



Der Jülicher Forscher Martin Riese untersucht Klimaprozesse in der Stratosphäre.

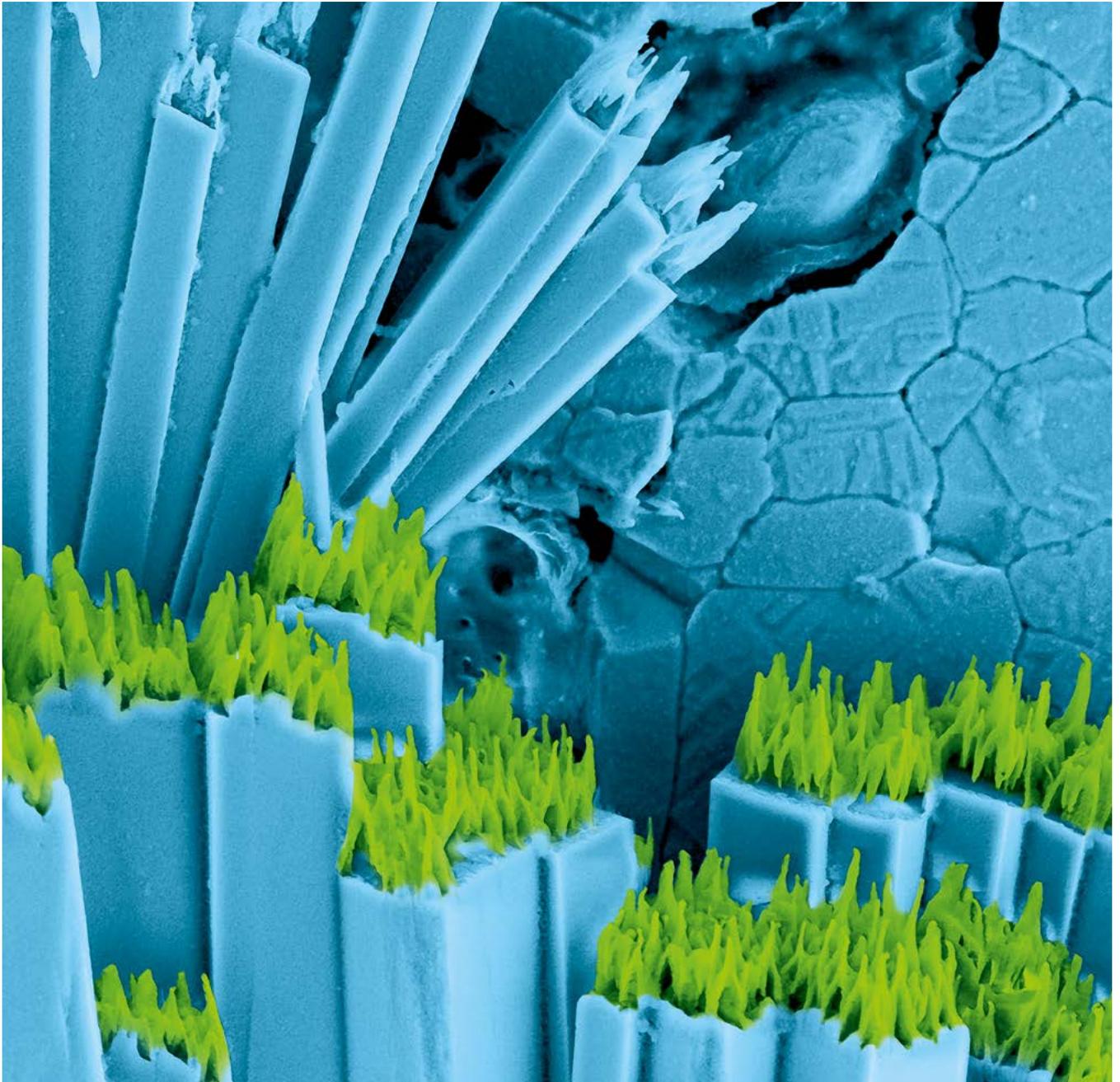
Prima Klima?

Die Fakten liegen auf dem Tisch –
jetzt ist die Politik am Zug

AUFGERÄUMT
Lebende Zellen
säubern sich selbst

VIEL BEFAHREN
Was Gehirn und
Autobahn verbindet

UNGEORDNET
Kristalle müssen
nicht perfekt sein



Ein Filter für Sauerstoff

Schneelandschaft mit Fichten auf schroffen Felsen? Nein. Das Bild zeigt einen 15 x 15 Mikrometer kleinen Ausschnitt eines keramischen Materials aus der Gruppe der Perowskite – aufgenommen mit einem Elektronenmikroskop. Jülicher Forscher von Institut für Energie- und Klimaforschung untersuchen diese Keramiken zum Beispiel, um damit Sauerstoff aus der Umgebungsluft abzutrennen – das ist bisher nur mit hohem Energieaufwand möglich. Eine Anwendung wäre dann etwa das sogenannte Oxyfuel-Verfahren. Es ist ein möglicher Weg, um die Emissionen konventioneller Kraftwerke im Idealfall auf Wasser und CO₂ zu reduzieren. Letzteres könnte dann abgetrennt und gespeichert oder weiterverwertet werden.

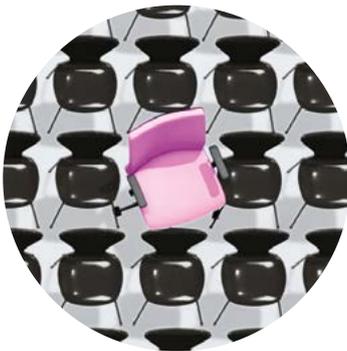
NACHRICHTEN

5

TITELTHEMA**Kleine
Lichtblicke**

Wissenschaftler liefern die fachliche Basis für Entscheidungen zur internationalen Klimapolitik.

8

FORSCHUNG**Alles in bester
(Un-)Ordnung**

In Kristallen können Fehler nützlich sein.

14

**Stoßverkehr
im Gehirn**

Informationen fließen in unseren Köpfen wie in einem verzweigten Straßennetz.

16

**Heimwerker im
fremden Haus**

Viren bauen Bakterien für ihre Zwecke um.

18

**Messen mit Thors
Hammer**

Magnetresonanz-Spektrometer müssen nicht groß und teuer sein.

20

**Massenhaft
ungleich**

Wurzeln, Blatt und Stamm – wie Pflanzen ihre Biomasse verteilen.

22

**Aus Versehen
gelernt**

Ein Messfehler zeigt, wie Membranen von Zellen schwingen.

23

Sauber bleiben

Zellen haben ihre eigene Müllabfuhr.

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

Ein Nobelpreis ist zu wenig



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



Man könnte sie fast übersehen, die Urkunde für den Friedensnobelpreis. In einem schlichten blauen Rahmen hängt sie im Büro des Jülicher Klimaforschers Prof. Andreas Wahner. Sie gilt dem Weltklimarat IPCC. Dieser hatte die Auszeichnung 2007 zusammen mit dem ehemaligen US-Vizepräsidenten Al Gore erhalten – beide für ihren Einsatz, den Klimawandel und seine Folgen ins Bewusstsein der Weltöffentlichkeit zu rücken. Wahner hat – wie auch andere Jülicher Forscher – mehrfach an den IPCC-Berichten zum Weltklima mitgearbeitet.

Doch was in der Wissenschaft als breiter Konsens gilt, scheint nicht überall angekommen zu sein: Sechs Prozent der Deutschen bestreiten, dass menschliche Aktivitäten überhaupt einen nennenswerten Einfluss aufs Klima haben. In den USA glaubt nur jeder Zweite, dass der Mensch zum größten Teil für den aktuellen Klimawandel verantwortlich ist. Seit Jahren ringt die internationale Staatengemeinschaft um verbindliche Maßnahmen zum Klimaschutz. Warum Jülicher Klimaforscher dennoch „kleine Lichtblicke“ sehen, erfahren Sie ab Seite 8.

Erhellende Lektüre wünscht

Ihre effzett-Redaktion

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, Dr. Jens Kube, Katja Lüers, Birgit Pfeiffer, Tobias Schlößer, Dr. Barbara Schunk, Brigitta Stahl-Busse, Ilse Trautwein, Dr. Janine van Ackeren, Angela Wenzik, Erhard Zeiss, Peter Zekert

Grafik und Layout: SeitenPlan GmbH, Corporate Publishing Dortmund

Bildnachweis: Forschungszentrum Jülich (6 o., 7 o.), Forschungszentrum Jülich/HHU Düsseldorf (5 u.), Forschungszentrum Jülich/Sascha Kreklau (Titel, 3 m. o., 7 u., 8-9, 11 o., 19, 20), Forschungszentrum Jülich/Ralf-Uwe Limbach (3 re., 16, 18 o., 23, 24 li., 28), Forschungszentrum Jülich/Wilhelm-Peter Schneider (24 m. und re.), A-R-T/Shutterstock (4), Arthimedes/Shutterstock (15 o. [Kleine Personen]), René Borowski (27), Designua/Shutterstock (18 u.), © Deutsches Klima-Konsortium, Klimafakten.de/Gestaltung: Climate Media Factory, (12-13 [Infografiken]), focal point/Shutterstock (6 u.), Kateryna Kon/Shutterstock (25), Lebendkulturen.de/Shutterstock (25), Tsvetkov Maxim/Shutterstock (25), molekool.be/Shutterstock (15 u.), neobests-

fierce/Shutterstock (25), Dr. Goran Pecanac/Forschungszentrum Jülich (2), photosync/Shutterstock (25 [Tonne]), Gisela Preuß (5 o.), SeitenPlan (3 li., 14-15 [Grafik], 17), Roman Sotola/Shutterstock (25), Triff/Shutterstock (21), Videologia/Shutterstock (25)

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

Druck: Schloemer Gruppe GmbH

Auflage: 6.000



BIOLOGIE

Ein Pilz macht die Pracht

Es glänzt wie Seide, kräuselt sich wie Zuckerwatte und ist doch nur Eis, genauer gesagt Haareis. Die filigrane Pracht sprießt an kalten Wintertagen aus abgestorbenen Ästen von Laubbäumen. Allerdings nur, wenn sich der Pilz *Exidiopsis effusa* im Holz eingemischt hat, wie Jülicher und Schweizer Forscher nachgewiesen haben. Der Pilz baut das Holz ab. Dabei gelangen die Holzbestandteile Lignin und Tannin in Wasser gelöst durch winzige Poren aus dem Ästen. Sie dienen dann als Kristallisationskeime bei der Eisbildung.

– INSTITUT FÜR BIO- UND GEOWISSENSCHAFTEN –

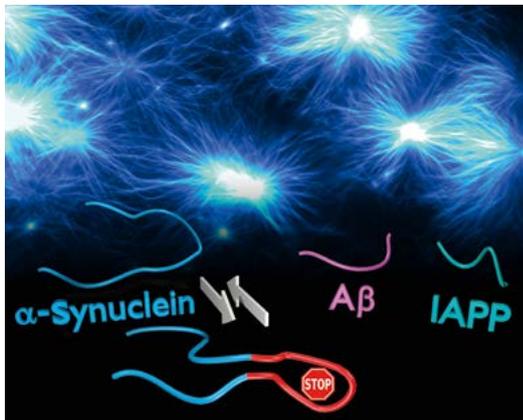


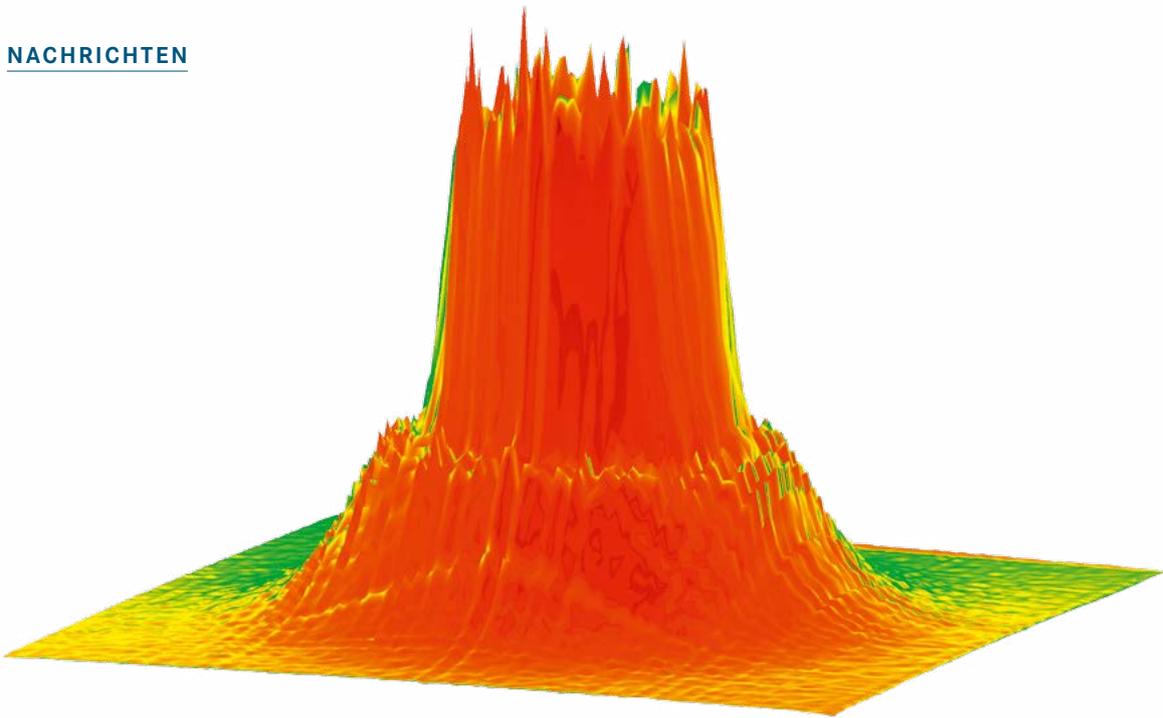
PARKINSON

Verbindung blockiert

Verklumpungen, sogenannte Aggregate, des Proteins α -Synuclein gelten als Auslöser der Parkinson-Erkrankung im Gehirn. Ein gezielter Eingriff in die molekulare Struktur dieses Proteins hemmt die Bildung solcher Aggregate. Das haben Jülicher und Düsseldorfer Wissenschaftler beobachtet. Sie hatten zwei Segmente des Proteins so blockiert, dass diese keine Bindungen mit weiteren Proteinen eingehen konnten. Von ihren Erkenntnissen erhoffen sich die Forscher neue Ansätze für Therapien – nicht nur für Parkinson, sondern auch für Alzheimer und Diabetes Typ II.

– INSTITUTE OF COMPLEX SYSTEMS –





Kolloide leicht gemacht

Kolloide sind winzige Teilchen oder Tröpfchen, aufgebaut aus Eiweiß- oder Kunststoffmolekülen. Sie kommen in Zellen vor und werden in Kosmetika und Dispersionsfarben genutzt, um etwa deren Fließeigenschaften zu bestimmen. Jülicher Forscher haben in einem internationalen Team ein Modellsystem erarbeitet, mit dem sie die Fließeigenschaften von sogenannten weichen Kolloiden anhand der atomaren Strukturen dieser Teilchen vorhersagen können. Damit lassen sich Kolloide für verschiedene Anwendungen maßgeschneidert entwickeln.

- JÜLICH CENTRE FOR NEUTRON SCIENCE -

OBERFLÄCHENPHYSIK

Benzol kennt keinen Unterschied

Nicht nur im Sport ist Gold das Maß der Dinge. Auch an den Rohstoffbörsen ist es mehr wert als die beiden anderen Münzmetalle Silber und Kupfer. Organische Moleküle machen da anscheinend keinen Unterschied. Forscher aus Berlin, Heidelberg und Jülich haben festgestellt, dass der Kohlenwasserstoff Benzol an alle drei Metalle trotz ihrer unterschiedlichen elektronischen Eigenschaften exakt gleich stark bindet. Die Wissenschaftler vermuten, dass sich hinter dem Phänomen eine noch nicht bekannte Gesetzmäßigkeit verbirgt.

- PETER GRÜNBERG INSTITUT -



NANOFORSCHUNG

Präziser Blick auf die Ladung

Elektrische Felder geben Aufschluss über die Verteilung von Ladungen in Atomen und Molekülen. Jülicher Physiker um Dr. Christian Wagner (Bild unten) haben ein ultrahochauflösendes 3-D-Mikroskopieverfahren entwickelt, das solche Felder in bisher unerreichter Präzision abbildet: die Raster-Quantenpunkt-Mikroskopie. Dafür nutzen die Forscher ein Rasterkraftmikroskop, das sie um einen Sensor ergänzten, der aus einem einzelnen Molekül besteht. Mit dem Verfahren lassen sich Nanostrukturen wie etwa Halbleitermaterialien oder Biomoleküle untersuchen.

- PETER GRÜNBERG INSTITUT -



1.000

Meter ...

... in der Sekunde – oder anders ausgedrückt: dreifache Schallgeschwindigkeit – erreicht eine rotierende Scheibe in einem neuen Filter, den das Forschungszentrum Jülich für den Berliner Elektronenspeicherring BESSY II mitentwickelt und -gebaut hat. Die Scheibe filtert einzelne Röntgenpulse. Der Elektronenstrahl von BESSY II erzeugt 400 dieser Pulse pro Umlauf in dem Speicherring. Für spezielle Experimente, insbesondere in der Materialforschung, benötigen Wissenschaftler jedoch nur einzelne Pulse. Bislang musste dafür der Betrieb des Speicherrings für andere Nutzer eingeschränkt werden. Mit dem neuen Röntgenfilter ist das nicht mehr notwendig.

- ZENTRALINSTITUT FÜR ENGINEERING,
ELEKTRONIK UND ANALYTIK -

SCHWERGEWICHTE ANGEKOMMEN

Die ersten Dipolmagnete für den Hochenergie-Speicherring HESR sind in Jülich eingetroffen. Bis 2018 werden 44 der jeweils rund 34 Tonnen schweren Exemplare erwartet. HESR, der unter Jülicher Federführung am Darmstädter Beschleunigerkomplex FAIR gebaut wird, soll neuartige Experimente mit Antiprotonen oder anderen geladenen Teilchen ermöglichen.

EINLADUNG ZUM FORSCHEN

Zusammen mit fünf weiteren Helmholtz-Zentren baut das Forschungszentrum Jülich eine neue Labor-Plattform auf, die Helmholtz Energy Materials Foundry (HEMF). Es entstehen für 46 Millionen Euro einander ergänzende Labore, in denen Forscher aus dem In- und Ausland Materialien für die Energiewandlung und -speicherung entwickeln können.

STARTHILFE FÜR GRÜNDER

Die Jülicher Forscher Vitali Weißbecker und Andreas Schulze Lohoff haben beim Gründungswettbewerb AC² den ersten Preis gewonnen. Sie wollen ihre Erfindung, die das Gewicht von Brennstoffzellen um 70 Prozent reduziert, mithilfe eines eigenen Unternehmens vermarkten. Die 10.000 Euro Preisgeld sollen in die Firmengründung einfließen.

Kleine Lichtblicke



Alle paar Jahre wieder liegt das geballte Wissen zum Klimawandel auf dem Tisch. Doch was haben die bislang fünf Berichte des Weltklimarats gebracht? Scheinbar nicht viel. Im November steht in Paris der 21. Weltklimagipfel an. Er könnte enden wie die meisten seiner 20 Vorgänger – ohne einschneidende Maßnahmen zum Klimaschutz. Machen die Berichte trotzdem einen Sinn? Unbedingt, sagen Jülicher Klimaforscher.



Der Befund ist unstrittig: Gletscher schmelzen, Permafrostböden tauen, der Meeresspiegel steigt. Das Fazit des Weltklimarats IPCC: Das Klima ändert sich. „Es ist praktisch sicher, dass sich die Troposphäre seit Mitte des 20. Jahrhunderts global erwärmt hat“, heißt es im letzten IPCC-Bericht von 2013/2014. Doch erstmals gingen die Forscher einen Schritt weiter. Aus ihrer Sicht lassen die Fakten keinen anderen Schluss zu, als dass die ungewöhnlich schnelle Erwärmung seit Beginn des 20. Jahrhunderts kein „Ausrutscher“ des Klimas ist. Hauptursache ist „extrem wahrscheinlich“ der Mensch.

„Der Bericht fasst die Ergebnisse der weltweiten Klimaforschung zusammen. Die letzte Ausgabe ist die umfassendste Sammlung, die wir je hatten“, sagt Klimaforscher Prof. Andreas Wahner. „Im Vergleich zum vierten Bericht aus dem Jahr 2007 beruhen die Ergebnisse auf mehr als doppelt so vielen Klimamodellen und einer viel größeren Zahl von Simulationen.“ Wahner ist Experte für den unteren Bereich der Atmosphäre, der direkt an die Erdoberfläche grenzt, für die Troposphäre. Er arbeitet seit 1988 im Forschungszentrum, im gleichen Jahr wurde der Weltklimarat gegründet, zwei Jahre später erschien der erste IPCC-Bericht. „In den 80er Jahren wurden Klimaänderungen deutlicher, die Politiker benötigten eine objektive Informationsquelle über ihre Ursachen und potenzielle Folgen“, blickt Wahner zurück.

„Die Berichte tragen den Stand des Wissens zusammen und liefern damit die Grundlagen für politisches Handeln“, sagt Wahners Kollege Prof. Martin Riese – Klimaforscher für das nächsthöhere Stockwerk der Atmosphäre, die Stratosphäre. „Sie zeigen Handlungsoptionen und mögliche Konsequenzen daraus, entscheiden muss aber die Politik“, betont Riese. Dass die internationale Staatengemeinschaft aufgrund von Forschungsergebnissen durchaus rasch handeln kann, zeigt ein prominentes Beispiel: das Ozonloch. Vor allem in der Atmosphäre über der Antarktis stellten Forscher seit Mitte

der 1980er Jahre eine starke Ausdünnung der Ozonschicht fest. Verantwortlich waren Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW). Seit 1987 dämmen das Montrealer Protokoll und seine Folgeprotokolle den Gebrauch von FCKW fast vollständig ein. Neue Daten und Simulationen – unter anderem aus dem Institut von Martin Riese – belegen einen rückläufigen Trend der Ozonzerstörung in bestimmten Atmosphärenschichten, auch wenn das Ozonloch bislang unverändert bestehen bleibt.



WENIGER FCKW – WENIGER TREIBHAUS

„Ohne das Montreal-Protokoll und seine Verschärfung hätten wir heute eine starke Ausdünnung der Ozonschicht, von den Tropen bis in die Polargebiete“, sagt Riese. „Außerdem hat die Eindämmung der FCKW den vom Menschen bedingten Treibhauseffekt deutlich gemindert.“ Er und sein Team sind als Autoren und Gutachter am Bericht zur Situation der Ozonschicht beteiligt, den die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) alle vier Jahre veröffentlichen. „Allerdings waren die FCKW ein vergleichsweise einfaches Problem für die Politik“, ergänzt Riese. „Hier ging es nur um eine Stoffgruppe, und letztlich waren nur wenige Konzerne von dem Verbot betroffen.“ Bei Kohlendioxid ist das Problem ungleich komplexer. Hier waren lange Zeit in erster Linie die Industrieländer in der Verantwortung – vom Großkonzern bis zum einzelnen Verbraucher. Inzwischen hat sich das Bild gewandelt: Schwellenländer wie China und Indien gehören mittlerweile neben den USA zu den großen Verursachern von CO₂-Emissionen. Und: Um die globale Erwärmung zu begrenzen, muss der Ausstoß aller Treibhausgase global erheblich gemindert werden. „Dazu zählt nicht nur CO₂. Andere Treibhausgase wie Methan oder Distickstoffoxid tragen ebenfalls dazu bei“, so Andreas Wahner.

Alle Nationen zu verpflichten, ihre Emissionen durch Gesetze zu reduzieren, scheint fast unmöglich. Daher sind schon die „kleinen“ Erfolge der Klimaberichte Lichtblicke: Ohne die Erkenntnisse des ersten IPCC-Berichts von 1990 hätte es etwa die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen in Rio 1992 nicht gegeben. Sie ist ein Abkommen, in dem sich alle Partner unter anderem verpflichten, regelmäßig Fakten zur aktuellen Treibhausgasemission zu veröffentlichen. Der Nachfolgebericht von 1995 lieferte die wissenschaftlichen Grundlagen für die Verhandlungen zum Kyoto-Protokoll von 1997. Es legt verbindliche Werte für den Ausstoß von Treibhausgasen in Industrieländern fest und trat 2005 in Kraft. Auch der Emissionsrechtshandel in der Europäischen Union gründet darauf.

„Bewusstseinsbildung“ sei ein weiteres Ziel der Berichte, sagt Wahner. Nur so würden politische Entscheidungen, die über mehrere Regierungsperioden getragen werden müssen, auch

allgemein akzeptiert. Beispielsweise das Klimaziel in Deutschland, den Ausstoß an Treibhausgasen bis 2020 gegenüber 1990 um 40 Prozent zu reduzieren.

Der Bericht ist aber auch wichtig für die Forschung selbst. „Er zeigt, wo wir stehen, wo noch Lücken sind – und wo wir uns korrigieren müssen“, sagt Prof. Astrid Kiendler-Scharr, Expertin für Aerosole. Das sind kleine Partikel in der Luft, die eine wichtige Rolle für die Chemie der Atmosphäre und das Klimasystem spielen. Der Einfluss von Wolken und eben dieser Aerosole ist eine Lücke, die gerade geschlossen wird. „Immer noch sind beide Aspekte große Unbekannte in Klimamodellen“, betont Kiendler-Scharr. So sind die Bildung von Aerosolen und ihre Rolle im Klimageschehen komplexe Fragen. „Mit meinem Team arbeite ich daran, die Details dazu besser zu verstehen. Das ist eine Voraussetzung, um etwa besser einzuschätzen, wie sich steigende Temperaturen auf diesen Prozess auswirken“, sagt die Forscherin. Aus ihrer Sicht sind weltweit Feldbeobachtungen und Laborexperimente gefragt, um Grundlagen für verbesserte Modelle zu schaffen.

Für die Selbstreinigungskraft der Atmosphäre gibt es bereits neue Grundlagen für verbesserte Modelle: Messkampagnen von Wahner und Kiendler-Scharr mit dem Zeppelin NT haben in den vergangenen Jahren neue Daten geliefert. Sie zeigen, dass die bisherigen Vorstellungen korrigiert werden müssen – und damit auch die Modelle.



PROGNOSEN WERDEN IMMER PRÄZISER

„Es ist entscheidend, dass wir die naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimas und des Klimawandels verstehen. Dadurch werden unsere Simulationen immer besser – und unsere Prognosen immer präziser“, ist Kiendler-Scharr überzeugt. Prognosen, die unter anderem zeigen, was passieren könnte, wenn die Menschheit ungehindert weitermacht wie bisher. Sie zeigen aber auch, dass es möglich ist, die globale Erwärmung gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter unterhalb von 2 Grad Celsius zu begrenzen. Ein ambitioniertes Ziel, das nur durch radikale Minderung der Treibhausgase erreicht werden kann – aber auch ein Hoffnungsschimmer. Wie weit es gelungen ist, das Bewusstsein der Politik für die drohenden Gefahren des Klimawandels zu schärfen, wird der Weltklimagipfel Ende November in Paris mit seinen Entscheidungen zeigen. Doch was die Politik auch entscheidet, die Forschung muss weitergehen. „Noch haben wir längst nicht alle Prozesse im Klimasystem verstanden. Der IPCC-Bericht zeigt der Wissenschaft, wohin wir die Forschung steuern müssen“, sagt Andreas Wahner.



↑ Prof. Astrid Kiendler-Scharr, Direktorin des Instituts für Energie- und Klimaforschung, Bereich Troposphäre (IEK-8)

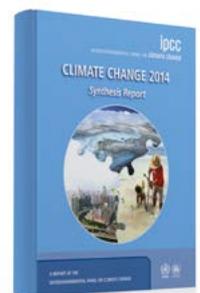
↑ Prof. Martin Riese, Direktor des Instituts für Energie- und Klimaforschung, Bereich Stratosphäre (IEK-7)

↑ Prof. Andreas Wahner, Direktor des Instituts für Energie- und Klimaforschung, Bereich Troposphäre (IEK-8)

Forschen – Erkennen – Handeln!

Jülicher Forscher mischen seit Beginn beim großen IPCC-Berichtsmarathon mit. Sie sind Gutachter oder Autoren und sie liefern harte Daten und Fakten. Mehr als 220 wissenschaftliche Publikationen aus den Bereichen Atmosphäre, Geo- und Pflanzenforschung wurden zum Beispiel alleine 2014 aus den Jülicher Labors heraus veröffentlicht. Jede für sich betrachtet ist ein Erfolg. Denn mit jeder Publikation erfahren andere Wissenschaftler weltweit etwas Neues. Oft handelt es sich um ein Puzzlestück im Klimageschehen, manchmal ist ein großer Wurf dabei, der dann in „Science“ oder „Nature“ landet. Und eben auch in den Berichten des Weltklimarats.

Forschen und Erkennen sind die eine Seite der Medaille. Die andere ist das Handeln. So sehen sich Jülicher Wissenschaftler in der Pflicht, direkt mit Politikern und Verantwortlichen zu reden, sie zu informieren und sie so zum Handeln zu bringen. Dies geschieht in den Labors und während der Messkampagnen des Forschungszentrums sowie in direkten Gesprächen in Deutschland und auch weltweit. Konkret führt das dann zum Beispiel dazu, dass in Bad Homburg endlich Busse fahren, die weniger Feinstaub und Stickoxide auspusten. In China konnte an einigen Industriestandorten die Belastung durch Luftschadstoffe mit Jülicher Messmethoden und intensiver Beratung der lokalen Akteure durch ein Jülicher Forscherteam deutlich vermindert werden. „Die größte Wirkung erzielt unsere Forschung, wenn wir Lösungen anbieten und diese dann sofort umgesetzt werden“, betont Prof. Andreas Wahner. Die Forscher sind sich jedoch einig, dass es in komplexen Gefügen wie der Atmosphäre und der Politik meist nicht eine Lösung für alle Bedingungen gibt. „Neben den Emissionen spielen für die Politik ja auch wirtschaftliche Komponenten eine Rolle“, gibt Prof. Astrid Kiendler-Scharr zu bedenken. Umso mehr freut sie sich, wenn sie auf Politiker und Journalisten trifft, die es aushalten, wenn ein wissenschaftlicher Zusammenhang nicht in zwei Sätzen zu erklären ist.

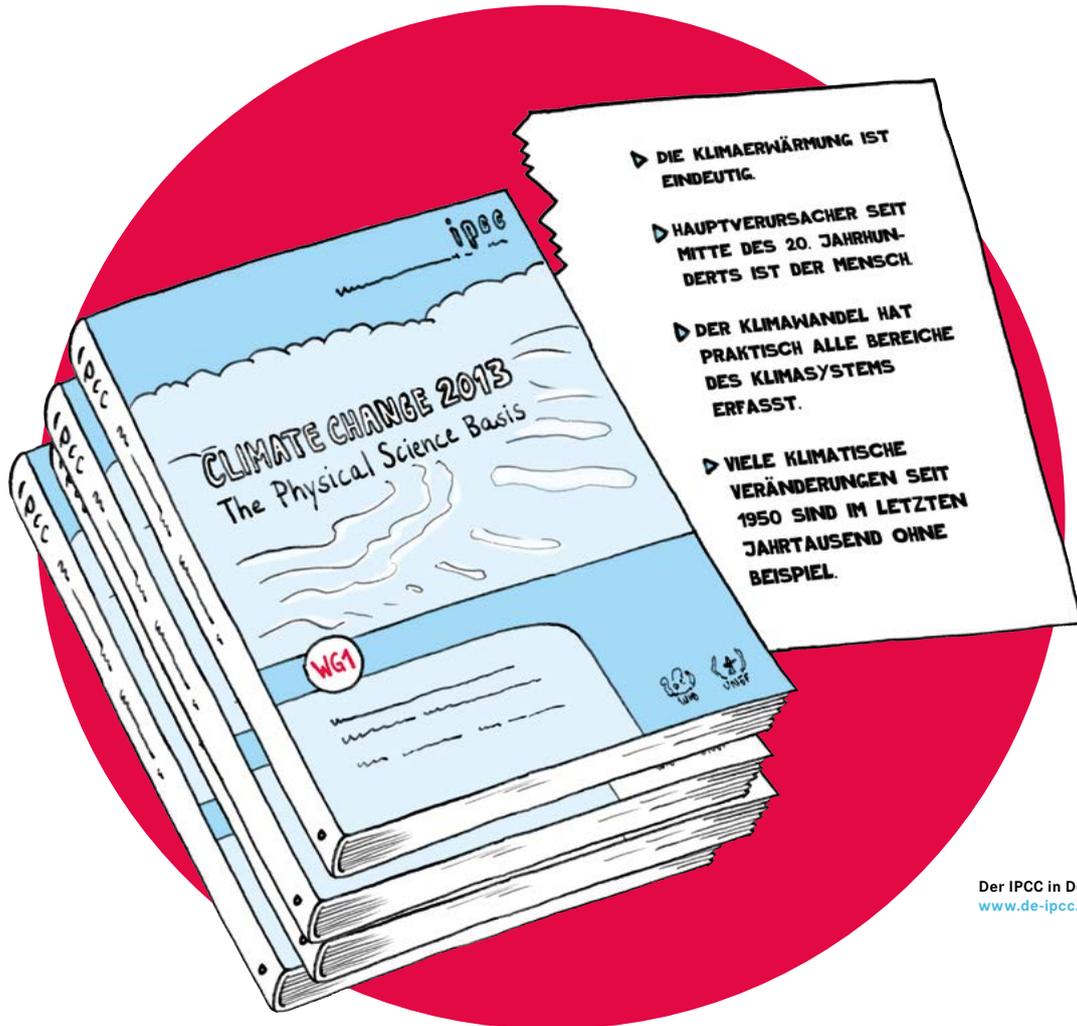


168

Seiten stark ist der
5. Weltklimabericht von
2013/2014.

Der aktuelle Bericht zum Weltklima

Was drinsteht und wer ihn schreibt

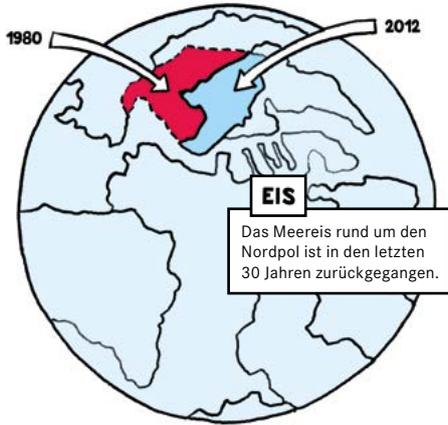


Der IPCC in Deutschland:
www.de-ipcc.de

Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) riefen 1988 den Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen oder „Intergovernmental Panel on Climate Change“ (IPCC) ins Leben. Hunderte von Wissenschaftlern aus der ganzen Welt haben seither als Autoren und Gutachter an fünf Sachstandsberichten mitgewirkt - die beiden Jülicher Forscher Dr. Martina Krämer und Dr. Rolf Müller beispielsweise am aktuellen Bericht aus den Jahren 2013 und 2014.

Gegenwärtig sind 195 Länder Mitglieder des IPCC. Wissenschaftler und Vorstände arbeiten ehrenamtlich; ansonsten

finanzieren hauptsächlich die Industrieländer den IPCC. In seinem Auftrag tragen Fachleute aus aller Welt das naturwissenschaftliche, technische und sozioökonomische Wissen über das Klima zusammen. Beim jüngsten IPCC-Sachstandsbericht waren es 830 Leitautorinnen und -autoren. Aus Deutschland waren 40 Forscher beteiligt. Der Bericht gliedert sich in drei Teile: Der erste Teil behandelt die naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels. Der zweite Teil beschäftigt sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosysteme, Wirtschaft und Gesundheit, während der dritte Teil politische und technologische Maßnahmen aufzeigt, die den Klimawandel mindern können.

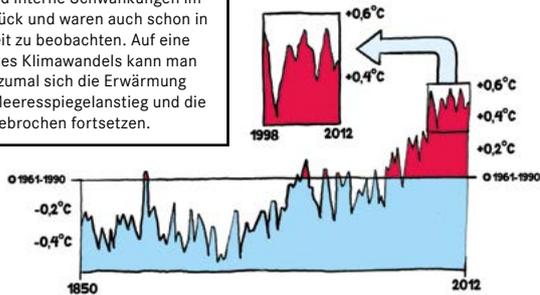


EIS

Das Meereis rund um den Nordpol ist in den letzten 30 Jahren zurückgegangen.

TEMPERATUR

In den vergangenen 15 Jahren verharrt die Oberflächentemperatur auf hohem Niveau. Solch kurzfristige Phänomene gehen vor allem auf natürliche und interne Schwankungen im Klimasystem zurück und waren auch schon in der Vergangenheit zu beobachten. Auf eine Abschwächung des Klimawandels kann man nicht schließen, zumal sich die Erwärmung der Meere, der Meeresspiegelanstieg und die Eisschmelze ungebrochen fortsetzen.



In Nordamerika und Europa sind Starkregeneignisse häufiger und intensiver geworden.

NIEDERSCHLAG

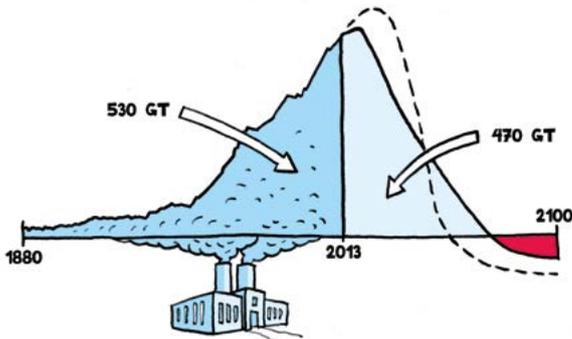
Zwischen 1951 und 2010 stieg die Niederschlagsmenge in den mittleren Breiten der Nordhalbkugel. Mit zunehmender Erwärmung wird sich der Unterschied zwischen feuchten und trockenen Regionen verstärken.



Die Zahl der heißen Tage und Nächte ist im globalen Maßstab angestiegen.

MEERESSPIEGEL

Von 1901 bis 2010 ist der mittlere globale Meeresspiegel um 19 cm gestiegen. Grund ist die Ausdehnung des erwärmten Ozeanwassers und das Tauen von Gletschern und Eisschilden. Während des 21. Jahrhunderts wird der Meeresspiegel je nach Zunahme der Treibhausgaskonzentrationen um etwa 20 bis 80 cm zusätzlich steigen. Als fast sicher gilt, dass sich der Meeresspiegel auch nach 2100 weiter erhöhen wird.

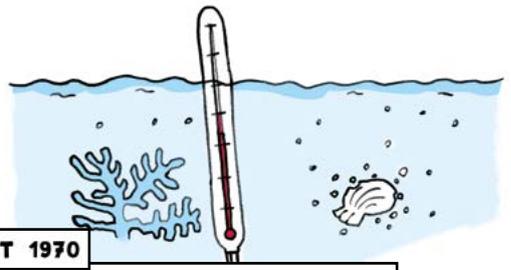


1000 GIGATONNEN

Erstmals ist das international anerkannte Zwei-Grad-Limit mit einem konkreten Grenzwert für Treibhausgas-Emissionen verbunden: Um mit 66-prozentiger Wahrscheinlichkeit unter dem Zwei-Grad-Limit zu bleiben, dürfen die Treibhausgas-Emissionen insgesamt das Äquivalent von ungefähr 1.000 Gigatonnen Kohlenstoff nicht übersteigen. Bislang wurde durch menschliche Aktivitäten bereits etwas mehr als die Hälfte davon freigesetzt.



HEUTIGER MEERESSPIEGEL

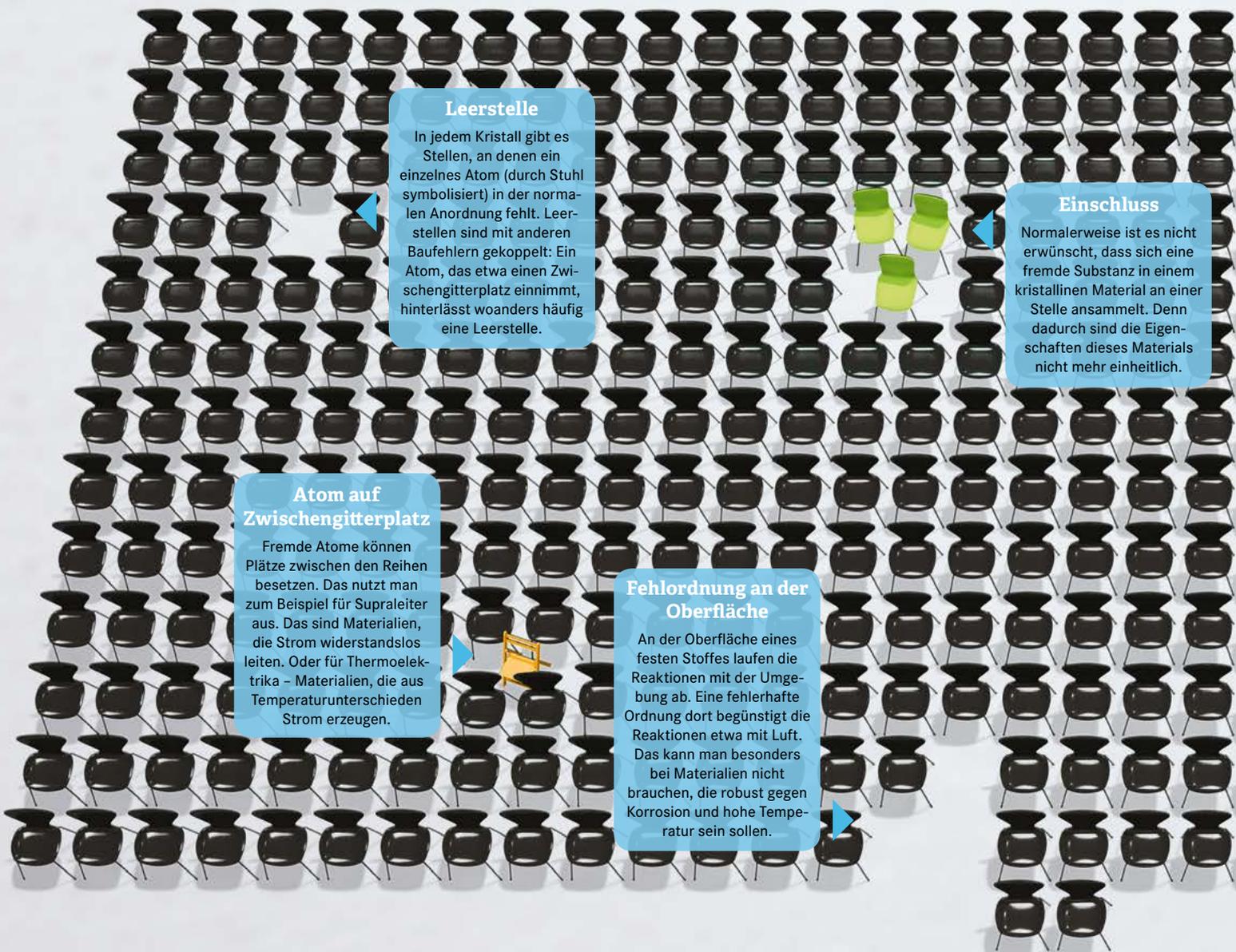


+0,3°C SEIT 1970

Die Weltmeere haben sich seit etwa 1970 deutlich erwärmt. Sie haben mehr als 90 Prozent der Energie aufgenommen, die in den letzten Jahrzehnten durch den zusätzlichen Treibhauseffekt im Erdsystem verblieb. Die Meere nehmen außerdem einen großen Teil der vom Menschen verursachten CO₂-Emissionen auf. Infolgedessen ist das Wasser der Ozeane sauer geworden.

Etwa 30-seitige Zusammenfassungen der Teilberichte bieten Politikern Grundlagen für wissenschaftsbasierte Entscheidungen. Diese Zusammenfassungen werden in mehrtägigen Verhandlungen Satz für Satz von Regierungsvertretern und Wissenschaftlern verabschiedet. Die Aussagen darin müssen vollständig und verständlich sein. Die Wissenschaftler haben das Recht, Formulierungen zu verbieten, wenn sie nicht dem Bericht entsprechen. Abschließend müssen die Regierungsvertreter der Zusammenfassung und dem Gesamtbericht zustimmen. Damit erkennen sie die wissenschaftlichen Aussagen der IPCC-Sachstandsberichte an.

Alles in bester (Un-)Ordnung



Leerstelle

In jedem Kristall gibt es Stellen, an denen ein einzelnes Atom (durch Stuhl symbolisiert) in der normalen Anordnung fehlt. Leerstellen sind mit anderen Baufehlern gekoppelt: Ein Atom, das etwa einen Zwischengitterplatz einnimmt, hinterlässt woanders häufig eine Leerstelle.

Einschluss

Normalerweise ist es nicht erwünscht, dass sich eine fremde Substanz in einem kristallinen Material an einer Stelle ansammelt. Denn dadurch sind die Eigenschaften dieses Materials nicht mehr einheitlich.

Atom auf Zwischengitterplatz

Fremde Atome können Plätze zwischen den Reihen besetzen. Das nutzt man zum Beispiel für Supraleiter aus. Das sind Materialien, die Strom widerstandslos leiten. Oder für Thermoelktrika – Materialien, die aus Temperaturunterschieden Strom erzeugen.

Fehlordnung an der Oberfläche

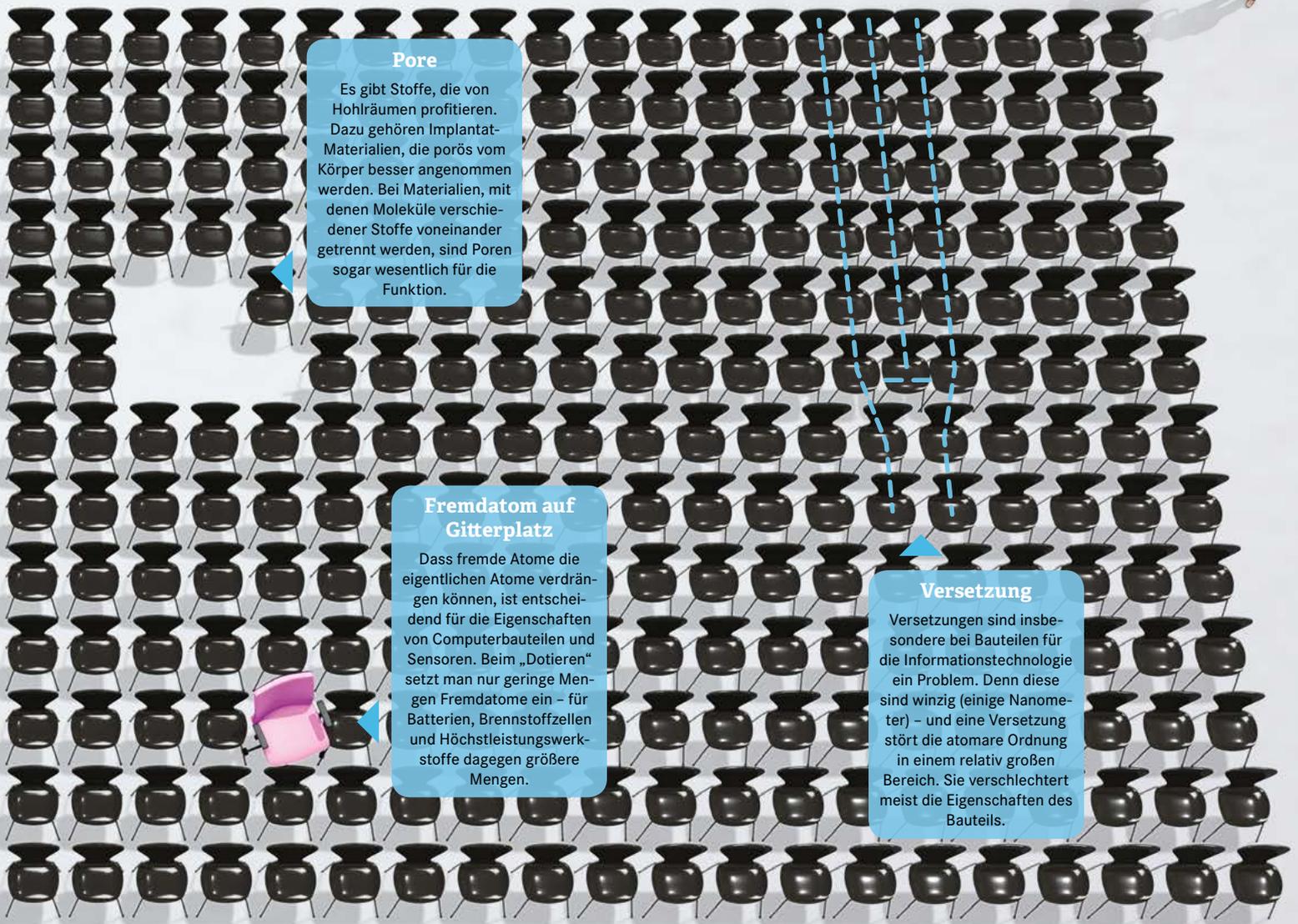
An der Oberfläche eines festen Stoffes laufen die Reaktionen mit der Umgebung ab. Eine fehlerhafte Ordnung dort begünstigt die Reaktionen etwa mit Luft. Das kann man besonders bei Materialien nicht brauchen, die robust gegen Korrosion und hohe Temperatur sein sollen.

Wo Jülicher Forscher mit Baufehlern arbeiten

Dass die Atome in kristallinen Feststoffen „fehlgeordnet“ sind, ist für die Arbeit vieler Jülicher Forscher bedeutsam:

- Im Peter Grünberg Institut geht es um Materialien für die Informationstechnologie der Zukunft.
- Im Institut für Energie- und Klimaforschung beschäftigen sich Wissenschaftler mit Feststoffen für Batterien, Brennstoffzellen, Solarzellen und Kraftwerke.
- Forschergruppen des Institute of Advanced Simulation erkunden und entwerfen Materialien mithilfe von Computersimulationen.

Gibt es kristalline Materialien, in denen absolut regelmäßig jedes Atom am richtigen Platz sitzt? Nein, aus einem Naturgesetz folgt: Leerstellen lassen sich nicht vermeiden. Doch oft wollen Materialforscher Leerstellen und andere Baufehler auch gar nicht unterdrücken – im Gegenteil. Sie bauen die Fehler zum Beispiel extra ein, um die elektronischen und magnetischen Eigenschaften von Materialien für die Informationstechnologie maßzuschneidern. Oder um die Beweglichkeit von geladenen Teilchen im Feststoff zu erhöhen – wichtig etwa für leistungsstärkere Batterien und andere Energietechnologien.



Pore

Es gibt Stoffe, die von Hohlräumen profitieren. Dazu gehören Implantat-Materialien, die porös vom Körper besser angenommen werden. Bei Materialien, mit denen Moleküle verschiedener Stoffe voneinander getrennt werden, sind Poren sogar wesentlich für die Funktion.

Fremdatom auf Gitterplatz

Dass fremde Atome die eigentlichen Atome verdrängen können, ist entscheidend für die Eigenschaften von Computerbauteilen und Sensoren. Beim „Dotieren“ setzt man nur geringe Mengen Fremdatome ein – für Batterien, Brennstoffzellen und Höchstleistungswerkstoffe dagegen größere Mengen.

Versetzung

Versetzungen sind insbesondere bei Bauteilen für die Informationstechnologie ein Problem. Denn diese sind winzig (einige Nanometer) – und eine Versetzung stört die atomare Ordnung in einem relativ großen Bereich. Sie verschlechtert meist die Eigenschaften des Bauteils.



KRISTALLGITTER

Schneidet man einen kristallinen festen Stoff in der Mitte durch und blickt mit speziellen Mikroskopen darauf, so erblickt man Atome – aufgereiht wie die Stühle in einer Aula. Allerdings gibt es einen Unterschied: Die Stühle sind auf einer Fläche – dem Boden – angeordnet, darüber oder darunter gibt es keine. Die Atome, die man auf der Schnittfläche des Kristalls erkennt, sind dagegen nur die obersten Exemplare eines Stapels von Atomen. Denn der Kristall ist schließlich ein dreidimensionales – räumliches – Objekt.

Stoßverkehr im Gehirn



↑ Prof. Markus Diesmann, Direktor des Institute of Neuroscience and Medicine (INM-6) und Institute for Advanced Simulation (IAS-6)



↑ Prof. Moritz Helias, Leiter der Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Theorie von mehrskaligen neuronalen Netzwerken“ im INM-6 und IAS-6



↑ Dr. Sacha van Albada, wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Arbeitsgruppe von Prof. Diesmann

Was haben der Verkehrsfluss auf Autobahnen und unser Gehirn gemeinsam? Mehr als man denkt, meinen Jülicher Hirnforscher.

In unserem Kopf geht es zu wie auf einer Autobahn: Informationen rauschen über zahlreiche Verbindungen zwischen den Nervenzellen hin und her. Um den Verkehr auf der Straße zu erfassen, setzen Städte und Gemeinden gerne sogenannte Verkehrszähler ein. So etwas bräuchten auch Gehirnforscher wie der Jülicher Neurowissenschaftler und Physiker Prof. Markus Diesmann. Gibt es jedoch nicht. „Wir kennen das Straßennetz im Gehirn immer besser, wissen aber noch nicht ganz genau, wie der Verkehr an jeder einzelnen Stelle rollt, also die Informationen fließen“, sagt Diesmann.

RECHNER GEHEN IN DIE KNIE

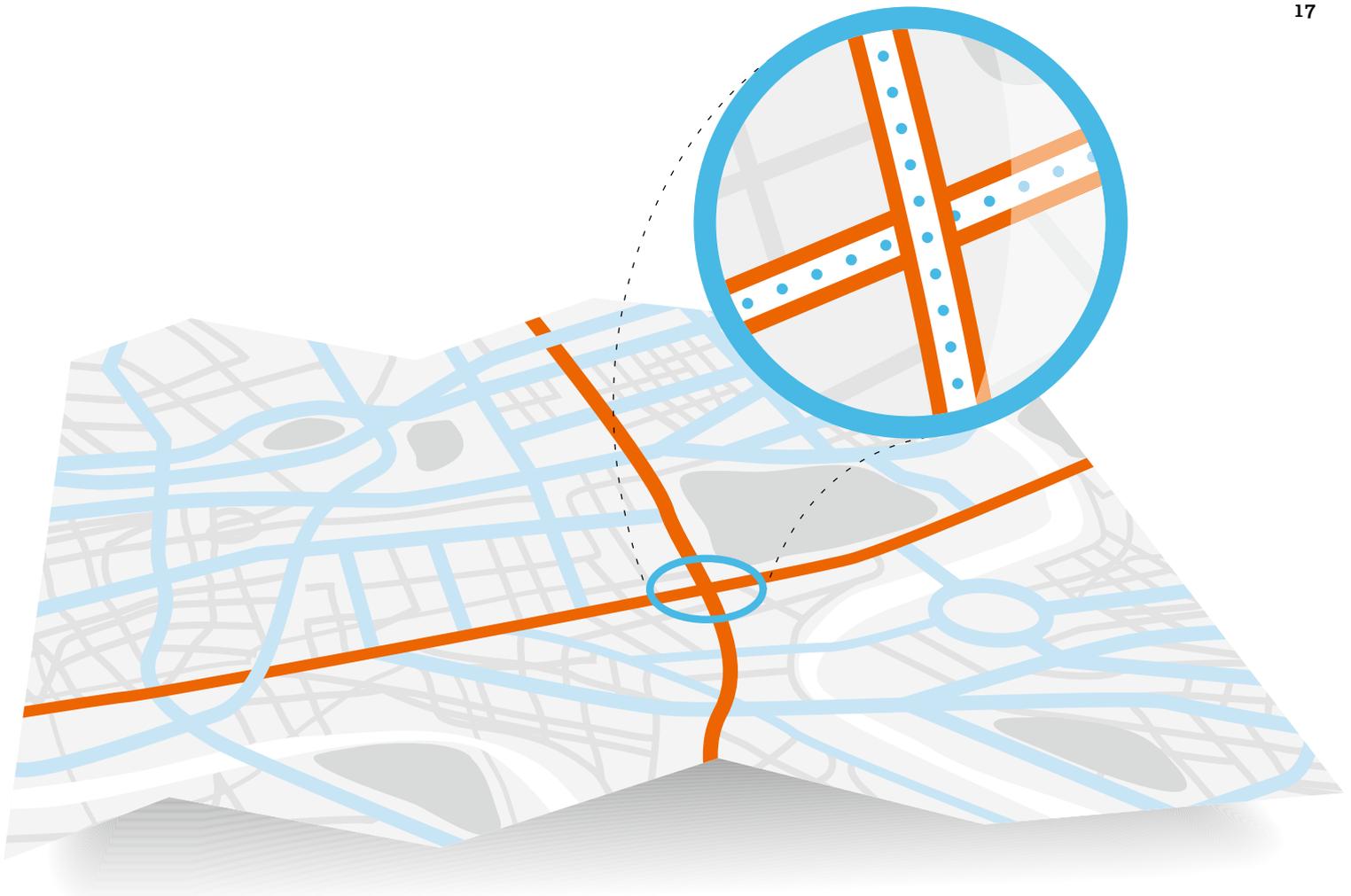
Also versuchen sich die Wissenschaftler mit Computersimulationen zu behelfen, um das Treiben in unserem Hirn besser zu verstehen. Doch es gibt einen Haken: Das Netzwerk in unserem Kopf ist unglaublich komplex. Rund 100 Milliarden Nervenzellen sorgen im Gehirn dafür, dass wir denken, Bücher lesen, joggen, über Witze lachen können und vieles mehr. Jede Nervenzelle besitzt etwa 10.000 Kontaktstellen, sogenannte Synapsen. Über diese leiten sie Informationen als elektrische Impulse an andere Nervenzellen weiter. „Doch beim Versuch, so ein gigantisches Netzwerk zu simulieren, gehen selbst die leistungsstärksten Rechner der Welt in die Knie“, sagt Diesmann. Nur etwa ein Prozent der Hirnaktivitäten lässt sich derzeit tatsächlich simulieren.

Was machen Forscher, um dennoch Rückschlüsse aufs gesamte Gehirn zu ziehen? Sie arbeiten mit vereinfachten Netzwerken, von denen sie dann auf das große Ganze schließen. Im Autobahnbild: Sie verringern die Zahl der Straßen und Kreuzungen, die sie betrachten.

Für eine Kreuzung beziehungsweise eine Nervenzelle funktioniert das gut. Doch die Nervenzellen arbeiten zusammen und zwar unterschiedlich intensiv. „Schon das Zusammenspiel zweier Neuronen, Korrelation genannt, zeigt uns im Modell Grenzen auf“, erklärt Dr. Sacha van Albada, Wissenschaftlerin im Team von Markus Diesmann. „Das heißt, wir können beispielsweise gut vorhersagen, dass es insgesamt viel Verkehr in Köln und weniger Verkehr in Frankfurt gibt. Wenn es aber darauf ankommt, festzustellen ob es Verkehr in Köln gibt, wenn es einige Zeit vorher Verkehr in Frankfurt gab, kann man dem reduzierten Modell nicht vertrauen.“

»Wir kennen das Straßennetz im Gehirn immer besser, wissen aber noch nicht ganz genau, wie der Verkehr an jeder einzelnen Stelle rollt.«

Dennoch haben verkleinerte Modelle ihre Berechtigung. „Die mathematische Theorie zeigt zwar die Begrenztheit heutiger Simulationen“, sagt der Physiker Prof. Moritz Helias. „Uns ist es aber nun gelungen, die entstandenen Simulationsabweichungen in einem gewissen Ausmaß



mathematisch auszugleichen.“ Ihre Ergebnisse haben die Forscher kürzlich im Fachmagazin „PLOS“ veröffentlicht. Zum Verständnis: Bei den komplexen Formeln, die die Aktivität der Neuronen wiedergeben, muss mit sogenannten Näherungen gerechnet werden. Näherungen lassen jedoch Unschärfe zu. Ob die errechnete Korrektur nun ganz exakt ist, kann wiederum nur eine Simulation des kompletten Gehirns am Computer zeigen. Diese ist allerdings heute noch Zukunftsvision.

Damit die Vision Realität wird, arbeiten Prof. Diesmann und sein Team zweigleisig. Zum einen entwickeln sie seit vielen Jahren zusammen mit Hirnforschern in aller Welt die Simulationssoftware namens NEST (s. Kasten). Zum anderen arbeiten sie mit Jülicher Kollegen an einem Exascale-Rechner, der 100-mal leistungsfähiger sein soll als heutige Höchstleistungscomputer.

SIMULATION WEITERENTWICKELN

Das ist eines der Ziele des Human Brain Projects, einem Hirnforschungsprogramm, an dem die Jülicher zusammen mit über 80 wissenschaftli-

chen Einrichtungen aus ganz Europa arbeiten. 2022 soll der Exascale-Rechner ans Netz gehen. Auch für die Arbeitsgruppe von Markus Diesmann und für sein Team ist dieses Datum ein wichtiger Termin im Kalender: „Wir müssen bis dahin unsere Simulationsmethoden so weiterentwickeln, dass sie auf den Superrechnern der nächsten Generation laufen“, sagt Diesmann. Das Fernziel: den Verkehr auf den kompliziertesten Datenautobahnen der Welt möglichst präzise zu berechnen.

ILSE TRAUTWEIN

100.000

Nervenzellen befinden sich beim Menschen in einem Kubikmillimeter Gehirn – 100 Milliarden im gesamten Organ.

NEST – The Neural Simulation Technology Initiative

NEST ist eine Initiative von Softwareentwicklern, die seit über 20 Jahren eine Hirnsimulationssoftware weiterentwickeln. Die Software ist im Internet unter www.nest-initiative.org frei verfügbar. Interessierte sind eingeladen, die Software zu optimieren. Seit 2012 ist die NEST-Initiative ein gemeinnütziger Verein mit Sitz in der Schweiz.

Heimwerker im fremden Haus

Viren gelten nicht als Lebewesen. „Schlau“ sind sie dennoch: Bieten Bakterien ihnen als Wirt nicht das, was sie für die eigene Vermehrung brauchen, stellen die Viren die benötigten Bestandteile selbst her. Entsprechende Baupläne haben sie stets dabei.



↑ Prof. Julia Frunzke leitet die Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Population heterogeneity in industrial microorganisms“ am Jülicher Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-1). Zugleich ist sie Juniorprofessorin an der Universität Düsseldorf.

Stellen sie sich vor, jemand dringt unbemerkt in ihr Haus, baut es nach seinen Wünschen um, und wenn sein Nachwuchs groß genug ist, werden zu guter Letzt alle Wände eingerissen. Klingt wie ein Albtraum? Für viele Bakterien ist dies bittere Realität – noch dazu eine, die sie das Leben kostet. Bakteriophagen heißen die Zeitgenossen, die genau das mit ihnen machen. Diese Viren verschmähen Mensch und Tier. Stattdessen missbrauchen sie Bakterien, um sich massenhaft in ihnen zu vermehren. Sind die neuen Viren fertig, lösen sie die Außenwand des Bakteriums auf: Zwischen 10 und 100 Viren strömen heraus, um sich neue Opfer zu suchen. Für das Bakterium bedeutet das typischerweise den sicheren Tod.

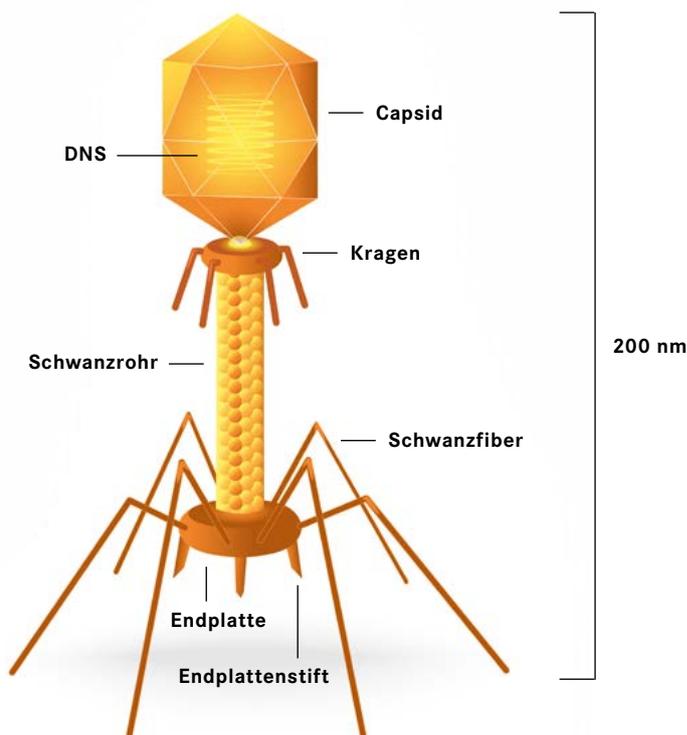
Die Bakteriophagen betätigen sich dabei als geschickte Heimwerker, wie Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich und der Ludwig-Maximilians-Universität München herausfanden: So bringen sie die nötige Information mit, um den Wirt nach ihren Bedürfnissen zu nutzen. Häufig setzen die Viren für ihre Vermehrung auf das Zytoskelett ihres Wirts: fadenförmige Zellstrukturen, die die Bakterien stabilisieren.

Das Zytoskelett verwenden die ungebetenen Gäste beispielsweise, um ihre DNA zu der Stelle zu transportieren, an der die neuen Viren zusammengebaut werden. Einige Bakterienarten haben jedoch kein Zytoskelett. So auch das *Corynebacterium glutamicum*, das die Wissenschaftler in Jülich und München für ihre Forschungen nutzen. Die Viren haben allerdings eine raffinierte Lösung für dieses Problem: „Sie stellen die filamentären Strukturen kurzerhand selbst her“, verrät die Jülicher Mikrobiologin und Juniorprofessorin Julia Frunzke.

BAUPLÄNE STETS PARAT

Den Bauplan für diese Strukturen haben die Bakteriophagen stets parat, er ist in ihrem Genom gespeichert. Die Art, in der Viren ihre Vervielfältigung über das Zytoskelett organisieren, ist schon sehr alt. „Es könnte sogar sein, dass Bakterien ihr eigenes Zytoskelett ursprünglich über Viren erworben haben. Wir können hier eine ganze Menge über die Evolution lernen“, ist sich Frunzke sicher. Noch sind allerdings viele Fragen offen: Daher wollen die Forscher gemeinsam mit den Münchner Kollegen um Prof. Marc Bramkamp nun weitere Phagen untersuchen. Beispielsweise wollen sie noch detaillierter verstehen, wie die DNA der Viren innerhalb der Bakterien transportiert wird.

Bakteriophage





Woran forschen Sie gerade, Herr Rack?

Dr. Michael Rack ist Jülicher Exzellenzpreisträger 2015 und Postdoc am Institut für Energie- und Klimaforschung, Bereich Plasmaphysik.

„Im Inneren der Sonne verschmelzen Atomkerne, das erzeugt Energie. In Fusionsreaktoren möchten wir diesen Prozess auf der Erde nachstellen. Das gelingt nur in einem sogenannten Plasma bei Temperaturen von über 100 Millionen Grad Celsius. Da kein Material dieser Hitze länger standhält, schließen wir das Plasma in einem Magnetfeld ein, das es von der Reaktorwand fernhält. Ich will verstehen, welche Prozesse zwischen Plasma, Magnetfeld und Wand stattfinden. Mein Ziel: die Lebensdauer der zukünftigen Reaktoren zu erhöhen.“



↑ Dipl.-Chem. Martin Sufke vom Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-9) und Prof. Stephan Appelt vom Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik (ZEA-2) (rechts) mit „Mjölneur“

Messen mit Thors Hammer

Es muss nicht immer größer und stärker sein. Kompakt, mobil und mit erstaunlich kleinen Magnetfeldern analysiert der Prototyp eines neuen Magnetresonanz-Geräts Flüssigkeiten und Gase. Und er macht Hoffnung auf viele weitere Anwendungen.

Es ist eng, es brummt und klopft. In der Röhre eines Kernspintomografen, kurz MRT, zu liegen, löst bei vielen Patienten ein gewisses Unbehagen aus. Das Brummen hängt mit sehr starken Magnetfeldern zusammen. Die enge Röhre ist

im Grunde eine riesige Spule, die diese Magnetfelder erzeugt. Durch das Zusammenspiel von verschiedenen Magnetfeldern und Radiowellen in der Röhre lassen sich Gewebe, innere Organe oder das Gehirn untersuchen. Das gleiche Prinzip wird auch bei der Kernspinresonanzspektroskopie (NMR-Spektroskopie) verwendet. Forscher nutzen es, um Atome, Moleküle sowie Flüssigkeiten und Festkörper chemisch und physikalisch zu analysieren.

KLEIN, MOBIL UND GÜNSTIG

Allerdings sind solche Geräte sehr groß. Zudem ist die Technik teuer und aufwendig. So muss beispielsweise die Spule in einem Kernspintomografen auf Temperaturen knapp über dem

absoluten Nullpunkt von -273 Grad Celsius abgekühlt werden. Doch vielleicht gibt es schon bald eine Alternative. Der Jülicher Forscher Prof. Stephan Appelt und sein Doktorand Martin Süfke haben gemeinsam mit Aachener Kollegen um Prof. Bernhard Blümich einen Weg gefunden, um mit deutlich schwächeren Magnetfeldern – Wissenschaftler sprechen von Niederfeld-NMR – vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. „Für unser neues Niederfeld-NMR benötigen wir keine großen und teuren Spulen. Entsprechend kleiner ist das Gerät – und dadurch auch mobil einsetzbar“, erklärt Appelt. Der Prototyp hat etwa die Größe einer Gitarre und sieht aus wie ein klobiger Hammer. „Darum haben wir ihn Mjölñir getauft, nach dem Hammer des nordischen Donnergottes Thor“, sagt Süfke.

100

-fach stärker als bei vergleichbaren Verfahren ist das Messsignal von Mjölñir.

Bisher gab es bei der Niederfeld-NMR ein grundsätzliches Problem: Die Signale gingen im Rauschen unter – ähnlich wie bei einem Radio mit einer zu schwachen Antenne. Eine entscheidende Neuerung der Forscher ändert das: „Wir haben – salopp gesagt – aus eins zwei gemacht“, sagt Appelt. „In herkömmlichen NMR-Geräten wird das Signal der Probe in einer Spule nahe der Probe erfasst und dort auch gleichzeitig verstärkt. Wir haben das räumlich getrennt: Eine Spule in unmittelbarer Probennähe nimmt das Signal auf, ein Resonator fernab der Probe verstärkt es. Dadurch verstärken wir das Messsignal erheblich mehr als das Rauschen, und die ganze Messung wird empfindlicher“, sagt Appelt. In ersten Experimenten haben die Forscher bereits eine hundertfache Verstärkung des Signals gegenüber bisherigen Messungen mit Niederfeld-NMR-Methoden erreicht. „Und wir haben berechnet, dass eine weitere Verbesserung um einen weiteren Faktor hundert möglich sein müsste“, sagt Appelt. Berechnen können die Wissenschaftler das mit einem mathematischen Modell, das sie zu dem neuen Aufbau entwickelt haben.

Das Prinzip der Kernspinresonanz (NMR)

Bestimmte Atomkerne, etwa die des Wasserstoffs, haben eine besondere Eigenschaft, den Kernspin, den man sich vereinfacht als kleinen Stabmagneten vorstellen kann. In einem Magnetfeld richten sich die Kernspins wie kleine Kompassnadeln aus. Die Einstrahlung passender Radiowellen führt dazu, dass die Atomkerne ein Signal aussenden. Dieses Signal ist abhängig von der chemischen Umgebung und erlaubt daher Rückschlüsse auf den atomaren Aufbau von Molekülen. In Kernspintomografen in der Medizin nutzt man den Effekt unter anderem, um innere Organe sichtbar zu machen.

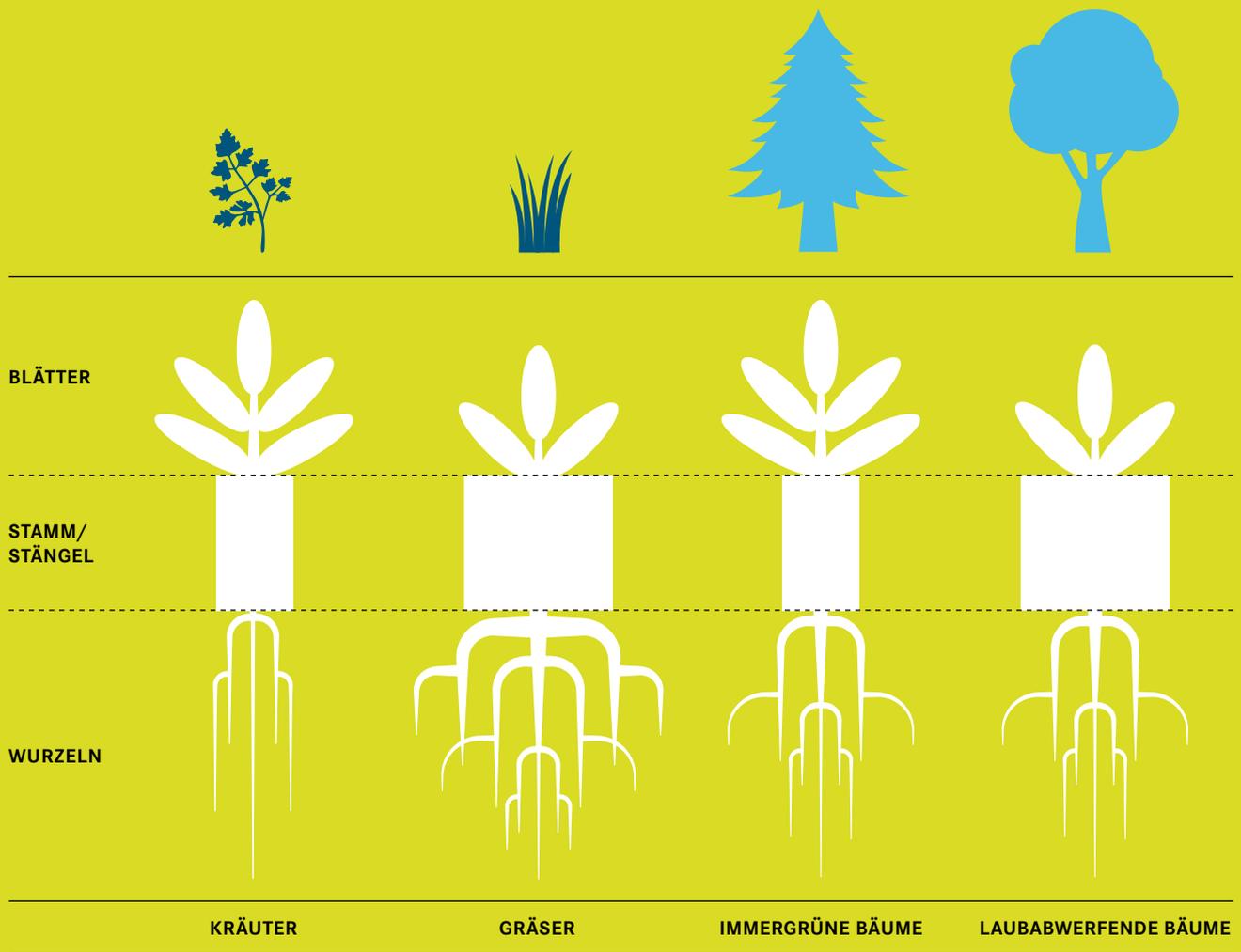


NEUE MÖGLICHKEITEN

Das Modell hilft zu berechnen, wie Aufnahme-spule und Resonator aufeinander abgestimmt werden müssen, um für verschiedene Proben ein optimales Signal zu erzeugen. „Das bedeutet, dass wir für bisherige NMR-Anwendungen simulieren können, wie ein dazu passendes Niederfeld-NMR-Gerät aussehen müsste. Und es ergeben sich vollkommen neue Möglichkeiten. Wir können große Probenvolumina messen, für die man dann natürlich auch größere Aufnahmespulen braucht, aber auch geringe Probenmengen in Mikrospulen“, erklärt Appelt. „Mit dem Modell berechnen wir dann, wie der entsprechende Resonator aussehen muss, um ein gutes Signal zu erhalten.“

Die Technologie könnte zum Beispiel in den Bohrkopf bei Erdölbohrungen eingesetzt werden, um direkt im Bohrloch die Qualität des geförderten Öls zu überprüfen. Sie könnte sogar auf einem Chip Platz finden. Mit mobilen NMR-Spektrometern ist eine Überwachung von Gesundheitssparametern denkbar, ebenso wie die Kontrolle chemischer Prozesse in der Produktion. Denkbar wäre es auch, die Technologie zu einem Kernspintomografen weiterzuentwickeln.

„Als Erstes konzentrieren wir uns auf den Einsatz der Niederfeld-NMR in der Energieforschung“, sagt Martin Süfke. Ein Beispiel sind Untersuchungen von Lithium-Ionen-Batterien. Die NMR mit starkem Magnetfeld eignet sich nur bedingt dafür. Das liegt an elektrisch leitfähigen Bestandteilen der Batterien. Diese schwächen und verfälschen die bei hohen Magnetfeldern nötigen hochfrequenten Radiowellen. „Bei niedrigen Magnetfeldern ist dieses Problem viel schwächer. Darum könnte man in Zukunft Einblicke in die elektrochemischen Reaktionen im Inneren von Handy- und Notebook-Akkus erhalten“, hofft Süfke.



Die Basis: 11.000 Datensätze von 1.200 Pflanzenarten von 5 Kontinenten, Gewicht der untersuchten Pflanzen von 1 mg–14.000 kg. Die weißen Grafikelemente spiegeln den relativen Anteil von Blättern, Stamm oder Stängel und Wurzeln an der gesamten Biomasse wider.

Massenhaft ungleich

So unterschiedlich Pflanzen auch aussehen, sie alle bestehen aus Blättern, Stamm oder Stängel sowie Wurzeln. Zusammen ergeben sie die Biomasse der Pflanze. Aber wie verteilt sich die Biomasse auf die einzelnen Teile der Pflanze?

Bisher nahmen Forscher an, dass es einen allgemeingültigen Zusammenhang gibt, wenn man etwa gleich schwere Pflanzen betrachtet: Damit sollten zarte Pflanzen wie Gräser oder Kräuter beispielsweise einen ähnlichen Anteil ihrer Biomasse in Stamm oder Stängel stecken und vergleichbar viele Wurzeln und Blätter ausbilden. Das Gleiche sollte für verschiedene Bäume gelten, wenn sie ähnliche Biomassen haben. Aber ist das so?

Der Jülicher Biologe Dr. Hendrik Poorter wollte es genau wissen. Zusammen mit Kollegen aus fünf Kontinenten hat er dazu Daten von Pflanzen aus aller Welt verglichen. Es zeigt sich, dass Pflanzen mit ähnlicher Biomasse diese unterschiedlich auf ihre drei Bausteine verteilen. So haben Kräuter mehr Blätter und Stängel als Gräser – diese investieren dafür mehr in Wurzelmasse. „Bei Gras könnte es am Wachstum liegen. Es wird häufiger von Tieren abgegrast. Durch die eher große Wurzelmenge könnten Gräser einfacher Kohlenhydrate speichern und dadurch rasch nachwachsen“, mutmaßt Poorter. Auch bei Bäumen gibt es deutliche Unterschiede: „Sie sind besonders spannend“, sagt Poorter, „bei ihnen verändert sich die Biomasseverteilung nämlich auch

noch mit zunehmendem Wachstum.“ Sind sie einmal ausgewachsen, haben die Blätter bei immergrünen Bäumen einen deutlich größeren Anteil an der Biomasse als bei laubabwerfenden Arten.

Die Forscher wollen mit ihren Erkenntnissen Klimamodelle präzisieren. Darin werden Pflanzen zunehmend berücksichtigt, da sie in ihrer Biomasse Kohlenstoff binden und den Wasserhaushalt in der Atmosphäre mitbestimmen. „Nun können wir besser abschätzen, wie sich die Biomasse auf Blätter, Stamm und Wurzeln verteilt, und dadurch auch die Vielfalt von Wald- und Grüngebieten besser darstellen“, sagt Poorter.

BARBARA SCHUNK

Aus Versehen gelernt ...

Wer macht schon gerne Fehler? Doch nicht selten sind es missglückte Experimente, die der Wissenschaft zum Erfolg verhelfen. So bescherte eine zu stark eingefärbte Zellprobe eine neue Technik, um Schwingungen von Biomembranen zu messen.

„Die Wissenschaft publiziert immer nur Experimente, die funktionieren. Aber wir lernen vor allem aus jenen, die nicht funktionieren“, sagt der Jülicher Biophysiker Prof. Rudolf Merkel. Diese Erfahrung machte er schon als junger Wissenschaftler: Bei seiner Doktorarbeit war lange unklar, ob das Gerät, das er baute, je funktionieren würde. Erst Werte einer Eichmessung, die ihm zunächst merkwürdig vorkamen, brachten ihn auf die richtige Spur.

„Ungereimtheiten analysiere ich seither sehr intensiv“, erklärt Merkel. Seine Studenten treibe er damit bisweilen an den Rand des Wahnsinns, aber der Erfolg gibt ihm recht – etwa bei seiner ehemaligen Doktorandin Cornelia Monzel. Sie wollte ursprünglich die Diffusion von Molekülen durch Zellmembranen messen. Dafür brachte sie farbstoffmarkierte Moleküle ein. Unter dem Fluoreszenz-Mikroskop konnte sie so die leuchtenden Moleküle bei ihrer Wanderung beobachten. Entscheidend für den erfolgreichen Verlauf: Die Messung gelingt nur mit wenig Farbstoff – was Monzel und Merkel aus Versehen missachteten. Einzelne Moleküle ließen sich nicht mehr beobachten, stattdessen leuchtete die ganze Membran – und zwar mal heller und mal dunkler.

„Eigentlich hätten wir keine fluktuierende Signale mehr bekommen dürfen“, erklärt Merkel. Die Forscher hielten das zunächst für einen Messfehler. Doch Merkel ließ nicht locker und diskutierte mit seiner Kollegin über diese Beobachtung. Am Ende waren sie sich einig: Die Schwankungen müssen von der Membran stammen, die sich auf und ab bewegt. „Wertet man die Helligkeitsunterschiede statistisch aus, lässt sich errechnen, wie stark sich die Membran bewegt“, so Merkel.



Cornelia Monzel überprüfte ihre Vermutungen an Modellmembranen. Alles passte zusammen: Die wandernden Moleküle lassen sich bei großen Farbstoffmengen zwar nicht messen, dafür die Bewegung der Biomembran an jeder Stelle – quantitativ sehr genau und auch bei kleinsten Proben. Verglichen mit anderen bisherigen Techniken ist zudem die Zeitauflösung besser: Die Messtechnik liefert statt der üblichen 10 Millisekunden alle 10 Mikrosekunden ein Bild.

Merkel und Monzel haben das Verfahren inzwischen erfolgreich angewandt, um die Zellmembranbewegung weißer Blutkörperchen, den Gesundheitspolizisten im Körper, zu messen – ein Novum. „Wir konnten quantitativ beweisen, dass die Membran stärker fluktuiert, wenn diese mit einem Botenstoff des Immunsystems, dem Interferon-gamma, angeregt wird“, sagt Merkel. Die Gesundheitspolizisten werden sozusagen in Alarmbereitschaft gebracht. Die Hoffnung ist, langfristig jeder Krankheit oder Mutation eine bestimmte Schwingung zuordnen zu können: „Wir haben nun ein Werkzeug, mit dem wir feine Unterschiede erfassen können. Das könnte helfen, die Rolle der Membranbewegung bei Krankheiten besser zu verstehen.“

↑ Wenn etwas schiefgeht, dann wird es für Prof. Rudolf Merkel vom Institute of Complex Systems (ICS-7) erst richtig spannend.

Sauber bleiben

In lebenden Zellen ist ein ausgeklügeltes System aktiv, das Abfall entsorgt und recycelt. Es zu verstehen, könnte einen Schlüssel für zahlreiche Krankheiten liefern – und vielleicht sogar ermöglichen, das Altern zu verlangsamen. Jülicher Strukturbiologen sind seinen Grundlagen auf der Spur.

Jede Zelle unseres Körpers gleicht einer biochemischen Fabrik, in deren Produktionsstätten ständig neue biologische Moleküle hergestellt werden. Dabei fällt allerdings auch eine Menge Müll an: fehlgeformte, verklumpte oder überschüssige Proteine, defekte Mitochondrien, Stoffwechselprodukte und vieles mehr. Wird dieser Müll nicht entsorgt, kann er etwa den Stoffwechsel behindern und so eine Menge Schaden verursachen.

Der Prozess, der Zellen sauber hält und den Abfall sogar recycelt, nennt sich Autophagie. Wörtlich bedeutet das so viel wie „Selbstverdauung“. Schon in den 1960er Jahren kamen Forscher erstmals auf die Spur dieses raffinierten Recyclingsystems: Sie entdeckten, dass sich im Inneren von Zellen immer wieder Membranbläschen bilden, die Zellbestandteile umschließen und anschließend mit sogenannten Lysosomen verschmelzen. Lysosomen sind membranumhüllte

Säckchen voller zersetzender Enzyme, die den gesamten Inhalt in wiederverwertbare Bestandteile zerlegen.

RECYCLING IM MÜLLSACK

„Autophagie-Prozesse gibt es in sehr ähnlicher Form bei fast allen Lebewesen, von einfachen Hefen bis zum Menschen“, sagt Prof. Dieter Willbold, Direktor am Jülicher Institute of Complex Systems (ICS-6). Neben der Müllentsorgung hilft die Autophagie der Zelle auch, Hungerphasen zu überstehen. Bei Nährstoffmangel wird die Recycling-Aktivität hochgefahren und verwertet alles, was nicht lebensnotwendig ist für den laufenden Betrieb. „Dahinter steckt ein faszinierendes und sehr komplexes System, das wir erst nach und nach verstehen lernen“, betont der Wissenschaftler. Die winzigen Proteine, auf denen es beruht, erforschen derzeit zwei Arbeitsgruppen an seinem Institut, die von Dr. Melanie Schwarten und Dr. Oliver Weiergräber geleitet werden.

Weltweit haben immer mehr Forscher das Thema entdeckt. Denn es ist deutlich geworden, dass die Autophagie bei einer Vielzahl von Erkrankungen eine wichtige Rolle spielt. Zellen, die Autophagie betreiben, sind weniger anfällig für die bekannteste Form des Zelltodes, die Apoptose. Das kann in seltenen Fällen zu Problemen führen, zum Beispiel bei der Krebsbehandlung: In Tumorzellen läuft die Autophagie oft auf Hochtouren. Das scheint sie teilweise resistent gegen Chemo- und Strahlentherapien zu machen. Krebsforscher



↑ Prof. Dieter Willbold ist Direktor am Institute of Complex Systems, Strukturbiochemie (ICS-6).



↑ Dr. Melanie Schwarten ist Leiterin der Forschungsgruppe „Autophagie und Viren“.



↑ Dr. Oliver Weiergräber leitet die Forschungsgruppe „Strukturbiologie der zellulären Autophagie“.

suchen deshalb nach Wegen, das Recyclingsystem in diesen Zellen zu unterdrücken. Gegen Viren und Bakterien entpuppte sich die Autophagie dagegen als wichtiger Abwehrmechanismus. Überwinden diese Eindringlinge die äußeren Verteidigungslinien des Immunsystems und gelangen in die Zelle, kann das Recyclingsystem sie elegant aus dem Verkehr ziehen. Viele Viren haben deshalb Strategien entwickelt, um die Autophagie zu stoppen oder sogar für ihre eigene Vermehrung zu nutzen.

„Wäre es möglich, die Autophagie gezielt zu steuern, sie etwa zum gewünschten Zeitpunkt zu verstärken, zu unterdrücken oder ihre Zielstrukturen in der Zelle zu verändern, könnte das enormen therapeutischen Nutzen haben“, sagt Willbold.

Deshalb tragen Forscher Stück für Stück Informationen zusammen, um die genauen molekularen Abläufe zu verstehen. Diese Aufgabe gleicht allerdings einem Puzzlespiel, bei dem zunächst nicht einmal die genaue Form aller Teile klar ist. Denn bis heute konnte man zwar über 30 sogenannte Autophagie-assoziierte oder kurz ATG-Proteine identifizieren, die teils zur Kernmaschinerie der Autophagie gehören, teils regulierend wirken. Die genauen Strukturen der komplexen, meist nur einige Nanometer großen Moleküle sind aber oft noch nicht bekannt und müssen mit aufwendigen Verfahren wie der Röntgenkristallografie, der Elektronenmikroskopie oder mithilfe der NMR-Spektroskopie aufgeklärt werden.

DIE TRICKS DER VIREN

Zu den jüngsten Ergebnissen der Jülicher Forscher gehört unter anderem die 3-D-Struktur des Proteins ATG101. Es gehört zu einem Komplex, der die Bildung der Membranbläschen initiiert. Fehlt dieses Protein in den Zellen, geht die Autophagie stark zurück. Eine weitere Studie der Forscher betrifft die Abwehrfunktion gegen Viren. „Krankheitserreger wie das HI-Virus sind nämlich in der Lage, dem Autophagie-System zu entgehen“, sagt Willbold. Die Wissenschaftler beobachteten, wie eines der Virus-Proteine mit verschiedenen Autophagie-Proteinen interagiert, um sich der Entsorgung im Enzym-Bad zu entziehen und stattdessen aus der Zelle ausgeschleust zu werden. Welche Rolle das für den Infektionsprozess spielt, wird gerade intensiv erforscht.

Auch bei der Alterung scheint die Autophagie eine wichtige Rolle zu spielen. Ermüdet das Recyclingsystem im späteren Leben, werden defekte Bestandteile oder deformierte Proteine nicht mehr effizient abgebaut. Dagegen könnte

es allerdings ein einfaches Rezept geben: „In Versuchen mit Labormäusen hat sich gezeigt, dass Tiere durch Phasen regelmäßigen Fastens deutlich länger leben“, erzählt Willbold. Durch Hunger erzeugter Nährstoffmangel kurbelt das Autophagie-basierte Recycling an. Manche Forscher vermuten, dass die Zellen durch das Fasten ihre Bestandteile häufiger erneuern – eine Art lebensverlängernder Selbstreinigungseffekt. Um diese spannende Vermutung besser einschätzen zu können, müssen die zugrunde liegenden Mechanismen noch besser erforscht werden, so Willbold.

PETER ZEKERT



Wahlverwandte aus Freiburg

Die Wissenschaftler des deutschen Bernstein Netzwerkes untersuchen mit Computermodellen, wie das Gehirn denkt. Koordiniert werden sie von Freiburg aus. Seit einigen Wochen ist die dortige Einrichtung eine Jülicher Außenstelle.



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

Die Bernstein Zentren

6 STANDORTE

Berlin, Freiburg, Göttingen, Heidelberg-Mannheim, München, Tübingen

23 INDUSTRIEPARTNER

Eine Liste der Industriepartner finden Sie hier:

www.bit.ly/1K6c8CT

180 MILLIONEN EURO

Fördersumme des BMBF von 2004 bis 2015

Irgendwann ist es Zeit, das Elternhaus zu verlassen und den eigenen Platz im Leben zu finden. Für die Partner des „Nationalen Bernstein Netzwerk Computational Neuroscience“ ist dieser Zeitpunkt gerade gekommen. Denn die finanzielle Förderung des Bundesforschungsministeriums (BMBF), mit der das Netzwerk seit 2004 aufgebaut wurde, läuft – wie von Anfang an geplant – aus.

Einige Mitglieder der Bernstein-Familie, die in den letzten zehn Jahren auf sechs Zentren und über 200 Forschergruppen gewachsen ist, sind bereits gut untergekommen. So wurden etwa Zentren von den Universitäten übernommen, an die sie angegliedert waren. Die Forschung – die beteiligten Wissenschaftler entwickeln unter anderem mathematische Modelle, um die Funktionen des Gehirns besser zu verstehen – geht reibungslos weiter.

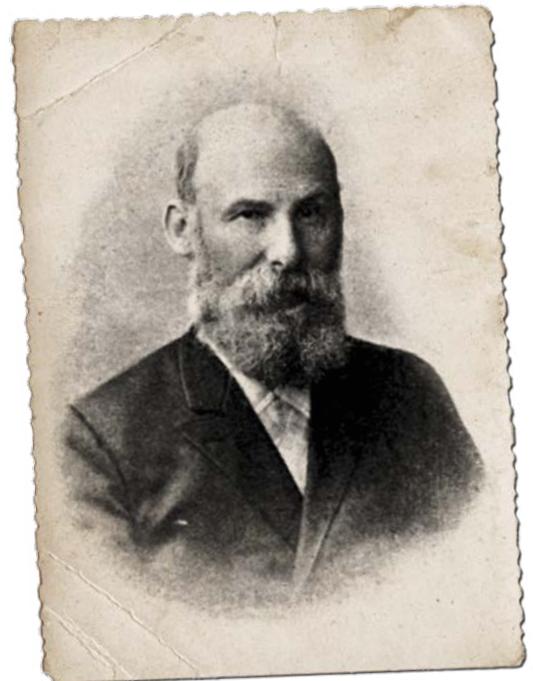
Auch die in Freiburg angesiedelte Koordinationsstelle hat ihren Platz gefunden – und zwar gewissermaßen bei einem engen Verwandten, dem Forschungszentrum Jülich. Seit dem Herbst ist sie eine Jülicher Außenstelle, angebunden an das Institut für Neurowissenschaften und Medizin, Bereich Computational and Systems Neuroscience (INM-6). In Jülich ist bereits die Bernstein Facility für Simulations- und Datenbanktechnologie beheimatet. Diese hilft den Wissenschaftlern, Supercomputer für ihre Forschung zu nutzen.

„Die Anbindung an Jülich entspricht dem Auftrag der Helmholtz-Gemeinschaft, sich um langfristige wissenschaftliche Infrastrukturen zu kümmern, die Universitäten nicht bereitstellen können“, sagt Prof. Markus Diesmann, Direktor

**2,2
plus**

des INM-6. An der Arbeit der Koordinationsstelle wird das nichts ändern. Sie wird auch künftig von Freiburg aus für die reibungslose Kommunikation zwischen den Mitgliedern sowie mit anderen Organisationen, Medien und der Industrie sorgen und helfen, Konferenzen zu organisieren sowie junge Wissenschaftler zu werben.

FRANK FRICK



↑ Das Bernstein Netzwerk ist nach dem Physiologen Julius Bernstein (1839–1917) benannt.



GEFÄLLT UNS

IG-NOBELPREIS

Die verrückteste Auszeichnung der Welt

Uriniert ein Elefant schneller als eine Katze? Wie wird ein gekochtes Ei wieder weich? Und an welcher Körperstelle schmerzt ein Bienenstich am meisten? Die Ende September mit dem Ig-Nobelpreis ausgezeichnete Forschung ist nicht nur auf den ersten Blick skurril. Das Satiremagazin „Annals of Improbable Research“ ehrt mit dem sogenannten Anti-Nobelpreis wissenschaftliche Leistungen, die „Menschen zuerst zum Lachen, dann zum Nachdenken bringen“. Die humorvolle Vergabezeremonie in der ehrwürdigen Harvard University in Cambridge (USA) ist in der Wissenschaft längst Kult. Die Preisträger erhalten aus den Händen echter Nobelpreisträger einen Blumentopf und einen nicht wirklich wertvollen Zehn-Billionen-Dollar-Schein aus Simbabwe.

- WWW.IMPROB.COM/IG/ -

BIOTECHNOLOGIE

Aachener Studierende holen Goldmedaille

Ein Studierenden-Team der RWTH Aachen hat beim internationalen Wettbewerb „iGEM“ auf dem Gebiet der Synthetischen Biologie in Boston (USA) einen der ersten Plätze belegt und damit seinen Erfolg vom vergangenen Jahr wiederholt. Mit ihrem innovativen und bioökonomisch relevanten Ansatz, Methanol so umzuwandeln, dass es als Kohlenstofflieferant für biotechnologische Prozesse verwendet werden kann, siegte das 15-köpfige Team in der Kategorie „Best Manufacturing Project, Overgrad“.

Betreut wurden die zukünftigen Biotechnologen und Ingenieure in Aachen und am Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-1) des Forschungszentrums Jülich.

- WWW.IGEM.RWTH-AACHEN.DE -



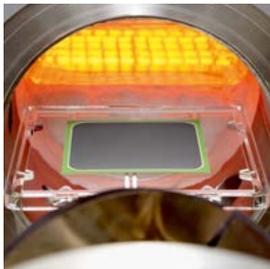
MONDFINSTERNIS

Seltenes Ereignis abgelichtet

René Borowski vom Jülicher Peter Grünberg Institut stand am 28. September frühmorgens auf, um über Jülich die Mondfinsternis zu beobachten. Mit einem Teleskop verfolgte der Hobby-Astronom, wie der Mond langsam in den Erdschatten zog, und drückte exakt um 5:10 Uhr auf den Auslöser. Entstanden ist diese beeindruckende Aufnahme. In welcher Rottönung der Mond bei einer Verfinsternis schimmert, ist für Astronomen und Meteorologen übrigens besonders spannend. Die Erdatmosphäre bricht bei einer Mondfinsternis den roten Anteil des Sonnenlichts in den Schattenkegel der Erde. Je mehr Staub und Aerosole in der Atmosphäre sind, umso dunkler verfärbt sich das Rot. Diese Mondfinsternis war überraschend dunkel – Meteorologen vermuten den April-Ausbruch des Vulkans Calbuco in Chile als Ursache.

FORSCHUNG IN EINEM TWEET

Keine läuft länger! Seit 70.000
Stunden liefere ich Strom aus
Wasserstoff. Das ist Weltrekord.
#Brennstoffzelle



Die Jülicher Festoxid-Brennstoffzelle

ist ein Gemeinschaftsprojekt von fünf Jülicher Forschungsbereichen. Der Weltrekord-Stapel zeigt nach achtjährigem Dauerlauf, dass die Werkstoffe langfristig stabil bleiben. Zum Einsatz kommen die Festoxid-Brennstoffzellen, auch Solid Oxide Fuel Cells (SOFC) genannt, etwa als Energielieferant in Privathaushalten.

www.fz-juelich.de/sofc