellt werden können.

Das Problem: Perowskite vertragen Röntgenlicht schlecht. „Man kann quasi zuschauen, wie das Material unter der Röntgenstrahlung altert und sich binnen kürzester Zeit so verändert, dass wir es mit herkömmlichen Technologien gar nicht schnell genug untersuchen können“, erklärt DESY-Physiker Michael Stüchelberger. Dies soll das Axolotl-Verfahren verbessern, indem es auf maximale Geschwindigkeit und Effizienz der Detektion optimiert ist. Damit kommt es mit viel schwächeren Röntgenstrahlen aus und erlaubt Messungen nach dem Grundsatz: schneller messen als das Material altert.



Dabei sei Axolotl an DESYs Röntgenlichtquelle PETRA III erst der Anfang, betont Stüchelberger. Mit dem geplanten Ausbau von PETRA III zu PETRA IV könne Axolotl noch weitaus sensiblere und präzisere Messungen durchführen. „Das wird uns die systematische Verbesserung von Perowskit-Solarzellen in enger Zusammenarbeit mit den führenden Herstellern erheblich erleichtern“, so Stüchelberger.

*PRX Energy 3, DOI: 10.1103/PRXEnergy.3.023011*

Bild: DESY



Bild: DESY, Axel Heimken

**D**ESYs Technologie- und Gründungszentrum nimmt Gestalt an: Am 20. November erfolgte der erste Spatenstich für die DESY Innovation Factory. In drei Jahren Bauzeit entstehen an zwei Standorten – auf dem DESY-Campus in Hamburg-Bahrenfeld und im Innovationspark Altona – auf über 8500 Quadratmetern Labore, Büroräume und Werkstätten. Ab 2027 wird die DESY Innovation Factory im Herzen der Science City Hamburg

## Spatenstich für neues Technologie- und Gründungszentrum bei DESY

Bahrenfeld beste Infrastrukturen bieten, um den Wissens- und Technologietransfer von der Forschung in die Industrie und Gesellschaft zu fördern. Im Fokus stehen dabei Themen, die besonders zukunftsreich für die Gesellschaft sind: Wirk- und Impfstoffforschung, Medizintechnik und Diagnostik, nachhaltige und intelligente Materialien, die besonders haltbar oder effizient im Umgang sind, sowie Quantentechnologien und -materialien für moderne Formen des Computing oder der Sensorik.

„Die Forschung am Standort Hamburg bietet enormes Potenzial für gesellschaftlichen Fortschritt: Was hier entwickelt wird, hat das Zeug dazu, das Leben besser zu machen. Die DESY Innovation Factory ermöglicht den Übergang von Forschung zu

marktfähigen Lösungen. Sie wird zu einer Werkbank für Innovationen, an der kluge Köpfe und kreative Unternehmerinnen und Unternehmer gemeinsam an den Antworten auf die drängenden Fragen unserer Zeit arbeiten – für eine nachhaltige Zukunft und Innovationen durch Technologie“, erklärte Melanie Leonhard, Senatorin für Wirtschaft und Innovation der Freien und Hansestadt Hamburg. Für DESY selbst ist die DESY Innovation Factory ein weiterer Schritt, um den Campus zu einem Zentrum der Deep-Tech-Innovationen auszubauen. Zukünftig sollen auch Unternehmen DESYs Großforschungsanlagen und deren speziell geschultes Personal besser nutzen können, um zukunftsweisende Produkte und Technologien gemeinsam zu entwickeln.

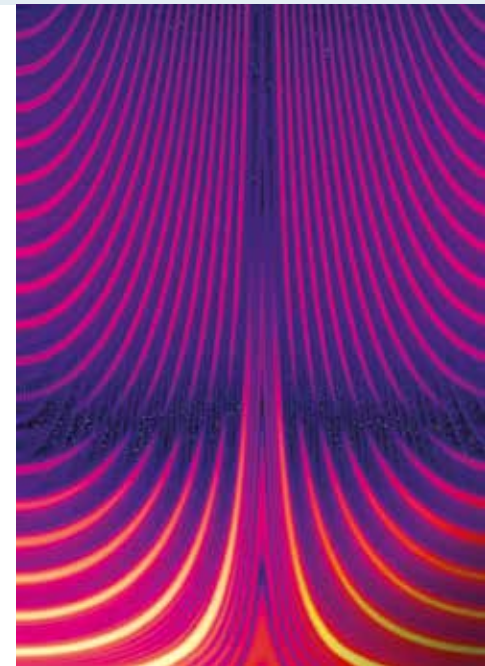
## Auf dem Weg zum Quantenspeicher: Forschungsgruppe speichert Röntgenblitze

**L**icht wird als Informationsträger zunehmend in Quantenanwendungen wie Quantencomputing genutzt. Die Verarbeitung von Lichtsignalen ist jedoch viel schwieriger als für übliche elektronische Signale. An den Röntgenlichtquellen PETRA III bei DESY und ESRF in Frankreich hat eine Forschungsgruppe nun gezeigt, wie Röntgenpulse auf neuartige Weise gespeichert und freigesetzt werden können.

Um im Quantencomputing Prozesse zu synchronisieren, braucht es ein Speichermedium, in dem Quanteninformationen ohne Verlust gespeichert und später wieder abgegeben werden können. Dazu wird die Information üblicherweise auf ein Materiesystem übertragen. Besonders interessant ist die „Frequenzkamm“-Technik, bei der das Materiesystem gleichmäßig verteilte Lichtfrequenzen absorbieren kann. Durch ihre regelmäßigen Abstände sehen die Absorptionslinien der Struktur aus wie Zähne eines Kamms. Wird ein Lichtwellenpaket von einer solchen Kammstruktur absorbiert, so strahlt das Materiesystem die gespeicherte Energie als Lichtwellenpaket zu vorher bestimmten Zeitpunkten (nahezu) ohne Informationsverlust wieder ab.

Die Methode wird für Licht mit kürzeren Wellenlängen jedoch zunehmend schwieriger. „Wir konnten das Problem durch einen neuartigen Ansatz zur Bildung eines Frequenzkamms überwinden“, erklärt DESY-Forscher Ralf Röhlsberger. Anstatt eines atomaren Übergangs nutzte das Team einen Kernübergang des Eisenisotops  $^{57}\text{Fe}$ , um einen „Kernfrequenzkamm“ zu erzeugen. Dazu verwendeten die Forschenden mehrere Absorber-Folien, die sie zueinander bewegten, und bestrahlten sie mit einem Röntgenpuls. Nach kurzer Zeit emittierten die Folien ein Röntgenwellenpaket, das alle Phaseninformationen verlustfrei mit sich trug – wobei sich der Zeitpunkt der Ausstrahlung durch die Bewegungsgeschwindigkeit der Absorber-Folien zueinander einstellen ließ. Diese Manipulation von Röntgenwellenpaketen ohne Informationsverlust könnte die Basis für zukünftige Anwendungen von Quantentechnologien im Röntgenbereich bilden.

*Science Advances*, DOI: 10.1126/sciadv.adn9825



Schön, aber kompliziert: Das Interferenzmuster zeigt Messungen einzelner Photonen.

Bild: DESY, Sven Veltien

# Wie sich Killerkeime stoppen lassen

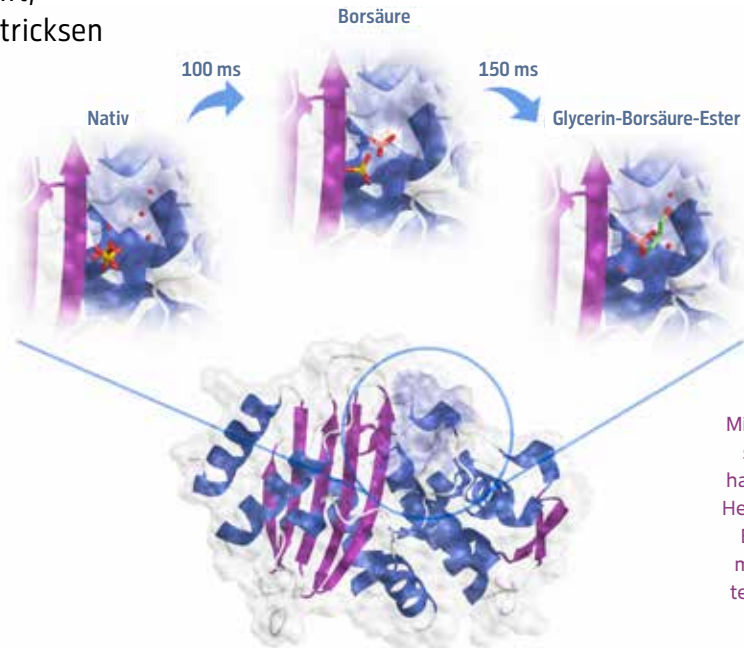
DESYs Röntgenlichtquelle PETRA III hilft, antibiotikaresistente Bakterien auszutricksen

**M**ultiresistente Bakterien sind gruselig: Sie verursachen schwere Krankheiten, und kein Antibiotikum kann sie stoppen. Ein Forschungsteam von DESY, dem Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE) und der Universität Hamburg hat nun an DESYs Röntgenlichtquelle PETRA III untersucht, ob es vielleicht doch einen Weg gibt, ihnen Einhalt zu gebieten. Dafür haben sich die Forschenden auf spezielle Enzyme der multiresistenten Bakterien konzentriert, die eine gängige Klasse von Antibiotika unwirksam machen. Die Ergebnisse könnten helfen, ein Medikament gegen die Antibiotika-Killer zu entwickeln und die Wirksamkeit vorhandener Antibiotika zu erhalten.

Die Klassiker unter den Antibiotika sind Beta-Laktame, zu denen auch Penicillin gehört. Sie sind weit verbreitet, aber leider haben Bakterien Abwehrmechanismen gegen diese Antibiotika entwickelt. Ihr Werkzeug: das Enzym Beta-Laktamase. Beta-Laktamasen schneiden wie molekulare Scheren den zentralen Ring des Beta-Laktam-Moleküls durch und setzen damit dessen antibiotische Eigenschaften außer Kraft.

## Borsäure gegen Beta-Laktamasen?

Seit 20 Jahren suchen Forschende weltweit nach Möglichkeiten, Beta-Laktamasen zu deaktivieren. Ihre neueste Idee sind Beta-Laktamase-Hemmer auf Basis von Borsäure. Mit dem Röntgenlaser European XFEL und DESYs Röntgenlichtquelle



Mit Hilfe des Röntgenstrahls von PETRA III haben Forschende die Hemmung des Enzyms Beta-Laktamase von multiresistenten Bakterien durch Borsäure beobachtet.

PETRA III hat man jetzt im Detail untersucht, wie die Borsäure an die Bakterienenzyme bindet. Ein Team um DESY-Forscher Henry Chapman konnte an PETRA III in atomarer Auflösung zeigen, wie die Borsäure an die Aminosäure Serin im aktiven Zentrum des Enzyms bindet. Das Ergebnis: Die Bindung zwischen Borsäure und der Enzym-Aminosäure ist relativ stabil. Außerdem bindet Borsäure sehr schnell an das Enzym.

## Erster Schritt zum Medikament

In einem weiteren Ansatz beobachtete das Team mit der gleichen Methode, wie das organische Molekül Glycerin an den bereits gebildeten Serin-Borsäure-Komplex bindet.

„Die gewonnenen Informationen sind ein erster Schritt, um später ein Medikament zu entwickeln, das Beta-Laktamasen hemmen und die Resistenz gegen das Antibiotikum verhindern kann“, erklärt Dominik Oberthür, leitender Wissenschaftler am Center for Free-Electron Laser Science (CFEL), der im Forschungs-

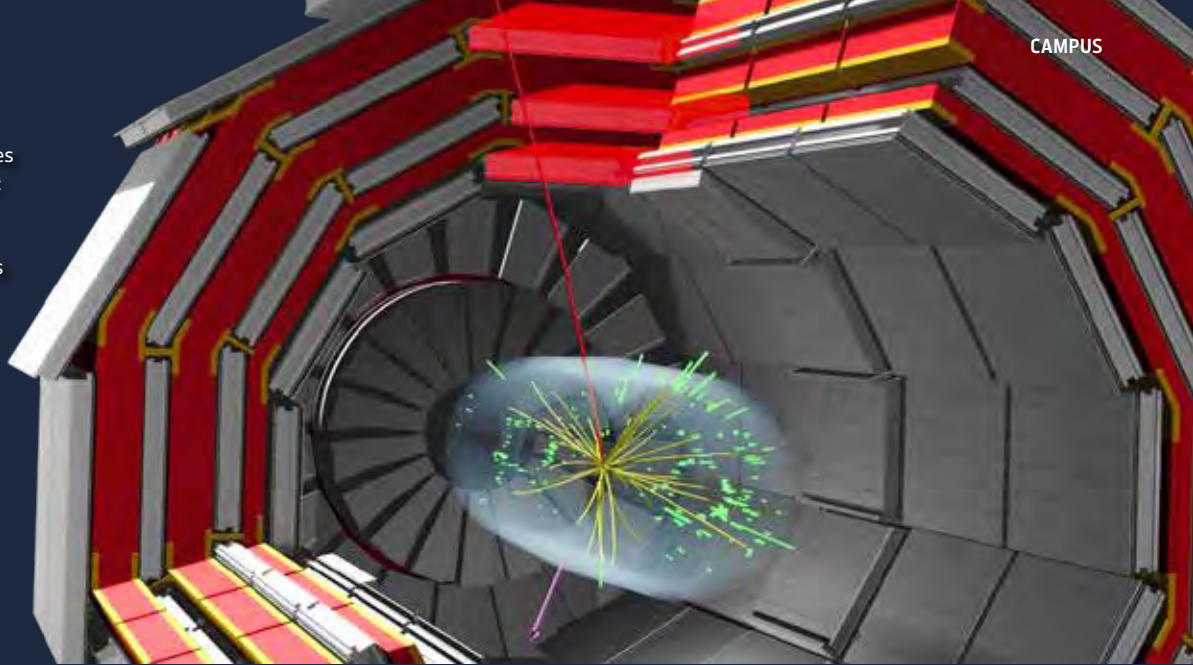
team die serielle Kristallographie leitete.

Im Vergleich zu existierenden penicillinähnlichen Hemmstoffen ist Borsäure ein sehr kleines Molekül. Auch wenn es dadurch nicht ganz so effizient ist wie andere Hemmstoffverbindungen, ist es gleichzeitig sehr unwahrscheinlich, dass die Bakterien in naher oder ferner Zukunft eine Resistenz gegen Borsäure entwickeln.

Die Versuche fanden bei Raumtemperatur statt: Als nächstes wollen die Forschenden das Verhalten der Borsäure unter Umgebungsbedingungen untersuchen, die denen im menschlichen Körper ähnlicher sind. Ihr Ziel: mit ihren Ergebnissen helfen, die Mechanismen der Antibiotikaresistenz besser zu verstehen und so zur Entwicklung von Medikamenten gegen den Penicillin-Killer beizutragen, um die Wirksamkeit vorhandener Antibiotika zu erhalten.

*Nature Communications Chemistry*, DOI:10.1038/s42004-024-01236-w

Kollision mit Produktion eines W-Bosons im CMS-Detektor: Das W-Boson zerfällt in ein Myon (rote Linie) und ein Neutrino, das dem Nachweis entgeht (rosa Pfeil).



# Wie viel wiegt das **W**?

CMS-Experiment liefert mit DESY-geführter Methode die genaueste Messung der Masse des W-Bosons

**W**issenschaftlerinnen und Wissenschaftler des CMS-Experiments am CERN, darunter an zentraler Stelle Teilchenphysikerinnen und -physiker von DESY, haben die bisher genaueste Messung der Masse des W-Bosons vorgelegt. Mit einem Wert von 80 360,2 Mega-elektronenvolt (MeV) – und einer Unsicherheit von 9,9 MeV – stimmt sie mit den theoretischen Vorhersagen überein. Ein wichtiger Hinweis – denn nur, wenn man die Masse

tischer Ansatz, der bei DESY entwickelt wurde. Die Daten stammen vom Large Hadron Collider (LHC) am CERN in Genf.

Das W-Boson ist ein Elementarteilchen, das zusammen mit dem Z-Boson die schwache Kraft überträgt. Diese ist für eine Form der Radioaktivität verantwortlich und löst die Kernfusionsreaktion aus, die die Sonne zum Leuchten bringt. Die am LHC erzeugten W-Bosonen zerfallen fast sofort in ein Myon und ein Neutrino. Myonen werden vom CMS-Detektor nachgewiesen, aber die Neutrinos sind für den Detektor unsichtbar. Das macht die Messung der Masse des W-Bosons so kompliziert. Um die Herausforderung zu meistern, untersuchen die Forschenden den Impuls des Myons und leiten daraus den Wert der Masse des W-Bosons mit sehr hoher Genauigkeit ab.

„Dies ist eine der komplexesten Analysen, die ich bei CMS je gesehen habe“, betont die DESY-Wissenschaftlerin Katerina Lipka, Leiterin einer an der Analyse beteiligten Gruppe. Simone Amoroso und Federico Vazzoler aus ihrer Gruppe waren für die Model-

lierung der Beziehung zwischen dem Impuls des W-Bosons und dem Myon, in das es zerfällt, verantwortlich. Dabei haben sie eng mit dem DESY-Theoretiker Frank Tackmann zusammengearbeitet.

Die endgültige Genauigkeit der Messung hängt von zwei Faktoren ab: einerseits vom speziellen Hochleistungs-Algorithmus des CMS-Detektors zur Rekonstruktion der Kinematik des Myons, andererseits von einer neuen Theoriemethode. „Sie beruht auf der gleichzeitigen Anwendung von zehn verschiedenen Theorieparametern und liefert robuste und parametrisierte theoretische Unsicherheiten, die für die korrekte Interpretation der Daten entscheidend sind“, so Tackmann.

Im Standardmodell der Teilchenphysik, das alle Teilchen und die zwischen ihnen wirkenden Kräfte mit höchstmöglicher Präzision beschreibt, steht die Masse des W-Bosons in engem Zusammenhang mit der Stärke der Wechselwirkung, die die elektromagnetische und die schwache Kraft vereint, und mit der Masse des Higgs-Bosons und des Top-Quarks. Weichen diese Eigenschaften von der Theorie ab, könnte das an neuen physikalischen Phänomenen wie neuen Teilchen oder unbekanntem Wechselwirkungen liegen.

.....  
*Earth and Planetary Science Letters*,  
 DOI: 10.1016/j.epsl.2023.118296

*„Dies ist eine der komplexesten Analysen, die ich bei CMS je gesehen habe“*

*Katerina Lipka, DESY*

des W-Bosons so genau wie möglich kennt, kann man überprüfen, ob die Theorie stimmt, und Abweichungen von den Vorhersagen schnell und zuverlässig erkennen.

Möglich wurde das Ergebnis durch eine Kombination aus experimentellen und theoretischen Faktoren, darunter die bisher präziseste Rekonstruktion der Myonen im CMS-Detektor und ein neuer theore-

# Trubel auf dem Campus

DESY-Spirit beim 1. Science City Day

In Hamburg entsteht ein ganz neuer Stadtteil: die Science City Hamburg Bahrenfeld. Die naturwissenschaftlichen Fakultäten der Universität Hamburg ziehen in den Stadtteil Bahrenfeld um, auf dem Gelände der ehemaligen Trabrennbahn entstehen Ungebäude, ein Konferenzzentrum, Wohnungen, Innovationszentren und alles, was ein wachsender Wissenschaftsstadtteil so braucht. Mittendrin liegt der DESY-Campus.

Im Sommer haben alle Science-City-Beteiligten ihre Labor- und Bürotüren geöffnet und den zukünftigen Nachbarn gezeigt, worauf sie sich freuen können. Rund 14 000 Neugierige haben den ersten Science City Day am 1. Juni besucht, der gleichzeitig Tag der offenen Tür bei DESY war. Über 1000 Helferinnen und Helfer haben Führungen gegeben, Luftballons aufgepustet, Experimente gemacht und zum selber machen eingeladen und von morgens bis abends Wissenschaft erklärt. DESY-Tischlerei und -Feuerwehr waren genauso beliebte Ziele wie die Beschleuniger und Forschungsstätten. Hier ein paar Eindrücke vom Tag ...





# Wie finden Sie femto?

Machen Sie mit bei unserer Online-Umfrage

Sie halten gerade eine Jubiläumsausgabe von femto in der Hand. Denn gut zehn Jahre ist es nun her, dass unser Forschungsmagazin das erste Mal erschienen ist. Seit 2014 nehmen wir Sie in jedem Heft mit auf Entdeckungsreise in unsere DESY-Forschungswelt. Jede Ausgabe soll Sie unterhalten, Ihnen Spitzenforschung und Spitzenforschende näherbringen und Wissenswertes vermitteln. Damit femto Sie auch künftig begeistert, informiert und unterhält, machen wir eine Umfrage: Was gefällt Ihnen? Was fehlt? Wie soll

unser Magazin in Zukunft aussehen?

Wir würden uns sehr freuen, wenn Sie sich durch unseren Online-Fragebogen klicken und uns Ihre Antworten zukommen lassen – damit wir femto noch attraktiver für Sie gestalten können.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!



## Swift-Beben im Beschleuniger

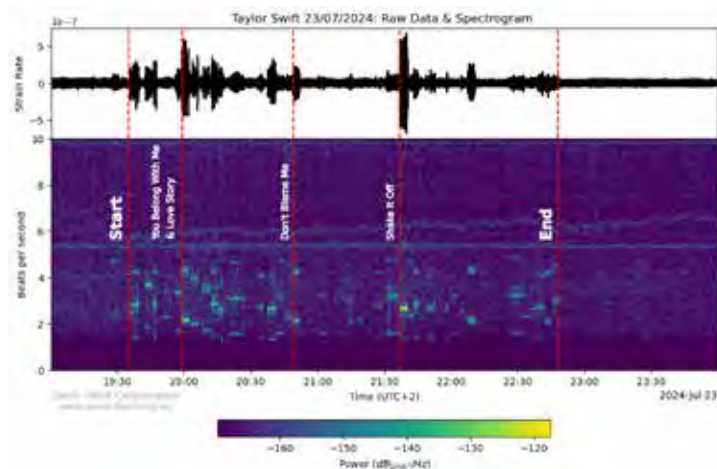
**P**opstar Taylor Swift hat im Sommer im Hamburger Volksparkstadion gespielt – also ein paar hundert Meter Luftlinie vom DESY-Campus entfernt. Das hat man nicht nur an den paillettenbesetzten Fans gemerkt, die am Campus vorbeipilgerten, sondern auch in DESYs Forschungsinstrumenten. Forschende konnten nicht nur sehen, dass viel im Volksparkstadion los war, sondern sogar genau erkennen, wann Taylor Swift welchen Song gespielt hat!

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die am Dunkle-Materie-Experiment ALPS II und am seismischen Messnetzwerk WAVE beteiligt sind, konnten die von den im Rhythmus mithüpfenden Fans verursachten Vibrationen auffangen. Diese Schwingungen waren doppelt so stark wie bei der Fußball-Europameisterschaft im Juni, so ALPS II-Leiter Axel Lindner. Dass die DESY-Anlagen diese Bewegungen registrieren können, liegt an der Präzision der Messgeräte: ALPS II zum Beispiel wird auf ein Zehnmillionstel Meter genau ausgeregelt, so

dass es auch kleinste Vibrationen erfassen kann. Lindners Team konnte beobachten, wie sich der ALPS II-Laserstrahl um bis zu sechs Millionstel Meter bewegte. Das ist enorm für die Maßstäbe, in denen ALPS II üblicherweise arbeitet, aber für das bloße Auge unsichtbar. Das WAVE-Netzwerk, ein Zusammenschluss von Universität Hamburg, DESY, Helmut-Schmidt-Universität, GFZ Potsdam und European XFEL, misst solche Vibrationen, um dem Einfluss von Erschütterungen auf die Messungen an den Lichtquellen PETRA III und European XFEL entgegenzuwirken, die wie ALPS II ebenfalls eine äußerst präzise Ausrichtung erfordern.

femtopolis

Das Diagramm zeigt die Daten von ALPS II und WAVE für das Konzert von Taylor Swift am 23. Juli 2024 im Volksparkstadion. Wo sind die Fans am meisten gehüpft? Natürlich bei „Love Story“ und „Shake it Off“ ...



femtofinale

Dass uns die KÜNSTLICHE  
INTELLIGENZ den Nobelpreis  
vor der Nase weggeschnappt  
hat, gut und schön...

...aber die  
Danke Rede klang  
schon SEHR nach  
ChatGPT.



# Impressum

## Herausgeber

Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY,  
ein Forschungszentrum der Helmholtz-Gemeinschaft

## Redaktionsanschrift

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

## Redaktion

Thomas Zoufal (v.i.S.d.P.)

## Mit Beiträgen von

Ilka Flegel, Frank Grotelüschen, Heidrun Hillen, Kristin Hüttmann,  
Joseph Piergrossi, Barbara Warmbein, Thomas Zoufal

## Schlussredaktion

Ilka Flegel

## Artdirektion und Produktion

Diana von Ilseemann

## Layout und Gestaltung

Cristina Lopez Gonzalez

## Bildbearbeitung und Herstellung

EHS, Hamburg

## Redaktionsschluss

Dezember 2024

# femto

Das DESY-Forschungsmagazin

Abonnieren Sie  
femto kostenlos!

[www.desy.de/femto](http://www.desy.de/femto)





### Das Forschungszentrum DESY

DESY zählt zu den weltweit führenden Teilchenbeschleuniger-Zentren und erforscht die Struktur und Funktion von Materie – vom Wechselspiel kleinster Elementarteilchen, dem Verhalten neuartiger Nanowerkstoffe und lebenswichtiger Biomoleküle bis hin zu den großen Rätseln des Universums. Die Teilchenbeschleuniger und die Nachweisinstrumente, die DESY an seinen Standorten in Hamburg und Zeuthen entwickelt und baut, sind einzigartige Werkzeuge für die Forschung: Sie erzeugen das stärkste Röntgenlicht der Welt, bringen Teilchen auf Rekordenergien und öffnen neue Fenster ins Universum.

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