

effzett

DAS MAGAZIN AUS DEM FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH

1-15

Warum ist nicht nichts?

Forscher wollen eines
der größten Rätsel
lösen

SCHARF

Gestalt der Eiweiße
enthüllen

SCHNITTIG

Wie Pflanzen Stress
bewältigen

STARK

Wie Belohnung bei
ADHS hilft



Kressen messen

Welchen Einfluss hat die Beleuchtung auf das Wachstum von Gartenkresse? Das hat der 11-jährige Flynn Fehre mit drei verschiedenen Lampentypen getestet. Seine Ergebnisse hat er im Regionalwettbewerb von „Jugend forscht“ im Forschungszentrum vorgestellt – als einer von über 50 Schülerinnen und Schülern. In der Juniorensparte „Schüler experimentieren“ landete er damit auf Platz drei. Erste Plätze gingen insgesamt an junge Algenforscher, einen Nachwuchsastronomen, einen Computerspezialisten und eine Biologin, die untersuchte, wie sich das Sehvermögen im Alter ändert. Seit 15 Jahren ist das Forschungszentrum Gastgeber für „Jugend forscht“.

Der Wettbewerb feiert dieses Jahr seinen 50. Geburtstag.

NACHRICHTEN

5

TITELTHEMA**Neue Wege zur Erklärung der Welt**

Forscher fragen, warum nicht nichts ist. Die Antwort erhoffen sie sich von einem Elementarteilchen.

8

FORSCHUNG**Stress, lass nach!**

Wie Pflanzen widrigen Bedingungen und Schädlingen trotzen.

14

Spezialist für Enthüllungen

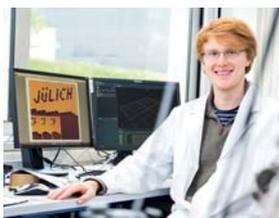
Gunnar Schröder schärft den Blick auf Proteine.

16

Durchbruch in die dritte Dimension

Ein „Schnappschuss“ lässt tief ins Innere von Kristallen blicken.

18

Echte Handarbeit

Eine Frage der Präzision: Mit Gesten verschiebt Matthew Green Moleküle.

20

Belohnung macht stark

Schon ein einfaches Lob reicht. Motivation ist wichtig für Kinder mit ADHS.

22

Molekularer Code geknackt

Warum nur bestimmte Regionen im Gehirn sprachbezogene Informationen verarbeiten können.

24

RUBRIKEN**Aus der Redaktion**

4

Impressum

4

Woran forschen Sie gerade?

19

2,2 plus

26

Gefällt uns

27

Forschung in einem Tweet

28

Ring frei!

Warum ist eigentlich nicht nichts? Ganz ehrlich: Als Normalsterblicher stellt man sich diese Frage nicht zwingend – für Teilchenphysiker ist sie aber eines der größten Rätsel. Für sie dürfte es theoretisch gar keine Materie geben. Denn eigentlich hätten sich Materie und Antimaterie direkt nach dem Urknall gegenseitig auslöschen müssen. Fakt ist aber: Universum, Erde, Lebewesen – all das ist Materie.

Eine Erklärung: Es existiert – bislang unentdeckt – irgendwo in den Tiefen des Universums eine entsprechende Menge Antimaterie. Das nämlich fordern geltende physikalische Gesetze. Bis mindestens 2020 sucht das sogenannte Alpha-Magnet-Spektrometer auf der Internationalen Raumstation ISS nach Hinweisen auf diese Antimaterie im Weltall. Auch unsere Wissenschaftler sind zusammen mit Forschern der RWTH Aachen über den Forschungsverbund JARA-FAME an diesem Projekt beteiligt.

Jülicher Forscher erwägen aber noch eine zweite Möglichkeit: Unser Wissen über die geltenden physikalischen Gesetze ist unvollständig und muss ergänzt werden. Dafür braucht es jedoch Beweise. Wie die Jülicher diese liefern wollen, erzählt die Titelgeschichte des Hefts: Ring frei für Protonen und jede Menge Präzision!

Ihnen viel Spaß beim Lesen.

Ihre effzett-Redaktion



↑ Die effzett fürs Tablet?
Entweder den QR-Code mit dem Tablet scannen oder über unsere Internetseite:
www.fz-juelich.de/effzett



App Store
(iPad/iOS)



Google Play
(Android)

Impressum

effzett Magazin des Forschungszentrums Jülich, ISSN 2364-2327

Herausgeber: Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich

Konzeption und Redaktion: Annette Stettien, Dr. Barbara Schunk, Christian Hohlfeld, Dr. Anne Rother (V.i.S.d.P.)

Autoren: Marcel Bülow, Dr. Frank Frick, Christian Hohlfeld, Katja Lüers, Dr. Brigitte Osterath, Christoph Mann, Tobias Schläöber, Dr. Barbara Schunk, Annette Stettien, Ilse Trautwein, Angela Wenzik, Erhard Zeiss

Grafik und Layout: SeitenPlan GmbH, Corporate Publishing Dortmund

Bildnachweis: Forschungszentrum Jülich (2, 3 li., 6 re., 10 re., 11, 13, 14, 15 [Pflanze], 18, 21 u. [Abbildung auf Monitor], 25, 26 li. u., 28), Forschungszentrum Jülich/Sascha Kreklau (3 m. o. und u., 17, 19, 21 o.), Anemone/Shutterstock (1), J. Brede/Universität Hamburg (7 u.), Cleber O. Silva, Embrapa Soya (26 re.), elxeneize/Shutterstock (7 o.), Flat Design/Shutterstock (6 u.), Roy Kaltschmidt (5 u.), kurzgesagt.org (27 re. [Abbildung auf Tablet]), Liashko/Shutterstock (21 [Monitor]), Nature Communications (2014), DOI: 10.1038/ncomms641/Universität Göttingen (6 li. o.), nico99/Shutterstock (5 o. klein), NPeter/Shutterstock (27 li.), M. Oleksiy/Shutterstock (4), opicobello/Shutterstock (12 [Kristall]), rzoze19/Shutterstock (27 re. [Hand mit Tablet]), SeitenPlan

(3 re., 15 [Illustrationen], 20, 24), Traveller Martin/Shutterstock (8, 10 li., 12), VaLiza/Shutterstock (23), winui/Shutterstock (5 o. groß)

Kontakt: Geschäftsbereich Unternehmenskommunikation, Tel.: 02461 61-4661, Fax: 02461 61-4666, E-Mail: info@fz-juelich.de

Druck: Schloemer Gruppe GmbH

Auflage: 6.000





PHYSIK

Haftkraft

Die Füße von Geckos haften sogar an glatten senkrechten Oberflächen. Das liegt an den Van-der-Waals-Kräften, die als eine Art Quantenkleber auf sämtliche Materie einwirken. Wie stark sie einzelne Moleküle an eine Oberfläche binden, haben Jülicher Forscher erstmals in allen wichtigen Details experimentell bestimmt.

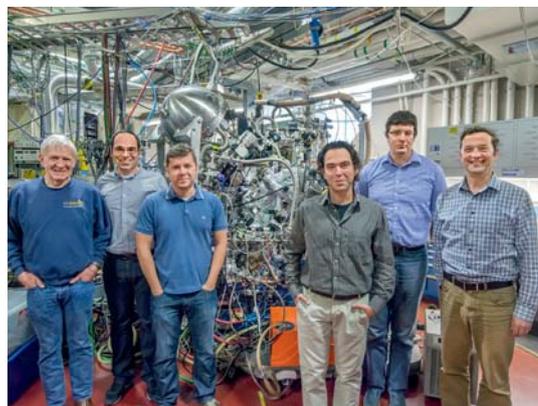
– PETER GRÜNBERG INSTITUT –

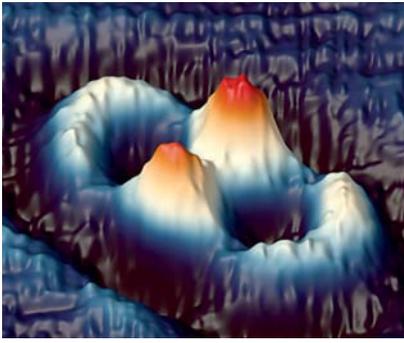
MATERIALWISSENSCHAFT

Blick auf die Grenze

Ein deutsch-amerikanisches Forscherteam (Bild) hat eine neue Methode entwickelt, mit der sich chemische Vorgänge an Grenzflächen genauer als bislang analysieren lassen. Die Forscher können so etwa die Wechselwirkung zwischen Elektrolyten und Elektroden bei Batterien bis in den Subnanometer-Bereich hin untersuchen – und damit gezielt effektivere Batterien, aber auch Brennstoffzellen und Photovoltaik-Zellen entwickeln. Für das neue Verfahren kombinieren sie zwei gängige Methoden der Röntgenspektrometrie, die bislang unabhängig voneinander verwendet wurden: die Umgebungsdruck-Röntgen-Photoelektronenspektrometrie und die sogenannten stehenden Wellen.

– PETER GRÜNBERG INSTITUT –





NANOELEKTRONIK

Gäste im Metall

Eingelagerte Fremdatome verändern die Eigenschaften in Metallen stärker als bislang bekannt. Das haben Jülicher Forscher für zwei Systeme bei tiefen Temperaturen festgestellt. Mit Göttinger Kollegen hatten sie magnetische Eisenatome in nichtmagnetisches Kupfer eingebracht: Rund um die „eisernen Gäste“ änderte sich die Ordnung der Elektronen (Bild) – und somit auch der elektrische Widerstand. Dieser sogenannte Kondo-Effekt reichte zehnmal weiter als vorher bekannt. In einem anderen Projekt gelang es, Schwankungen der Elektronendichte – die sogenannte Friedel-Oszillation – gezielt zu verändern. Computersimulationen von Sauerstoffatomen in Eisen zeigten, dass die Dicke der Eisenschicht die Reichweite der Oszillationen vervielfacht. Beide Erkenntnisse lassen sich für neue nanoelektronische Bauelemente nutzen.

– PETER GRÜNBERG INSTITUT –

BIOLOGIE

Starting Grants verliehen

Zwei Jülicher Wissenschaftler haben einen „Starting Grant“ des Europäischen Forschungsrats (ERC) erhalten. Damit sind jeweils über eine Million Euro Fördermittel verbunden. Der Mikrobiologe Dr. Jan Marienhagen (links im Bild) nutzt seine Förderung in Höhe von 1,5 Millionen Euro, um Biosensoren maßzuschneidern, die besonders effiziente Bakterienstämme aufspüren. Bisher ist diese Suche langwierig und teuer. Biochemiker Dr. Pitter Huesgen (rechts) erhält 1,8 Millionen Euro für seine Forschungen über Proteolyse, einen Stoffwechselprozess in Pflanzen. Er untersucht, wie dieser Prozess Pflanzen dabei hilft, Stress, beispielsweise Bakterienbefall oder zu starkes Licht, zu verkraften (siehe auch S. 14).

– INSTITUT FÜR BIO- UND GEOWISSENSCHAFTEN –

– ZENTRALINSTITUT FÜR ENGINEERING, ELEKTRONIK UND ANALYTIK –



Ans Licht gebracht

Jülicher Forscher haben erstmals einen direkten Blick auf die Ausbreitung des eingefangenen Lichtes in einer Solarzelle geworfen. Das war bislang nur mittels indirekter Methoden möglich. Der Trick: Die Forscher nutzen den quantenmechanischen Tunneleffekt. Wird eine lichtleitende Komponente in die direkte Nähe der Oberfläche gebracht, dringt geführtes Licht aus der Solarzelle nach draußen. Die Methode beschleunigt die Entwicklung nanostrukturierter Lichtfallen in Solarzellen.

– INSTITUT FÜR ENERGIE- UND KLIMAFORSCHUNG –



134

Millionen Euro ...

... erhält das Forschungszentrum Jülich aus dem neuen Forschungsprogramm „Storage and Crosslinked Infrastructures“ der Helmholtz-Gemeinschaft. Im Mittelpunkt stehen die Entwicklung von Energiespeichern und von Infrastrukturen für die Einbindung erneuerbarer Energien – beides zentrale Herausforderungen der Energiewende. Insgesamt stellt die Helmholtz-Gemeinschaft in den kommenden fünf Jahren 310 Millionen Euro für das Programm zur Verfügung.

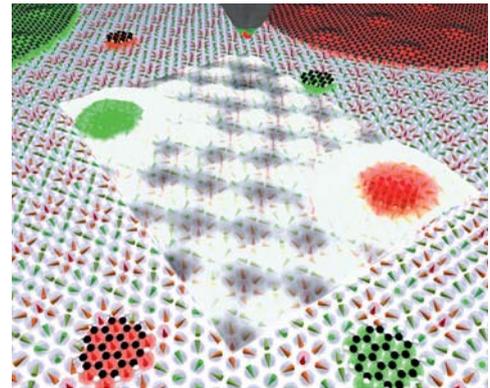
– INSTITUT FÜR ENERGIE- UND KLIMAFORSCHUNG –

MATERIALWISSENSCHAFT

Moleküle im Magnetwirbel

Einen neuen Ansatz für schnellere und energieeffizientere Prozessoren und Datenspeicher haben Hamburger und Jülicher Wissenschaftler gefunden. Die Forscher haben organische Moleküle auf einer magnetischen Wirbelstruktur, einem sogenannten Skyrmionengitter, aufgebracht (Bild). Diese Kombination bildet sogenannte Hybridverbindungen aus, die sich gezielt schalten lassen – eine unabdingbare Voraussetzung für den Einsatz in der Informationstechnologie.

– PETER GRÜNBERG INSTITUT –



ERSTMALS ZUGELASSEN

Die Schweiz hat eine in Jülich entwickelte radioaktive Aminosäure erstmals als Radiopharmakon für die Diagnostik von Hirnerkrankungen beim Menschen zugelassen. Die Positronenemissions-Tomografie (PET) mit 18F-Fluorethyltyrosin (FET) bietet im Vergleich zu anderen Methoden wichtige Zusatzinformationen zur Ausdehnung und zum Stoffwechsel von Hirntumoren.

AUSGEZEICHNETER KLIMASCHUTZ

Die Initiative KlimaExpo.NRW hat die Erforschung und Entwicklung von Hochtemperatur-Brennstoffzellen am Forschungszentrum Jülich als beispielhaften Beitrag für den Klimaschutz ausgewählt. Diese Aktivitäten gehören damit zur Liste sogenannter qualifizierter Projekte, die den Klimaschutz im Bundesland Nordrhein-Westfalen vorantreiben.

KOOPERATION MIT ÖSTERREICH

Mitte Januar 2015 wurde das neue Christian Doppler Labor am Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung eingeweiht. In der vom österreichischen Wissenschaftsministerium geförderten Einrichtung arbeiten Forscher an neuen Brennstoffzellen für die Bordstromversorgung von Lkw. Kooperationspartner sind österreichische Unternehmen sowie die TU Wien.

**Warum gibt es eigentlich das Universum?
Bei seiner Entstehung sind schließlich Materie
und Antimaterie gleichzeitig entstanden – und hätten
einander sofort vollständig vernichten müssen.
Weshalb sie das nicht getan haben, ist eines der
großen Rätsel der Physik. Jülicher Forscher planen
ein einzigartiges Experiment, um es zu lösen.**

Neue Wege zur Erklärung der Welt



A

lles beginnt mit dem „Big Bang“: Im Urknall dehnt sich die heiße, dichte Energiesuppe aus – expandiert mit Überlichtgeschwindigkeit, und nach wenigen Minuten bilden sich Wasserstoff, Helium und Spuren von Beryllium und Lithium. Unser Universum ist geboren. So jedenfalls stellen sich Physiker heute vor, was vor 13,8 Milliarden Jahren geschah. Aber es ist bis heute ein Rätsel. Denn schon in der ersten milliardstel Sekunde tobt ein gewaltiger Vernichtungskampf: Materie gegen Antimaterie. Zu jedem Materieteilchen entsteht ein Zwillingsteilchen aus Antimaterie – gleiche Eigenschaften, aber verschiedene Ladung. Treffen die beiden aufeinander, zerstrahlen sie zu reiner Energie. Übrig bleiben sollte nichts. Stattdessen bilden sich Planeten, Monde, Sonnensysteme – unser ganzer Kosmos.

Er ist aufgebaut aus dem kümmerlichen Rest Materie, der die gegenseitige Vernichtung überstand. Aber woher stammt diese Materie? Sind Materie und Antimaterie doch nicht zu exakt gleich großen Teilen entstanden? Gibt es schon zu Beginn des Universums ein Ungleichgewicht? Eine gestörte Symmetrie?

Oder gibt es irgendwo verborgene Antimaterie, die das Gleichgewicht wieder herstellt? Derzeit gibt es darauf keine Hinweise.

Genau dieser Frage gehen Jülicher Forscher nach. Sie setzen dabei auf ein knapp zwei billionstel Millimeter großes Teilchen: das Proton, einen stabilen Baustein der Atomkerne mit positiver elektrischer Ladung.

Aber was soll dieser Winzling über das Universum verraten? Grob vereinfacht sagen gelte physikalische Modelle: Was für das große Ganze gilt, muss sich auch im kleinsten Teilchen wiederfinden (siehe auch „Symmetrien und Standardmodell“ auf S. 12). Wenn also ein Überschuss an Materie Ursache für das Bestehen der Welt ist, muss sich diese Asymmetrie des Universums auch in den Eigenschaften der Elementarteilchen – etwa im Proton – wiederfinden. Ein Beweis für solch eine Asymmetrie im Proton wäre ein zwar winzig kleines, aber messbares Dipolmoment, also eine nichtsymmetrische Ladungsverteilung. Beim elektrischen Dipol sind nämlich elektrischer Minus- und Pluspol räumlich voneinander getrennt.

Ein Dipolmoment beim Proton oder Neutron ist nach den Gesetzen der Physik eigentlich nicht erlaubt. Aber es gibt Theorien, die behaupten, dass es existiert – und dass die physikalischen Gesetze angepasst werden müssen. Dann würden die nämlich auch die Entstehung des Universums erklären.

„Die Existenz eines Dipols im Proton oder im Neutron konnte man bisher nicht nachweisen – womöglich aber nur deshalb, weil die bisherigen Messungen zu ungenau waren, um die winzigen und dicht beieinanderliegenden Pole gleichsam sichtbar zu machen“, so Prof. Hans Ströher, Direktor am Jülicher Institut für Kernphysik (IKP). „Denn wäre das Proton so groß wie die Erde, so läge das, was wir daran messen wollen, nur so weit auseinander, wie ein menschliches Haar dick ist.“

DIE SUCHE NACH DEM DIPOLMOMENT

Ströher und die Wissenschaftler der Jülich Aachen Research Alliance (JARA) haben in Zusammenarbeit mit internationalen Kollegen ein Konzept entwickelt, um die Genauigkeit der Dipolmessung an Elementarteilchen um mindestens das Tausendfache zu erhöhen. „Finden wir dann ein elektrisches Dipolmoment, so hätten wir damit auch eine Symmetrieverletzung nachgewiesen“, so Ströher. „Ist diese ausreichend groß, so würde sie den Materieüberschuss im Weltall erklären.“ Und damit auch unsere Existenz.

Grundlage des geplanten Experiments ist die Tatsache, dass Protonen einen sogenannten Spin besitzen. Diesen Spin kann man sich vereinfacht vorstellen wie einen kleinen Stabmagneten. Dessen Ausrichtung würde sich in einem elektrischen Feld verändern, wenn die Protonen ein elektrisches Dipolmoment besäßen.

Ein Spin ist ein Drehimpuls, der aber nur quantenmechanisch zu verstehen ist.

Der Teilchenbeschleuniger COSY (Cooler Synchrotron) hat einen Umfang von 184 Metern und wird von den Forschern zur Beschleunigung von Protonen und Deuteronen genutzt.

Um das zu messen, wollen die JARA-Forscher zunächst einen Protonenstrahl produzieren, bei dem sie die Spins aller Protonen in die gleiche Richtung zwingen. Oder fachsprachlich ausgedrückt: Sie wollen einen polarisierten Protonenstrahl erzeugen. Dafür könnten sie – nach entsprechendem Umbau – den vorhandenen Jülicher Teilchenbeschleuniger COSY nutzen.

Die Protonen werden dann in einen zweiten Ring geschickt, in dem elektrostatische Felder die Protonen auf Kurs halten und – falls ein Dipolmoment existiert – deren Spin beeinflussen. „Ein solcher elektrostatischer Speicherring existiert bislang weltweit noch nicht“, sagt Prof. Mei Bai, seit Dezember letzten Jahres Direktorin am IKP. Die Chance auf die Realisierung dieses Rings war es, die sie überzeugt hat, vom Brookhaven National Laboratory, New York, nach Jülich zu wechseln.

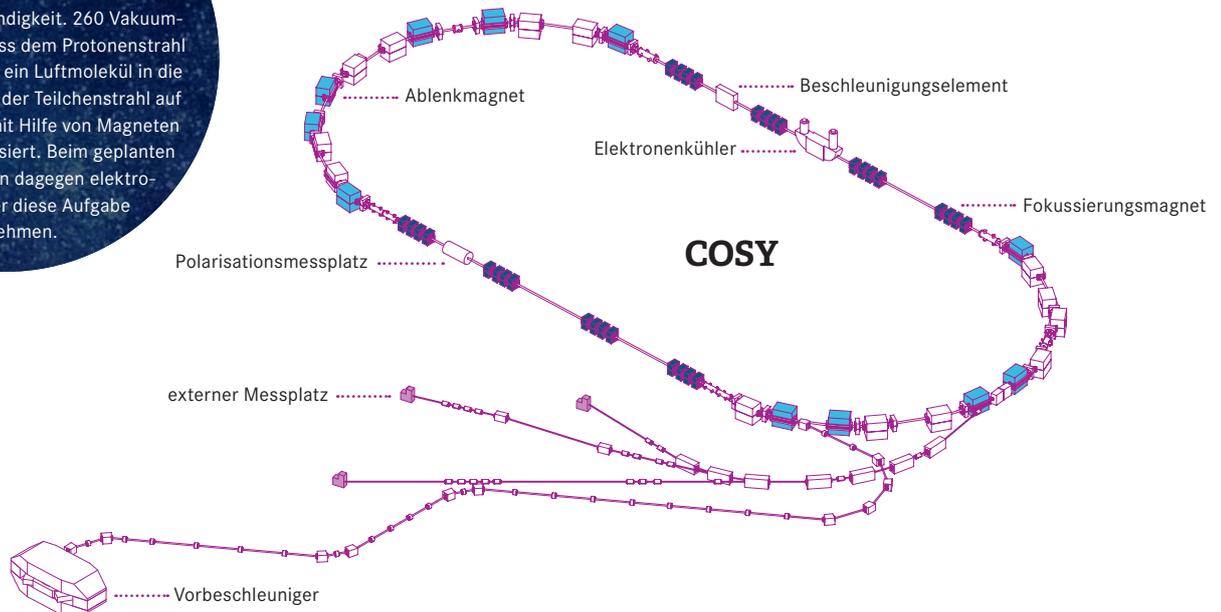
Bei dem geplanten Ring handelt es sich um eine Art Laufbahn für Protonen, ähnlich der 400-Meter-Bahn in einem Leichtathletik-Stadion. Aber während die Athleten eine möglichst hohe Beschleunigung erreichen wollen, sollen sich die Protonen möglichst gleichförmig um die Laufbahn bewegen. Außerdem sollen die Teilchen ihre Polarisationsrichtung nur durch ein eventuelles elektrisches Dipolmoment drehen und nicht durch andere Faktoren.

EXPERIMENTELLES GEDULDSSPIEL

Nachdem sich die Protonen rund 15 Minuten im Speicherring bewegt haben, wollen die Forscher sie auf einen Materieblock lenken. Die Stoßprozesse, die in diesem Prellbock am Ziel (englisch: target) ablaufen, werden den Forschern verraten, ob sich die Ausrichtung der Spins während des Umlaufs verändert hat, ob es also das elektrische Dipolmoment der Protonen gibt und wie groß es gegebenenfalls ist. Das Rätsel ist aber auch ein Geduldsspiel: Die Wissenschaftler erwarten, dass sie dieses 15-minütige Experiment mindestens ein Jahr lang ununterbrochen wiederholen müssen. Dann hoffen sie, ausreichend aussagekräftige Messdaten zusammenzuhaben, um die Existenz des Universums zu erklären.

Rennbahn für Protonen

Im COSY-Beschleuniger kreisen Protonen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit. 260 Vakuumpumpen bewirken, dass dem Protonenstrahl dabei nur ganz selten ein Luftmolekül in die Quere kommt. Damit der Teilchenstrahl auf Kurs bleibt, wird er mit Hilfe von Magneten abgelenkt und fokussiert. Beim geplanten zweiten Ring sollen dagegen elektrostatische Felder diese Aufgabe übernehmen.



Prof. Mei Bai und Prof. Hans Ströher vom Institut für Kernphysik arbeiten daran, einen weltweit einzigartigen Beschleunigerring in Jülich zu verwirklichen.

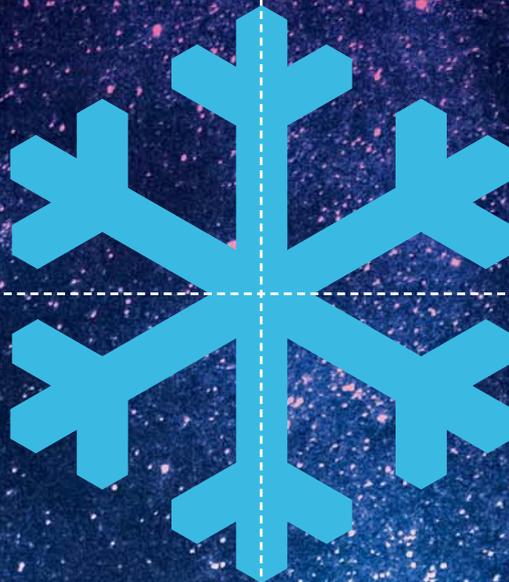


Auch bei einem weiteren Rätsel könnte der Nachweis eines elektrischen Dipolmoments von Elementarteilchen helfen: Bei der Suche nach der sogenannten Dunklen Materie. Darauf wies Physik-Nobelpreisträger Frank Wilczek letztes Jahr in einem offenen Brief hin. Dunkle Materie soll rund 25 Prozent unseres Universums ausmachen, ist aber mit optischen Teleskopen nicht zu entdecken. Und sie verrät sich auch nicht mit irgendwelchen elektromagnetischen Wellen jenseits des Lichts, beispielsweise mit Röntgenstrahlen. Trotz der Unsichtbarkeit der Dunklen Materie sind Astronomen von ihrer Existenz überzeugt, denn es gibt wichtige indirekte Hinweise darauf: Zum Beispiel die Geschwindigkeit, mit der sichtbare Sterne das Zentrum ihrer Galaxie umkreisen. Sie lässt sich nur mit der Anziehung durch die Schwerkraft einer unsichtbaren Materie erklären.

Bei ihrer aufwendigen Suche nach der winzigen Ladungstrennung haben die JARA-Wissenschaftler internationale Unterstützung. Forscher aus zehn Ländern arbeiten unter ihrer Federführung zusammen in dem Großprojekt JEDI – in diesem Fall kurz für Jülich Electric Dipole Investigations und kein Hinweis auf übermenschliche oder ritterliche Fähigkeiten der Wissenschaftler. Obwohl auch ihre Forschung auf mindestens zwei der drei Säulen der Jedi-Ritter aus dem Science-Fiction-Universum von Star Wars beruht, nämlich Disziplin und Wissen. Beides nutzen die Forscher, um zunächst eine Designstudie für den neuartigen Speicherring zu erstellen, also seine genaue Form und Größe und die erforderlichen elektrostatischen Bauelemente zu entwerfen, sowie die nötigen Messinstrumente festzulegen. Außerdem werden JEDI-Partner in den nächsten Jahren mit COSY notwendige Vorversuche durchführen. Damit wollen sie einerseits das Messverfahren für das elektrische Dipolmoment des Protons optimieren, andererseits erstmals eine obere Grenze für den Wert dieses Dipolmoments bestimmen. Für die letztlich erforderliche Präzision benötigen sie dann den neuartigen zweiten Ring, der frühestens in fünf Jahren gebaut werden könnte.

Die JARA-Forscher stehen also noch am Anfang eines langen Weges. Aber was sind schon ein bis zwei Jahrzehnte Forschung, wenn es darum geht, ein 13,8 Milliarden Jahre altes Rätsel zu lösen?

Die Jülich Aachen Research Alliance (JARA) ist eine Forschungskooperation des Forschungszentrums Jülich und der RWTH Aachen.



Ein einfaches Beispiel für eine räumliche Symmetrie liefert ein Eiskristall:

Vertauscht man oben und unten, bleibt dennoch alles beim Alten. Und auch wenn man die linke Hälfte mit der rechten Hälfte vertauscht, sieht der Kristall hinterher gleich aus.

Symmetrien und Standardmodell

Symmetrien spielen eine entscheidende Rolle in der Physik, insbesondere im sogenannten Standardmodell der Teilchenphysik – „ein grotesk bescheidener Name für eine der größten Leistungen der Menschheit“, wie Physik-Nobelpreisträger Frank Wilczek einmal meinte. Das Standardmodell beschreibt die Elementarteilchen und die Kräfte dazwischen. In ihm ist alles zusammengefasst, was Menschen über die fundamentalen Gesetze der Physik wissen.

Das Erfolgsmodell beruht auf drei Symmetrien mit den Kürzeln T, C und P. T steht für Time (Zeit), C für Charge (Ladung) und P für Parity (Parität). Die sogenannte T-Symmetrie ist eingehalten, wenn ein Vorgang vorwärts genauso abläuft wie rückwärts. Wenn ein Vorgang die C-Symmetrie erfüllt, so läuft er in gleicher Weise ab, nachdem die Vorzeichen der Ladungen der beteiligten Teilchen gewechselt wurden, also wenn zum Beispiel ein positiv geladenes Proton durch sein negativ geladenes Gegenstück, das Antiproton, ersetzt wird. Erfüllt ein Vorgang die P-Symmetrie, so verändert er sich nicht, wenn er in sein Spiegelbild überführt wird. Werden alle drei Umkehrungen – also die Symmetrieoperationen T, C, P – nacheinander ausgeführt, so spielt dies für die Prozesse in der Natur keine Rolle. Davon gehen jedenfalls alle gängigen physikalischen Theorien aus.

Dagegen gibt es in der Natur Vorgänge wie etwa den Urknall, für deren Ablauf es nicht egal ist, wenn die Teilchen durch Antiteilchen ersetzt und gleichzeitig alle Raumkoordinaten gespiegelt werden. Diese bezeichnet man als Symmetrieverletzungen. Das Standardmodell kennt zwar Mechanismen, die solche kombinierten C- und P-Verletzungen (CP) erklären können. Doch ihr Ausmaß ist nicht ausreichend, um den Materieüberschuss in der Kinderstube des Kosmos zu erklären. Die Teilchenphysiker weltweit suchen also noch nach einem weiteren CP-verletzenden Mechanismus, der im Standardmodell bisher nicht verankert ist. Dieser Mechanismus könnte sich als elektrisches Dipolmoment in einem Proton bemerkbar machen.

Präzision statt Energie

Es gab schon viele, oft sehr teure Experimente, um dem Rätsel der Symmetrie-Verletzungen im All auf die Spur zu kommen. Jülicher Forscher haben eine grundsätzlich andere Herangehensweise.



Herr Dr. Rathmann, der neuartige Protonen-Speicherring, den Sie bauen wollen, soll – vorläufig geschätzt – um die 50 Millionen Euro kosten. Viel Geld, oder?

Ja. Doch es ist wenig, wenn man betrachtet, was manch anderes Gerät für die Grundlagenforschung in der Physik kostet. Der Large Hadron Collider (LHC) am Beschleunigerzentrum CERN in Genf hat beispielsweise allein 3 Milliarden Euro verschlungen. Natürlich soll der LHC auch vieles leisten: Er soll neben der Frage nach dem Ursprung des Universums zahlreiche weitere Fragen klären können. Dazu lässt man Teilchen mit immer mehr Energie zusammenprallen – in immer größeren und damit auch teureren Beschleunigern. Wir haben eine andere Herangehensweise. Statt eines Allrounders möchten wir eine vergleichsweise günstige Anlage für eine konkrete Fragestellung aufbauen – nämlich für Präzisionsmessungen in der Physik. Wir sind überzeugt, dass dieser Weg erfolgversprechend ist.

Es gibt weltweit seit Jahrzehnten Aktivitäten, bei denen man das elektrische Dipolmoment von Neutronen misst. Warum kommen Sie nun mit der Idee, das Gleiche für Protonen zu tun?

Weil man offensichtlich bei den Neutronen nicht mehr weiterkommt. Dort konnte man die Genauigkeit der Messungen in den letzten Jahren kaum noch steigern. Mit der erreichten Präzision lässt sich aber kein Dipolmoment nachweisen und das Materie-Antimaterie-Rätsel nicht lösen. Protonen sind

besser geeignet, unter anderem, weil man sie als geladene Teilchen besser handhaben kann als die ungeladenen Neutronen. Eigentlich konkurrieren aber die beiden Ansätze auch nicht. Die Gründe für ein Dipolmoment, sofern vorhanden, lassen sich wohl nur herausfinden, wenn man die Dipolmomente von zwei Teilchen vergleicht, die aus unterschiedlichen Quarks zusammengesetzt sind – so wie es bei Protonen und Neutronen der Fall ist.

Warum soll der Speicherring in Jülich entstehen und nirgendwo anders?

Wenn man vom Mars aus auf die Erde schauen würde, um einen Platz für den Ring zu suchen, würde man in Jülich landen: Hier sind die Experten, die bereits seit mehr als 20 Jahren Erfahrungen mit der Polarisation von Teilchen haben. Und hier gibt es bereits einen Teilchenbeschleuniger – COSY – im richtigen Energiebereich, den man für die notwendigen Vorstudien und später als Vorbeschleuniger nutzen kann.

DAS GESPRÄCH FÜHRTE FRANK FRICK

Der Jülicher Physiker Dr. Frank Rathmann ist einer von drei Sprechern der Kollaboration JEDI (Jülich Electric Dipole Investigations), an der Wissenschaftler aus zehn Ländern beteiligt sind.



↑ Die Ackerschmalwand ist zwar äußerlich unscheinbar, aber gut erforscht: Dr. Pitter Huesgen untersucht, wie sie Stressfaktoren, zum Beispiel zu viel Licht, bewältigt.

Stress, lass nach!

Die Kartoffelfäule ließ 1845 in Irland eine Million Menschen verhungern. Heute erforschen Wissenschaftler weltweit die Reaktionen von Pflanzen auf Krankheitserreger und umweltbedingte Stressfaktoren wie zu viel Licht, um derartige Ernteausfälle zu vermeiden. Der Jülicher Biochemiker Pitter Huesgen hat sich auf molekularbiologische Fragestellungen spezialisiert.

Eine Pflanze hat keine Wahl: Egal, wie viel Sonnenlicht sie erreicht, wie trocken es ist oder welche Bakterien, Viren oder Pilze sie befallen – sie kann nicht weglaufen. Stattdessen muss sie sich den äußeren Bedingungen stellen und „Vor-Ort“-Abwehrmechanismen einsetzen. Gelingt die Abwehr nicht, können die Folgen verheerend sein: Der Erreger der Kartoffelfäule vernichtete beispielsweise Mitte des 19. Jahrhunderts große Teile der europäischen Kartoffelernnte. In Irland kostete die Hungersnot über eine Million Menschen das Leben. Auch heute verhungern Menschen aufgrund von Ernteaussfällen. Neben Krankheitserregern sind beispielsweise

Extremwetterperioden wie Dürre oder zu intensive Sonnenstrahlung die Ursache. Vor diesem Hintergrund erforschen Wissenschaftler weltweit die Reaktionen von Pflanzen auf Stressfaktoren.

Pitter Huesgen vom Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik (ZEA) interessiert, wie Pflanzen solche Stressfaktoren auf molekularbiologischer Ebene wahrnehmen und darauf reagieren. Ein bestimmter Stoffwechselprozess, die Proteolyse, steht im Fokus seiner Untersuchungen. Dabei zerschneiden Enzyme, die Proteasen, langkettige Proteine in kleinere Proteinsequenzen. Zum einen zerstören sie beschädigte,

fehlgefaltete oder mutierte Proteine, damit diese keine weiteren Schäden in der Zelle anrichten. „Die Proteolyse ist in diesem Fall ein Reißwolf für nicht mehr benötigte Proteine“, sagt Huesgen.

Zum anderen können die Proteinbruchstücke aber auch ganz neue Funktionen übernehmen als noch in der „Long-Version“. Sie lösen beispielsweise Signalprozesse aus, die die Pflanze veranlassen, sich auf molekularbiologischer Ebene zu wehren. Huesgen will wissen, welche Enzyme welche Proteine an welcher Stelle schneiden und wie die Pflanzen ihren Stoffwechsel den veränderten Bedingungen anpassen. Denn: Wenn der Biochemiker auf molekularer Ebene versteht, wie die Proteasen arbeiten, könnte er sie in einem zweiten Schritt gezielt ein- oder ausschalten. Langfristig könnten die Ergebnisse zur Entwicklung neuer Pflanzenschutzmittel und stressresistenter Getreidepflanzen beitragen.

PROTEASEN SIND MULTITALENTE

Die Proteolyse begleitet den 37-Jährigen schon seit Anfang 2002, als er an der Universität Stockholm in Schweden seine Masterarbeit schrieb. Auch während seines knapp sechsjährigen Aufenthaltes in Vancouver an der University of British Columbia stand die Proteolyse im Forschungsmittelpunkt – dort allerdings unter medizinischen Aspekten, denn Proteasen sind in der Medizin beliebte Ansatzpunkte für Therapien. Beispielsweise ist bekannt, dass zwei dieser Enzyme an der Entstehung der neurodegenerativen Krankheit Alzheimer beteiligt sind.

„Die Hoffnung besteht darin, diese Proteasen zu hemmen, um Alzheimer zu bekämpfen“, erklärt Huesgen. Die medizinischen Anknüpfungspunkte will der Forscher weiterhin mit den Jülicher Kollegen vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin und dem Institute of Complex Systems im Blick behalten.

Doch sein Hauptaugenmerk richtet er in Zusammenarbeit mit dem Institut für Bio- und Geowissenschaften auf die rund 800 unterschiedlichen Proteasen in Pflanzen. Über diese Proteasen ist nur wenig bekannt. Zu viel Licht und Krankheitserreger sind die beiden Stressfaktoren, mit denen Huesgen sich beschäftigt. Dazu nutzt er eine krautige, anspruchslose Pflanze, die Ackerschmalwand, im Fachjargon *Arabidopsis thaliana*. Sie ist verwandt mit vielen Nahrungs- und Futterpflanzen wie Brokkoli oder Kohlrabi. Die Ackerschmalwand ist in der Wissenschaft als Modellorganismus für höhere Pflanzen sehr gefragt, weil ihr Genom bereits entschlüsselt wurde und sie sehr schnell genetisch zu mani-

pulieren ist – für Huesgen ein entscheidender Vorteil. Der kurze Fortpflanzungszyklus von acht Wochen hilft ihm, seine Hypothesen schnell zu überprüfen. Huesgen will neue Erkenntnisse über den größtenteils noch unbekanntem Weg von der Stresswahrnehmung bis zur Antwort der Pflanze gewinnen: Welche Proteasen sind beteiligt? Welche Aufgabe haben proteolytisch verkürzte Proteine im Vergleich zu vollständigen?

Noch steht der exzellente Nachwuchswissenschaftler am Anfang seines Projekts, für das er vom Europäischen Forschungsrat im November 2014 einen „Starting Grant“ eingeworben hat. Mit den 1,8 Millionen Euro baut Huesgen am ZEA eine neue Forschergruppe auf. Ihr wichtigstes Großgerät ist ein neues, hochsensitives Massenspektrometer. Mit dem können die Wissenschaftler die Proteine, die in einer Zelle oder einem Organismus vorkommen, präzise analysieren. „Wir wollen herausfinden, welche Proteasen im Gesamtsystem der Pflanze eine Schlüsselrolle übernehmen. Daraus soll ein Katalog von Proteasen-Zielen auf molekularer Ebene entstehen“, sagt Huesgen. Der könnte helfen, neue Pflanzenschutzmittel und stressresistente Pflanzen zu entwickeln.

KATJA LÜERS



Es werde Licht – aber nicht zu viel!

Der Winter ist vorbei und so mancher Hobbygärtner stellt seine Pflanzen aus dem schattigen Winterquartier direkt in die Sonne. Doch schon nach wenigen Tagen weisen die ersten Blätter Flecken auf. Lichtstress ist der Grund: In den Chloroplasten, die für die Fotosynthese zuständig sind, entstehen Sauerstoffradikale. Sie beschädigen und zerstören viele Proteine. Um die Radikale schnell zu beseitigen, setzt die Pflanze einige der rund 60 Proteasen im Chloroplasten ein: Diese bauen zum einen geschädigte Proteine ab. Zum anderen zerschneiden sie bestimmte Proteine, die so verkürzt Abwehrmechanismen aktivieren, die unter anderem die Radikalentstehung vermeiden.

Spezialist für Enthüllungen

Ein sperriger Name mit großer Zukunft: Die computergestützte Strukturbiologie ist auf dem Vormarsch – 2013 erhielten drei amerikanische Wissenschaftler den Nobelpreis für die Simulation chemischer Reaktionen. In Jülich hat sich Gunnar Schröder auf das Thema spezialisiert. Der Physiker leitet eine Nachwuchsgruppe und entwickelt erfolgreich eigene atomare Vorhersagemodelle.

»Man könnte passgenaue Antibiotika entwickeln, die das Bakterium an seiner empfindlichsten Stelle stören und damit töten.«

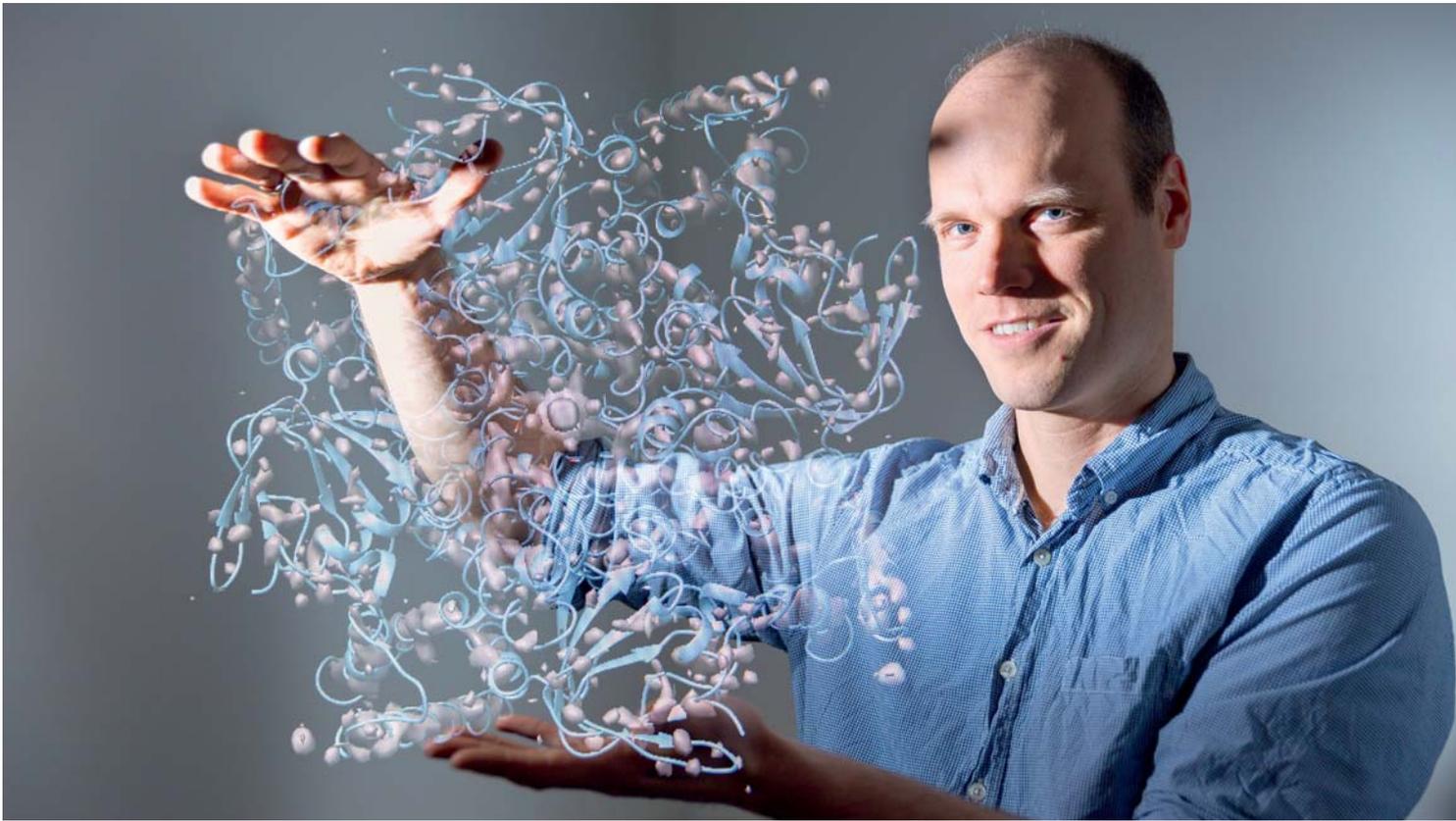
Eigentlich gab es für Gunnar Schröder nie eine Alternative: Physiker wollte er werden. Schon als Kind spielte er mit Experimentierkästen und beschäftigte sich mit physikalischen Größen wie Kraft und Geschwindigkeit. Als 19-Jähriger baute er mit einem Freund am Göttinger Felix-Klein-Gymnasium einen „universellen Beschleunigungsmesser“. Anlass waren unpräzise Beschleunigungsversuche im Physikunterricht. Die beiden Jungs erhielten für ihre Entwicklung einen Sonderpreis im Bundeswettbewerb „Jugend forscht“ und zum Abitur gab es von der Schule noch den „Felix-Klein-Preis“ für außergewöhnliche Leistungen in den Naturwissenschaften. Das Physikstudium war da für Gunnar Schröder nur noch die logische Konsequenz, auch wenn die Arbeitsmarktsituation für Physiker nicht wirklich rosig aussah. Kurz überlegte der junge Mann tatsächlich, Medizin zu studieren. „Aber wenn man leidenschaftlich bei der Sache ist, kann eigentlich nichts schiefgehen“, resümiert der 40-Jährige.

Der Erfolg gibt ihm recht: Heute leitet er am Institute of Complex Systems (ICS-6) die Nachwuchsgruppe „Computergestützte Strukturbiologie“ und ist zugleich Juniorprofessor an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. „Das Forschungszentrum Jülich bietet mir mit seiner Infrastruktur und seinem breiten Themenspektrum exzellente Bedingungen“, erklärt der promovierte Physiker: Schließlich befinde sich die computergestützte Strukturbiologie an der Schnittstelle verschiedener Disziplinen wie Chemie, Biologie, Informatik, Physik, Mathematik oder Medizin – allesamt Fachgebiete, die am Forschungszentrum angesiedelt sind.

Auch wenn sie einen sperrigen Namen hat, unter dem sich kaum jemand etwas vorstellen kann, ist die computergestützte Strukturbiologie im Kommen: 2013 erhielten Martin Karplus, Michael Levitt und Arieh Warshel den Chemie-Nobelpreis für ihre Computermodelle für komplexe chemische Systeme. „Computermodelle, die das reale Leben widerspiegeln, sind entscheidend für die meisten Fortschritte, die heute in der Chemie gemacht werden“, schrieb das Nobelpreiskomitee zur Begründung.

BERECHENBARE ZUKUNFT

Für Gunnar Schröder, der als Postdoktorand bei Levitt an der Stanford University forschte, steht die Zukunft der computergestützten Strukturbiologie außer Frage. Mit Simulationsprogrammen lassen sich nicht nur einzelne Moleküle nachbauen, sondern auch chemische Reaktionen nachvollziehen, die in Bruchteilen von Millisekunden ablaufen. „Solche Verfahren werden mit zunehmender Rechenleistung der Computer immer wichtiger“, ist Schröder überzeugt. Vor zehn Jahren konnte man molekulare Dynamik nur im Nanosekundenbereich beobachten, mit den leistungsstärkeren Rechnern von heute lässt sich die Bewegung der Moleküle bereits über einen 1.000-mal längeren Zeitraum verfolgen – da wird es für Biologen spannend. Schröder richtet seinen Fokus auf Proteine, also Eiweiße. Als universelle Werkzeuge in Mensch, Tier und Pflanze regeln sie den Stoffwechsel, unterstützen die Immunabwehr und leiten Signale weiter. Sie sind dabei alles andere als starr: Ihre räumliche Struktur kann sich ändern, im Fachjargon spricht man von Konformationsänderung.



Viele Proteinstrukturen lassen sich mit der sogenannten Röntgenkristallografie darstellen, für große Komplexe ist die Auflösung allerdings oft begrenzt – beispielsweise für die Proteinfabriken einer Zelle, die Ribosomen. Man muss sich ein solches Ribosom als eine riesige molekulare Maschine vorstellen, die aus über 50 unterschiedlichen Proteinen besteht. Ständig ist es in Bewegung und ändert seinen Zustand. Detaillierte Untersuchungen einer solchen Biomachine sind mit experimentellen Methoden höchst aufwendig und liefern oft nur ein grobes Bild vom Protein. Viele Details bleiben ungeklärt: Wo sitzen die einzelnen Atome, wo befindet sich eine Wasserstoffbrücke, wie ist das Protein verknäuel?

DEN BLICK SCHÄRFEN

An dieser Stelle kommt Gunnar Schröder ins Spiel: „Wir verbinden die experimentellen Daten mit Vorhersage und Simulation von Proteinstrukturen, um daraus gute atomare Modelle zu entwickeln“, erklärt der Forscher. Er schärft die Proteinstruktur virtuell auf Basis der existierenden Daten. „Wir verbessern also nicht die Daten, sondern nutzen sie, um atomare Modelle zu bauen, die präziser sind als jene Modelle, die nicht mit unseren Simulationen berechnet wurden“, sagt Schröder. Er ergänzt die fehlenden Informationen durch Vorhersageberechnungen, für die er

ständig neue Algorithmen entwickelt und testet. Rechenzeiten im Jülicher Supercomputing Centre (JSC) gehören deshalb zu seinem Alltag.

Mit seiner Modellierungstechnik „Deformable Elastic Network“, kurz DEN, gelang es ihm auf Basis elektronenmikroskopischer Aufnahmen erstmals, den vollständigen Bewegungsablauf in einem Ribosom zusammensetzen. Ein Paradebeispiel für Grundlagenforschung. Aber es gibt auch einen Anwendungsbezug: Die Ribosomen in Bakterien sind beliebte Angriffspunkte für Antibiotika: „Kennt man die genauen Strukturen der Ribosomen, ließen sich passgenaue Antibiotika entwickeln, die das Bakterium an seiner empfindlichsten Stelle stören und letztlich töten“, sagt Schröder.

Dass die Biologie und die Biochemie zu seinem Job gehören, stört den Physiker nicht. „Allerdings ist es schwierig, Physiker zu finden, die sich an die Biologie herantrauen“, berichtet Schröder. Viele lassen sich schon vom Einarbeiten in die Literatur abschrecken. Die Mitglieder seiner Nachwuchsgruppe haben den Schritt gewagt. Ganz nach Schröders Motto: Wer mit Leidenschaft bei der Sache ist, den kann nichts aufhalten – auch nicht die Biologie.

KATJA LÜERS

↑ **Komplizierte Molekülstrukturen faszinieren Dr. Gunnar Schröder: Der Physiker hat sich auf computergestützte Strukturbiologie spezialisiert.**

Durchbruch in die dritte Dimension

Eigentlich sollten atomar aufgelöste Aufnahmen von Elektronenmikroskopen nur zwei Dimensionen zeigen. Nun ist es Forschern gelungen, aus einem einzigen „Schnappschuss“ auch Information über die dritte Dimension zu gewinnen.



↑ **Dr. Andreas Thust** arbeitet seit 25 Jahren mit Elektronenmikroskopen.



↑ **Prof. Chunlin Jia** hatte die Idee zum Durchbruch.

„Stellen Sie sich vor, jemand wirft Ihren Schatten frontal an die Wand und behauptet, er könne Ihnen exakt sagen, wie groß Ihr Brustumfang ist. Etwa so wundersam kamen unsere Ergebnisse vielen Kollegen vor“, erzählt Andreas Thust, „aber genau das ist uns im Nanomaßstab gelungen.“ Der Physiker arbeitet am Peter Grünberg Institut im Bereich Mikrostrukturforschung. Ein deutsch-chinesisches Forscherteam um Thust und seinen Kollegen Chunlin Jia von der Jiaotong-Universität Xi'an hat aus einem einzigen „Schnappschuss“ eines Elektronenmikroskops rekonstruiert, was auf den ersten Blick nicht sichtbar ist: die dreidimensionale Kristallstruktur der Probe sowie die exakte Struktur der Oberflächen.

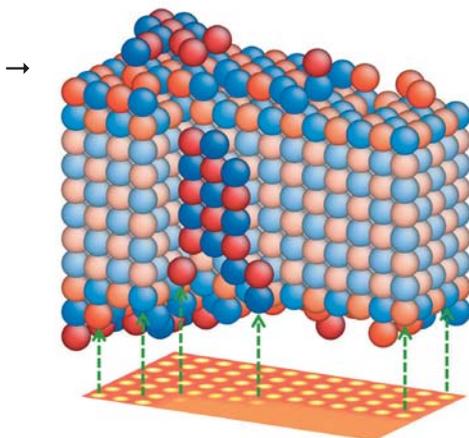
„Üblicherweise versteht man die Aufnahme eines Transmissionselektronenmikroskops als zweidimensionale Projektion wie ein Röntgenbild“, erklärt Thust, „und Projektionen enthalten keine genauen Informationen über die Oberfläche.“ Um diese dennoch elektronenmikroskopisch zu erfassen, mussten Forscher die Probe bisher im Rahmen eines tomografischen Verfahrens von allen Seiten mit bis zu Hunderten von Aufnahmen abbilden. Dies beschädigt aber strahlungsempfindliche Proben, ist nicht sensitiv genug für leichte Atome wie Sauerstoff und dauert zu lange, um schnell ablaufende chemische Prozesse abzubilden.

Die neue Methode hat diese Nachteile nicht. Denn die Wissenschaftler haben in den Aufnahmen des Elektronenmikroskops extrem schwache Signale identifiziert, die Hinweise auf die dritte Dimension liefern. Der Schlüssel dazu liegt in einem Effekt der Quantenmechanik: der Wellenbeugung.

„Auf atomarer Ebene funktioniert ein Elektronenmikroskop so ähnlich, als würde Sand durch ein Gitter auf eine Glasplatte rieseln“, erklärt Thust, „das Gitter sind die Atome der Probe, der Sand sind etwa eine Milliarde Elektronen, und die Glasplatte ist ein Film, der die Einschlagspunkte der Elektronen zeigt.“ Stellt man sich die Elektronen wie Teilchen vor, zeigt der Film lediglich, in welcher Dichte die Atome in den zwei Dimensionen Länge und Breite angeordnet sind.

Wenn man sich dagegen im Rahmen der Quantenphysik ein Elektron als Welle denkt, offenbart sich die dritte Dimension: Eine Elektronenwelle wird auf ihrem Weg durchs Kristallgitter nämlich von jedem Atom beeinflusst, an dem sie vorbeikommt. Wie bei einem Stein, den man ins Wasser wirft, prägt jedes Atom ein ringförmiges Muster in die Elektronenwelle ein. „So gibt es bei den an den Atomorten abgebildeten Punkten charakteristische Unterschiede in Intensität und Form, die man analysieren kann. Allerdings sind diese so winzig, dass man sie nur mit Computerprogrammen registrieren und verarbeiten kann. Daher hat man anfangs behauptet, der Effekt sei nur zufälliges Rauschen oder Wunschdenken. Wir konnten aber mit Hilfe von statistischen Untersuchungen und Millionen von Simulationen eindeutig nachweisen, dass es kein Rauschen ist“, sagt Thust. Unter speziellen Voraussetzungen – die Probe enthält keine Fremdatome und die Atome bilden im Gitter perfekte Säulen – ist es so möglich, die Information über die dritte Dimension eindeutig zu dechiffrieren.

Die Intensität eines Punktes zeigt die Länge der Atomsäulen, also die Dicke der Probe. Aus dem Radius der Punkte lässt sich erschließen, in welcher Höhe eine Atomsäule angefangen hat. Mit beiden Informationen zusammen lässt sich die Probe Atom für Atom rekonstruieren.

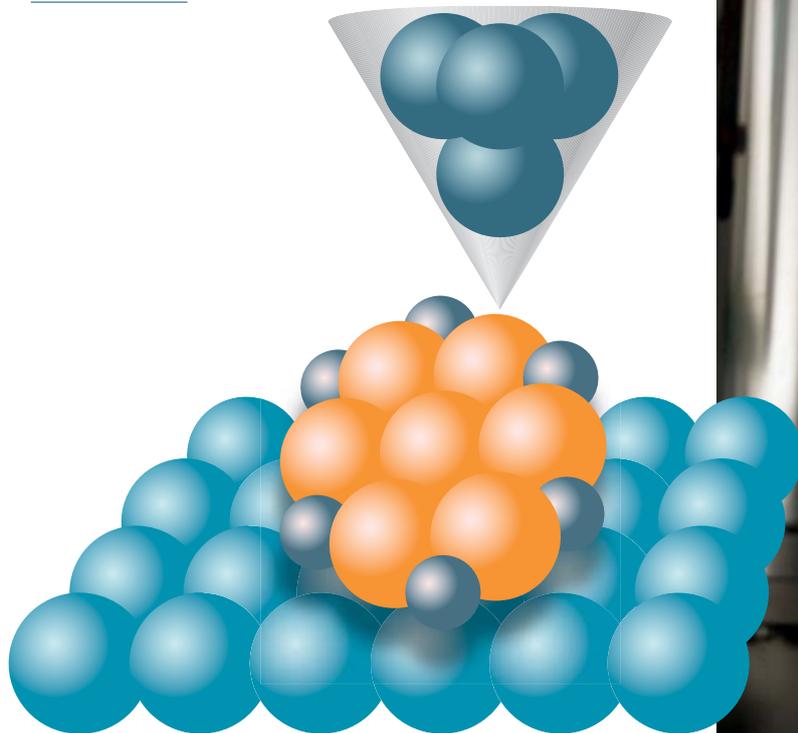




Woran forschen Sie gerade, Herr Kuhn?

Dr.-Ing. Bernd Kuhn, Fachgebietsleiter metallische Werkstoffe und Füge­technik am Institut für Energie- und Klimaforschung, Bereich Werkstoffstruktur und -eigenschaften

„Ich entwickle besonders stabile Stähle für Dampfkraftwerke. Wegen der Energiewende laufen die Kraftwerke nicht mehr dauerhaft bei 600 Grad Celsius Betriebstemperatur, sondern nur, wenn es zu wenig Wind oder Sonne als Energiequelle gibt. Das häufige schnelle Aufheizen und Abkühlen erfordert, dass der Stahl flexibler und haltbarer ist als bisher. Dafür entziehen wir dem Stahl beispielsweise Kohlenstoff und mischen Wolfram oder Chrom zu. Denn: Wolfram macht den Stahl fest und Chrom schützt gegen Korrosion.“



Besser per Hand

MOBILITÄT: Einige Automobilhersteller arbeiten daran, den Fahrer zukünftig auch viele Funktionen im Auto berührungslos steuern zu lassen, zum Beispiel Sonnenblenden herunterfahren und Scheibenwischer anschalten.

MEDIZIN: Mit einer Software können sich Ärzte vor Operationen durch 3-D-Bildmaterial des Patienten bewegen und zum Beispiel Implantate quasi probeweise an die richtige Stelle im Körper platzieren. Während einer Operation können Chirurgen mit Hilfe von Gesten durch Röntgen- und Computertomografieaufnahmen des Patienten blättern, die Bilder vergrößern oder markieren, ohne den sterilen Bereich zu verlassen.

RAUMFAHRT: Die US-Weltraumbehörde NASA will in Zukunft sogar Roboter auf dem Mars oder Mond per Handbewegung von der Erde aus dirigieren.

Echte Handarbeit

Knöpfe drücken war gestern: Am Forschungszentrum steuern Wissenschaftler eine komplexe Apparatur jetzt über Gesten – und nutzen sie als Werkzeug, um künftig Nanoelektronik mit Hilfe der Hand aufzubauen.

Konzentriert steht Matthew Green im halbdunklen Raum – einzig sein Arm bewegt sich: hinunter, hinauf und dann zur Seite. An seiner Hand funkelt eine silbern schimmernde Kugel. Sie reflektiert das Licht von zwei Infrarotkameras, die an Wand und Decke hängen.

Man könnte meinen, der Doktorand am Peter Grünberg Institut sei in der virtuellen Welt einer Spielekonsole versunken. Aber Green dirigiert

keine Spielfigur um gefährliche Hindernisse. Stattdessen steuert er die hauchdünne Metallspitze eines Rastertunnelmikroskops. Bewegt Green seine Hand um fünf Zentimeter nach rechts oben, registrieren das die Kameras und übertragen die Information an einen Computer. Der Rechner sorgt dafür, dass umgehend auch die Metallspitze im Gerät nach rechts oben fährt, allerdings nur um ein Zehntel eines millionstel Millimeter, der charakteristischen Größe eines Atoms.

Mit dieser Spitze greift Green Moleküle von der Oberfläche seiner Probe, hebt sie hoch und legt sie an anderer Stelle wieder ab. „Ein bisschen Spielerei ist natürlich dabei – aber für einen nützlichen Zweck“, sagt der Brite und lacht.

Winzige Materiebausteine gezielt zu versetzen, könnte in Zukunft ganz neue Möglichkeiten eröffnen. Die Wissenschaft hofft, miniaturisierte



↑ Mit einer Handbewegung steuert Matthew Green die Spitze eines Rastertunnelmikroskops – und verschiebt so einzelne Moleküle.

Geräte zu bauen, bei denen einzelne Moleküle als Bauteile dienen. Elektronische Schaltungen beispielsweise könnten dann lediglich auf der Wechselwirkung zwischen zwei Molekülen basieren und damit auf Quantenmechanik. Dieses Konzept verspricht unter anderem noch kleinere, günstigere Speicher und Logikschaltkreise, aber auch neue, empfindliche Sensoren.

PRÄZISION GEFRAGT

„Um nanoelektronischen Geräte möglich zu machen, muss man einzelne Teilchen präzise an eine ganz bestimmte Stelle transportieren können“, erläutert Green. In Jülich versuchen Forscher die Wechselwirkungen zwischen Molekülen zu verstehen, um sie gezielt zu bewegen – beispielsweise mit Hilfe eines Rastertunnelmikroskops. Dieses Gerät wurde ursprünglich entwickelt, um Oberflächen zu untersuchen: Eine dünne Metallspitze fährt langsam über eine Probe, während zwischen beiden eine Spannung angelegt ist. Der Stromfluss zwischen Spitze und Probe ändert sich je nach Abstand; so lassen sich Bilder der Probenoberfläche erstellen. „Man erkennt sogar einzelne Atome“, sagt Green.

47

Moleküle hat Green einzeln aufgehoben und weggetragen, um den Schriftzug Jülich entstehen zu lassen.



Inzwischen können Forscher mit dem Gerät Oberflächen nicht nur ansehen, sondern auch verändern: Mit der Metallspitze lassen sich einzelne Teilchen aufheben und bewegen, da sich zwischen beiden eine chemische Bindung ausbildet. Angefangen hat alles mit einfachen Atomen. Green hat jetzt herausgefunden, wie er sogar große flache organische Moleküle bewegen kann. Aber die Bewegungsabläufe sind kompliziert – und da hilft die Handsteuerung.

Gerade bei großen Molekülen kommt es darauf an, wo genau die Metallspitze ansetzt: Packt man sie an der falschen Stelle, bleiben sie unbeeindruckt an der Oberfläche kleben. „Bei dieser Art Moleküle muss man die Spitze an einer Ecke des Moleküls ansetzen und langsam im Bogen nach oben ziehen“, erklärt Green.

FLEXIBEL STEuern

Der Forscher könnte auch den Computer programmieren, die Metallspitze zu steuern. Aber ein programmierter Bewegungsablauf ist sehr starr. Wenn zwischendurch ein Fehler passiert, lässt sich nicht nachkorrigieren; das Programm läuft wie einprogrammiert zu Ende. „Mit der Hand bin ich viel flexibler und kann jeden Schritt kontrollieren“, betont Green. „Sobald ich sehe, dass etwas schief läuft, kann ich sofort darauf reagieren.“

Wer einmal die Handsteuerung übernimmt, merkt, wie viel Körperkontrolle dafür nötig ist. „Es dauert eine Weile, bis man sich kalibriert hat“, schmunzelt Green. „Aber man lernt es ziemlich schnell.“ Am Anfang benötigte er 40 Minuten, um ein einzelnes Molekül von A nach B zu transportieren, erzählt er – jetzt schafft er es in 10 Minuten.

Greens bisher größtes Werk hat vier Tage gedauert. Aus einer einlagigen Schicht hat er genau 47 Moleküle einzeln aufgehoben und weggetragen. So entstand der Schriftzug JÜLICH. „Das zeigt, wie präzise unsere Methode ist“, erläutert der Forscher: Im Gegensatz zu einem beliebigen Muster kann ein ganzes Wort nur mit exakter Planung und Ausführung entstehen.

BRIGITTE OSTERATH

Belohnung macht stark

**Zwei Kugeln Schokoladeneis in der Waffel.
Das neue Fußballspiel für die Playstation. Oder ein
Lob: Belohnungen machen uns alle glücklich.
Kinder mit ADHS aber ganz besonders.**

Noch zwei Smiley-Aufkleber, dann bekommt Sascha* das heiß ersehnte Fußballspiel für seine Spielkonsole. Dafür muss er nur noch zwei Mal die Mathe-Hausaufgaben schön sauber in die Kästchen eintragen. Gemeinsam mit seiner Mutter hat der Neunjährige einen Arbeitsplan erstellt, der mit einem Magnet am Kühlschrank in der Küche hängt. Auch auf dem Arbeitsplan gibt es Kästchen. Doch in diesen kommen keine Zahlen, sondern die kleinen Aufkleber mit den lachenden Gesichtern.

Die Smileys sorgen bei Sascha für zusätzliche Motivation, denn Lernen fällt ihm schwerer als vielen seiner Altersgenossen. Sascha hat ADHS. Die knackige Abkürzung steht für einen langen Namen, die sogenannte Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung. Der lange Name steht aber auch für eine lange Liste an Symptomen, die betroffenen Kindern und Jugendlichen das Lernen in der Schule deutlich erschweren. „ADHS äußert sich ganz unterschiedlich, häufig allerdings durch Konzentrationsschwäche, motorische Unruhe oder in impulsiven emotionalen Ausbrüchen“, erläutert die Neuropsychologin Prof. Kerstin Konrad, die am Institut für Neurowissenschaften und Medizin in Jülich und an der Uniklinik RWTH Aachen forscht.

Diese Impulsivität hat aber auch ihre positiven Seiten: „ADHS-Kinder und Jugendliche sind ausgesprochen begeisterungsfähig und daher gut zu motivieren“, berichtet die Wissenschaftlerin. Doch welche Belohnung finden die Kinder und Jugendlichen besonders attraktiv? Genügt ein Lob? Oder müssen es Kinogutscheine, Geschenke oder Geld sein? Und wie lassen sich diese „Motivationsgoodies“ für Therapien nutzen? Um dies herauszufinden, führen Kerstin Konrad und ihr Team eine kombinierte Verhaltens- und Bildgebungsstudie im Magnetresonanztomografen (fMRT-Studie) durch.

Für ADHS-Kinder wie Sascha war der Test keineswegs einfach. „Im Magnetresonanztomografen mussten wir ganz still liegen.“ Nur so konnten die Ärzte Bilder von den Gehirnaktivitäten der Kinder und Jugendlichen machen, während diese bestimmte Aufgaben lösten. Aber Belohnungen lockten, wenn auch nicht immer. Gestapelte Münzen, eine lächelnde Frau oder aber eine leere Weißfläche in einem roten Verkehrsdreieck signalisierten den 9- bis 18-jährigen Kindern und Jugendlichen zu Beginn jeder Testreihe, ob es im Anschluss Geld, ein Lob oder gar nichts gab.

„An unserer Studie nahm neben den ADHS-Patienten unter anderem auch eine Kontrollgruppe mit gesunden Kindern teil, so dass wir die Ergebnisse vergleichen konnten“, erklärt Projektleiter Dr. Gregor Kohls. Die Auswertung zeigte, dass die Reaktionszeiten von Gesunden und ADHS-Patienten stets identisch waren. Lockte jedoch Geld oder ein Lob, stieg der Treffererfolg bei den Aufgaben merklich an.

WUNSCH NACH ANERKENNUNG

Auch wenn sich beide Gruppen gleich verhielten, die neurobiologischen Abläufe im Gehirn unterschieden sich je nach Belohnungsart. „Die Aussicht auf Geld war für die Gesunden deutlich attraktiver. Bei dieser Art der Belohnung konnten wir die stärkste Aktivität im ventralen Striatum, dem Zentrum des Motivationssystems, feststellen. Soziale Belohnung in Form von Lob und Anerkennung wurde dagegen als weniger erstrebenswert angesehen“, bringt es Gregor Kohls auf den Punkt. Ein ganzes anderes Bild zeigten die ADHS-Patienten: Ob anerkennende Worte oder Geld in Aussicht gestellt wurde, war egal. Bei beiden Belohnungsarten zeigte sich eine gleich hohe Hirnaktivität.

* Name von der Redaktion geändert



ADHS bei Kindern

ZAHLEN

5 Prozent der Kinder und Jugendlichen im Alter von 3 bis 17 Jahren sind in Deutschland betroffen (häufigste psychiatrische Erkrankung in diesem Alter), Jungen etwa viermal häufiger als Mädchen.

SYMPTOME

Etwa ein Drittel aller ADHS-Kinder behält die Störung ein Leben lang. Im Laufe der Jahre wird aber aus Überaktivität und Impulsivität häufig eine allgemeine Leistungs- und Konzentrationsschwäche.

DIAGNOSE

Spezialisten erstellen die Diagnose mit Tests, Fragebögen und Verhaltensbeobachtung und stützen sich auf Informationen von Eltern und Lehrern.

Warum dies so ist – darüber kann Kerstin Konrad nur spekulieren, auch wenn sie bei ihrer täglichen Arbeit in der Klinik für Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie des Kindes- und Jugendalters an der Uniklinik RWTH Aachen viele kleine und größere ADHS-Patienten sieht. „Eine Erklärung könnte sein, dass diese Kinder in ihrem Alltag so häufig Ermahnungen und negatives Feedback erleben, dass sie alles Positive aufsaugen“, so die Wissenschaftlerin. Da kann auch ein ‚toll gemacht‘ motivierend wirken.“

ADHS-Kinder sind außerdem wie Stehaufmännchen: Sie kommen immer wieder auf die Beine, wenn sie ermutigt und gelobt werden. 2013 untersuchten Forscher, ob gezielte Trainingsmaßnahmen von Eltern und Lehrern anstelle von Medikamenten nachweisbar zu verbesserten kognitiven Leistungen führten. „Die befragten Trainer – seien es Eltern oder Lehrer – bejahten dies zwar in Befragungen“, berichtet Kerstin Konrad, „allerdings ließ sich dies faktisch nicht belegen.“

Medikamente wie Ritalin gehören daher ab einem bestimmten Alter weiterhin zur ADHS-Standardtherapie, die mit Elterntrainings, gezielten Maßnahmen zur Konzentrationssteigerung sowie weiteren, individuell angepassten Trainings kombiniert werden. Denn was vielen nicht bekannt ist: In rund 60 Prozent der Fälle geht ADHS mit weiteren Störungen wie nicht angepasstem Sozialverhalten, Angst, Legasthenie oder einer Rechenstörung einher. Insbesondere bei diesen Störungen hat sich der Einsatz weiterer Trainingsmaßnahmen bewährt.

LOBENDE WORTE GENÜGEN

Viel Frustrationspotenzial also. Belohnungsanreize können dies abfedern und die Kinder in ihrem Selbstwertgefühl stärken. „Unsere Erfahrungen zeigen, dass motivierende Vereinbarungen zwischen Lehrern, Eltern und dem betroffenen Kind hocheffektiv sein können“, berichtet Kerstin Konrad aus dem Therapiealltag. Und offenbar müssen die Belohnungen nicht materieller Art sein: Es genügen lobende Worte, die sich auch im Schulalltag unterbringen lassen. Das schließt natürlich das Schokoladeneis am Nachmittag nicht aus.

Molekularer Code geknackt

Sie heißen GABA_A, M₁ oder M₂. Die Rezeptoren gehören zu einem Code, der unsere Sprachregionen im Gehirn auszeichnet. Wissenschaftlern gelang es erstmals, diesen zu knacken.



↑ Wenn wir sprechen oder zuhören, kommunizieren im Gehirn verschiedene Regionen. Sie erkennen sich an einem gemeinsamen molekularen Code.

Verschlüsselte Nachrichten hatten schon in der Antike den Zweck, dass lediglich ein eingeweihter Kreis Botschaften deuten konnte. Von den Spartanern bis zu James Bond: Politiker, Militärs und Geheimagenten arbeiteten und arbeiten mit Codes. Auch unser Gehirn macht sich das Prinzip der exklusiven Zugehörigkeit zunutze: Es gibt einen einzigartigen molekularen Code, der die mit Sprache beschäftigten Gebiete in unserem Gehirn auszeichnet. Nur Bereiche, die diesen Code besitzen, verarbeiten und übermitteln Signale, die das Bilden und Verstehen von Wörtern und Sätzen ermöglichen.

„Beim Sprechen oder Zuhören tauschen nicht nur wir Menschen uns aus. Auch in unserem Gehirn kommunizieren verschiedene Regionen dabei auf Hochtouren“, erläutert der Jülicher Gehirnforscher Prof. Karl Zilles. Bisher war allerdings unbekannt, warum nur bestimmte Regionen sprachbezogene Informationen verarbeiten können. Bekannt war, dass bestimmte Verbindungen zwischen den Hirnregionen als Nervenfaserkabel vorhanden sein müssen. Aber wie werden die Signale in den Empfängerregionen weiterverarbeitet? Wie unterscheidet sich der Sprachcode von dem in Regionen, die für andere Aufgaben wie Bewegung, Sehen oder Gefühle zuständig sind?

CODE GIBT ROUTE VOR

Die neuen Erkenntnisse von Zilles und einem Team aus dem Institut für Neurowissenschaften und Medizin in Jülich, der Klinik für Psychiatrie der RWTH Aachen, dem Max Planck Institut Leipzig und der Aalto University, Espoo, aus Finnland zeigen: Der gemeinsame Code der Sprachgebiete beruht auf ihrer charakteristischen Konzentration verschiedener Transmitterrezeptoren. Diese Rezeptoren sind Eiweißbausteine, die quasi als „Andockstationen“ für Botenstoffe („Transmitter“) wie etwa GABA, Glutamat, Acetylcholin, Noradrenalin, Serotonin und Dopamin im Gehirn dienen. Für jeden dieser Botenstoffe gibt es nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip verschiedene, jeweils nur für ihn geeignete Rezeptoren. Sie alle spielen bei der Signalübertragung eine wichtige Rolle. Eine sprachrelevante Information kann von einer Hirnregion nur „verstanden“ und verarbeitet werden, wenn die jeweiligen Konzentrationen ihrer Rezeptoren präzise abgestimmt sind – wie verschiedener Instrumente in einem Orchester, das einen vielstimmigen Akkord einer Partitur spielt.

MOLEKULARER FINGERABDRUCK

Zilles und sein Team dechiffrierten den gemeinsamen molekularen Code der Sprachregionen, indem sie in einem aufwendigen Prozess Tausende von hauchdünnen Schnitten aus Gehirnen von Verstorbenen untersuchten. Hierbei interessierte die Wissenschaftler vor allem, wie 15 verschiedene Transmitterrezeptoren in sprachbezogenen und sprachunabhängigen Hirngebieten verteilt waren. Dazu schleusten die Neurowissenschaftler radioaktiv markierte Moleküle in die Hirnschnitte ein, die genau an diese Rezeptoren binden. Durch Belichtung von Filmen, die auf die Schnitte gelegt wurden, konnten die bis dahin unsichtbaren Rezeptoren wie bei einer Geheimschrift sichtbar gemacht werden. „Mit Hilfe der quantitativen Rezeptoraudiografie erhielten wir auf Filmen eine sehr gute räumliche Vorstellung von der Verteilung und Konzentration der Rezeptoren“, berichtet Karl Zilles. Diese Filme wurden anschließend entwickelt und mit Scannern in Computer eingelesen. Die Stärke der Radioaktivität wurde in echte Rezeptorkonzentration umgerechnet und in verschiedenen Farbstufen abgebildet.

Dann verglichen die Forscherinnen und Forscher die Rezeptorausstattung der unterschiedlichen Regionen mittels eines statistischen Verfahrens, der hierarchischen Clusteranalyse. Die Computer selektieren dabei durch aufwendige Berechnungen, welche Areale Gemeinsamkeiten haben – das heißt sogenannte Cluster bilden. Dadurch wird deutlich, welche Hirnareale die gleiche Balance zwischen den verschiedenen Rezeptoren haben, also den gleichen molekularen Akkord anstimmen und sich somit verstehen können. Das Ergebnis: „Die molekularen Fingerabdrücke der sprachrelevanten Areale ähnelten sich, so dass sie ein Cluster bilden. Dieses Cluster unterscheidet sich deutlich von den Clustern anderer Hirnregionen, die beispielsweise Emotionen verarbeiten“, berichtet Karl Zilles. Der molekulare Code war entdeckt – als Schlüssel für einen bestimmten Kreis von Hirnregionen, die Sprache ermöglichen.

ILSE TRAUTWEIN



↑ **JARA-Seniorprofessor Karl Zilles und sein Team untersuchten Tausende hauchdünne Hirnschnitte von Verstorbenen.**

Blitzschnelle Boten

GABA_A, M₁ oder M₂ sind Rezeptoren, an die Botenstoffe andocken. Diese Botenstoffe, auch Neurotransmitter genannt, werden blitzschnell zwischen zwei Nervenzellen freigesetzt, wenn ein elektrisches Signal ankommt. Dazu müssen sie einen Graben, den synaptischen Spalt, zwischen den Zellen überspringen. An der Zielnervenzelle docken die Neurotransmitter an bestimmte Rezeptoren an – wie ein exakt passender Schlüssel ins Schloss. Jeder Neurotransmitter benötigt also ein speziell auf ihn abgestimmtes System, damit der Informationsfluss reibungslos funktioniert.

Sprache sitzt links

Beim Sprechen ist vor allem die linke Hirnhälfte aktiv. Das Forschungsprojekt brachte hierfür einen weiteren Beleg. Die Wissenschaftler konnten den typischen molekularen Code in mehr Gebieten der linken als in der rechten Hemisphäre nachweisen.

Sonne, Stress und Sojabohne

Ende Januar – und das Thermometer zeigt 35 Grad Celsius. „Im Schatten, versteht sich“, sagt Dr. Anke Schickling. Dass sich die Pflanzenwissenschaftlerin nicht in ihrem heimischen Institut in Jülich befinden kann, ist offensichtlich.



2,2 Quadratkilometer misst der Campus des Forschungszentrums. Jülicher Wissenschaftler sind aber weit über den Campus hinaus aktiv. Wo sie überall forschen, stellen wir Ihnen regelmäßig an dieser Stelle vor. Diesmal geht es in den Süden Brasiliens.



↑ **Reisende Pflanzenforscherin: Dr. Anke Schickling ist für das Forschungszentrum Jülich in Brasilien aktiv.**

Schickling arbeitet derzeit im Süden Brasiliens, in Londrina. Größter Wirtschaftszweig dieser 500.000-Einwohner-Stadt ist der Sojaanbau. Folgerichtig betreibt die staatliche brasilianische Agrarforschungsgesellschaft Embrapa hier eine Niederlassung, bei der sich alles um die Sojabohne dreht, die vor allem als Speiseöl, Tiernahrung und zur Biodiesel-Produktion genutzt wird.

Schickling vertritt das „Labex Germany in Brasil“, eine virtuelle Jülicher Außenstelle und ein wichtiger Teil der Kooperation des Forschungszentrums mit Embrapa. In dieser Funktion wird sie in den kommenden Jahren noch an weiteren der 48 Embrapa-Niederlassungen arbeiten.

Bereits kurz nach ihrer Ankunft schienen fast alle der 400 Beschäftigten die deutsche Wissenschaftlerin zu kennen. „Sogar im Bus zum Institut wurde ich mit Namen angesprochen. Offenbar haben viele einen Bericht im Intranet über mich und meine Arbeit gelesen“, schmunzelt Schickling.

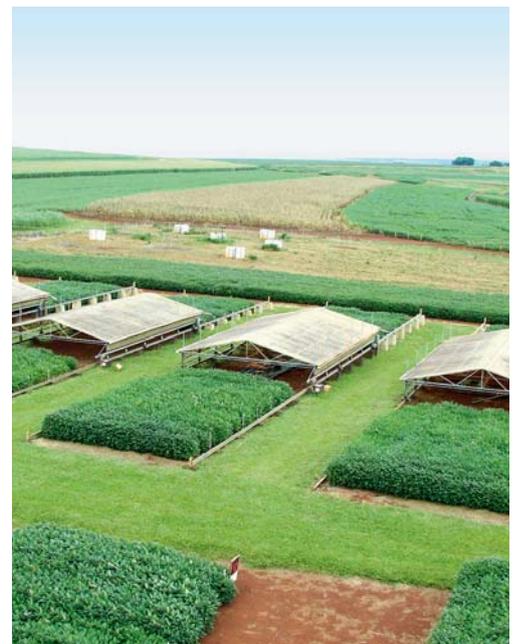
Sie hat aus Jülich spezielle Messgeräte mitgebracht, mit denen Pflanzen untersucht werden können, ohne diese zu beschädigen oder aus dem Boden auszugraben. Erste nichtinvasive Messungen führte sie bereits Mitte Januar ihres Aufenthaltes durch – an Sojapflanzen, die um diese Zeit erste Früchte trugen und die aufgrund der Hitze und des Wassermangels unter Stress standen. „In dieser reproduktiven Phase wirkt sich Trockenstress anders aus als etwa in der Wachstumsphase zuvor“, erläutert Schickling.

Die Embrapa-Wissenschaftler hoffen, mit Hilfe der nichtinvasiven Methoden künftig einmal

2,2 plus

früher zu erkennen, welche Pflanzen auch bei extremer Trockenheit ertragreich sind. Bisher müssen sie den kompletten Lebenszyklus der Pflanzen abwarten, bevor klar wird, wie gut diese mit dem Trockenstress zurechtkommen. Schickling sieht die Messungen vor allem als Möglichkeit, neue Informationen über Sojapflanzen zu gewinnen sowie deren Strukturen und Funktionen zu analysieren.

FRANK FRICK



↑ **Soja-Versuchsfelder: Die verschiebbaren Dächer dienen dazu, die Pflanzen bei Regen abzuschirmen und so Trockenstress hervorzurufen.**



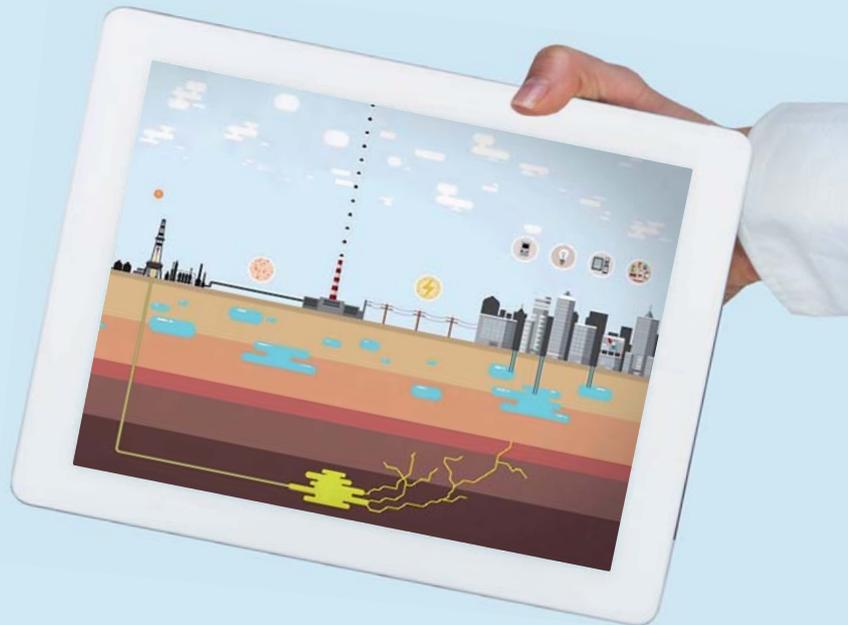
GEFÄLLT UNS

WETTBEWERB

Die besten Science-Videos

Dröge und komplizierte Wissenschaft ist hier fehl am Platz: Die Gewinnervideos von Fast Forward Science, dem Webvideo-Wettbewerb von Wissenschaft im Dialog, machen Spaß, unterhalten und erklären nebenbei noch wissenschaftliche Fragestellungen. 13 Filme hat eine interdisziplinäre Jury in den vergangenen zwei Jahren prämiert. Auch in diesem Jahr wird der Wettbewerb wieder angeboten. Wir empfehlen: mitmachen!

– WWW.FASTFORWARDSCIENCE.DE –



WISSENS-PLATTFORM

Forschungsdaten aus erster Hand

Wie stark sind Ozeane und die Atmosphäre durch Schadstoffe belastet? Was sind die Folgen des Klimawandels? Welche Gefahren drohen durch die Natur selbst? Die Website „Earth System Knowledge Platform“ (ESKP) nimmt sich der zentralen Umweltfragen unserer Zeit an und liefert

Hintergrundinformationen und aktuelle Forschungsergebnisse aus erster Hand: Für das Projekt haben sich acht Forschungszentren der Helmholtz-Gemeinschaft zusammengeschlossen und stellen aktuelle Forschungsdaten zur Verfügung. Jülicher Klimaforscher zeigen beispielsweise den arktischen Ozonverlust. Die Berechnungen können als Frühwarnsystem für erhöhte UV-Werte dienen. Doch aktuell gibt es Entwarnung. Der Winter in der Stratosphäre ist bisher warm, die Forscher erwarten kaum Ozonverlust und keine Erhöhung der UV-Einstrahlung.

– WWW.ESKP.DE –

SPEED FARMING

Hochhäuser online beackern

Passend zum Wissenschaftsjahr „Zukunftsstadt“ geht ARTE Future! der Frage nach, wie sich die Landwirtschaft zukünftig verändern wird. Als ein mögliches Zukunftsszenario stellt der Sender das „Vertical Farming“ vor: Pflanzen und Tiere werden nicht auf Ackerböden, sondern in mehrstöckigen Gebäudekomplexen gezüchtet. Wie das funktioniert, können Interessierte mit dem Onlinespiel „Speed Farming 2050“ gleich selbst probieren. Als digitaler Bauer übernimmt der Spieler die Leitung eines Betriebs in einem Gebäude. Ziel ist es, den Nahrungsbedarf der Bewohner zu decken. Es gilt, Lebensmittel wie Tomaten oder Korn rechtzeitig zu ernten und die benötigten Produktionsfaktoren wie Wasser oder Licht zu verwalten. Durch das Spiel leitet ein zugegeben etwas verrückter Wissenschaftler.

– FUTURE.ARTE.TV/DE/STAEDTE-DER-ZUKUNFT –

FORSCHUNG IN EINEM TWEET

Weniger Platin, gleiche Leistung:
Mit Nano-Oktaedern optimieren wir
Brennstoffzellen – und machen sie
so preiswerter.



Dr. Marc Heggen

erforscht Materialeigenschaften auf atomarer Ebene. Mit Kollegen aus Jülich und Berlin hat er neuartige Katalysatorpartikel für Brennstoffzellen entwickelt. Mit Hilfe ultrahochauflösender Elektronenmikroskopie konnten sie nun zeigen, wie die kristallinen platinhaltigen Partikel konkret wachsen – eine Voraussetzung, um den Katalysator gezielt weiter zu verbessern. www.fz-juelich.de/oktaeder