

# effzett

DAS MAGAZIN AUS DEM FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH

2-16

## Da schau her!

Das menschliche Auge ist ein  
Supercomputer

### BESTÄNDIG

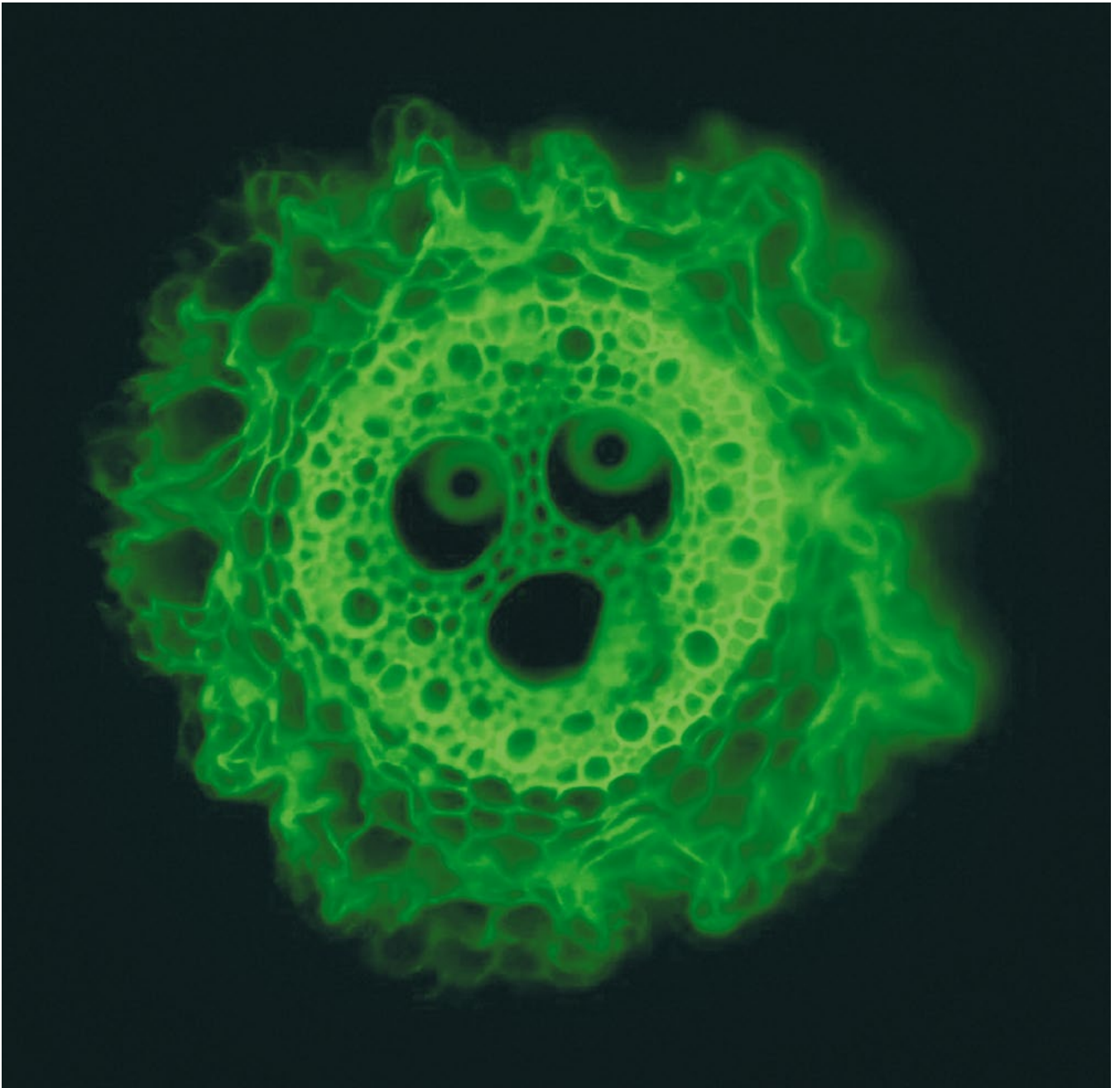
Ein neuer Stahl für die  
Energiewende

### BEDEUTEND

Der Boden beeinflusst  
das Klima

### BEDROHT

Der Adlerholzbaum  
braucht Hilfe



↑

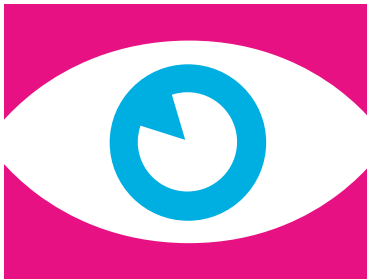
## Huh!

Der Mund weit offen, die Augen aufgerissen: Was mag das grün leuchtende Etwas sein? Eine seltene Tiefseequalle? Oder eine unbekannte Lebensform? Weder noch. Es handelt sich ganz einfach um Gerste. Genauer gesagt, um den Querschnitt einer Gersten-Wurzel. Die großen Löcher in der Mitte sind Gefäße, die das aus dem Boden aufgenommene Wasser in die Triebe transportieren. Die Jülicher Pflanzenforscherin Hannah Schneider wurde für das originellste Wurzelbild beim Treffen der International Society of Root Research im australischen Canberra ausgezeichnet. Mit ihrer Forschung über Wurzeln möchte sie dazu beitragen, den Welthunger zu bekämpfen. Ihre Ideen wird sie auf der „Falling Walls Conference“ im November in Berlin vorstellen.

## NACHRICHTEN

5

## TITELTHEMA

Der Vorposten  
des Gehirns

Alle Bilder im Kopf entstehen im Gehirn. Aber was dort ankommt, entscheidet sich in der Netzhaut.

8

## FORSCHUNG

Die Mischung  
macht es

Dr.-Ing. Bernd Kuhn will Kraftwerke fit für die Energiewende machen – mit einem Spezialstahl.

14

Kleiner Fehler,  
große Wirkung

Alzheimer, Parkinson und Diabetes: Prof. Dieter Willbold spricht über die Zusammenhänge.

16

Akku hat noch  
Luft nach oben

Kurze Lebensdauer von Batterien: Forscher locken Übeltäter in die Falle.

18

## Fundstücke



60 Jahre Forschung im Zentrum

20

Klimaforscher  
im Untergrund

Computermodell schließt Lücke bei Klimasimulationen.

22

Effizienter  
rechnen

Optimale Arbeitsteilung im Supercomputer

24

Ein duftes  
Projekt

Die Jagd nach dem kostbaren Adlerholz

25

## RUBRIKEN

Aus der Redaktion

4

Impressum

4

Woran forschen  
Sie gerade?

19

2,2 plus

26

Gefällt uns

27

Forschung in einem  
Tweet

28

# Wenn das Auge punktet ...



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



Haben Sie die schwarzen und die weißen Punkte auf dem Cover gezählt? Es heißt, dass diese Aufgabe um Weihnachten im Jahr 2000 als Mail versendet wurde – verbunden mit der Aufforderung, die Punkte zu zählen und das Ergebnis noch einmal zu prüfen. Die schwarzen Punkte sollten als Stimmen für den damaligen US-Präsidentschaftskandidaten Al Gore gewertet werden, die weißen für seinen Konkurrenten George W. Bush. Eine Anspielung auf die damaligen Ungereimtheiten bei der Auszählung der Stimmen im US-Staat Florida. Und eine undankbare, eigentlich unlösbare Herausforderung. Denn anders als bei der Auszählung von Wahlstimmen gibt es keine eindeutige Lösung. Grund ist eine optische Täuschung: Am Rande unseres Sehfelds werden aus weißen Punkten plötzlich schwarze.

Wie unser Sehorgan visuelle Informationen filtert und gewichtet, bevor sie ans Gehirn weitergeleitet werden, erforschen der Neurobiologe Prof. Frank Müller und sein Team. Dafür schauen sie ganz tief ins Auge: nämlich in die Netzhaut und deren verschlungenes Nerven-geflecht. Aber auch andere Jülicher Forscher sehen genau hin – etwa wie der Boden das Klima beeinflusst, was Diabetes, Alzheimer und Parkinson gemeinsam haben oder was einen besonders kostbaren Duft ausmacht.

Viel Spaß beim Lesen

wünscht Ihr effzett-Team

## 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. Regine Pankin,  
Birgit Pfeiffer, Sabine Prall, Dr. Arndt Reuning,  
Prof. Bernd-A. Rusinek, Dr. Barbara Schunk,  
Brigitte Stahl-Busse, Annette Stettien,  
Dr. Janine van Ackeren, Angela Wenzik,  
Erhard Zeiss, Peter Zekert

**Grafik und Layout:** SeitenPlan GmbH,  
Corporate Publishing Dortmund

**Bildnachweis:** Forschungszentrum Jülich (2, 3  
m. u. und re.), Forschungszentrum Jülich/Nicolai  
David Jablonowski (5 o. kl. Bild), Forschungszent-  
rum Jülich/Sascha Kreklau (3 li. u., 14-15, 19, 22),  
Forschungszentrum Jülich/Ralf-Uwe Limbach  
(3 m. o., 7 re., 10 li. m., 12 u., 16, 18 o., 20-21, 24  
(Serverschrank), 28), Forschungszentrum Jülich/  
Dr. Anja Mataruga (11 m., 13 u.), AbstractUniverse/  
Shutterstock (7 li.), Africa Studio/Shutterstock  
(23 (Monitor)), John Bill/Shutterstock (25 re.),  
D Line/Shutterstock (3 li. o., 9), DLR (24), Shilova  
Ekaterina/Shutterstock (6 u.), Featureflash Photo  
Agency/Shutterstock.com (17), Gruffi/Shutter-  
stock (10 u.), Guido Jansen (6 o.), hunthomas/  
Shutterstock (12 o.), Maksim Kabakou/Shutter-  
stock (4 (Tablet)), Matej Kastelec/Shutterstock (18),  
lantapix/Shutterstock (5 o.), Svetlana Lukienko/  
Shutterstock (25 li.), Apichart Meesri/Shutterstock

(27), nogoudfwete/Shutterstock (Titel), SeitenPlan  
(10 o., 11 o., 11 u. (Retina-Illustration), 13 o.),  
SeitenPlan/Jens Neubert (24 (Illustration)), UGREEN  
3S/Shutterstock (5 u.)

**Kontakt:** Geschäftsbereich  
Unternehmenskommunikation,  
Tel.: 02461 61-4661, Fax: 02461 61-4666,  
E-Mail: [info@fz-juelich.de](mailto:info@fz-juelich.de)

**Druck:** Schloemer Gruppe GmbH

**Auflage:** 13.400





## BIOÖKONOMIE

## Ersatz für Raps und Mais

„Sida hermaphrodita“ gilt als vielversprechende Alternative zu den häufig genutzten Energiepflanzen Raps und Mais. Das aus Nordamerika stammende Gewächs liefert bis zu einem Drittel mehr Biomasse als Mais, ist frostbeständig und wächst auch auf Böden, die sonst nicht für den Ackerbau genutzt werden können. Jülicher Wissenschaftler bauen die Pflanze unter verschiedenen Bedingungen an. Sie wollen herausfinden, wann die mehrjährige Pflanze für welche Anwendung den besten Ertrag liefert. Sida könnte dann zum Beispiel eingesetzt werden, um Biogas oder Festbrennstoff herzustellen.

- INSTITUT FÜR BIO- UND GEOWISSENSCHAFTEN -

## MEDIZIN

## Krebszellen schneller entdecken

Ein deutsch-australisches Forscherteam hat einen bioelektronischen Sensor entwickelt, um Krebszellen schnell und zuverlässig zu erkennen. Bei Laborversuchen zeigte das Verfahren eine einzelne Krebszelle aus einem Lymphknoten an und spürte Tumorzellen im Blut von Darmkrebspatienten auf. Von der Aufbereitung der Probe bis zum Ergebnis der Analyse dauerte es weniger als 30 Minuten. Die Wissenschaftler vom Forschungszentrum Jülich und der University of South Australia wollen nun aus dem Verfahren einen Schnelltest entwickeln. Dafür müssen die Forscher unter anderem belegen, dass ihr Verfahren beim Menschen zuverlässig funktioniert.

- INSTITUTE OF COMPLEX SYSTEMS/PETER GRÜNBERG INSTITUT -



# Ein Gesicht gegeben

Jülicher Forscher haben geholfen, eine rund 2.000 Jahre alte Büste des römischen Kaisers Augustus zu rekonstruieren. Die Büste war im 19. Jahrhundert in der Nähe von Aachen gefunden worden – allerdings nur der Hinterkopf. Das fehlende Gesicht ergänzten die Wissenschaftler mit moderner Scannertechnik und 3-D-Druck. Dabei dienten Augustus-Büsten aus einem Kölner Museum und dem Pariser Louvre als Vorlage.

- ZENTRALINSTITUT FÜR ENGINEERING, ELEKTRONIK UND ANALYTIK -



## BIOPHYSIK

# Eine Frage der Zeit

Viele Jahre haben Wissenschaftler gerätselt, ob sich rote Blutkörperchen von allein bewegen oder von äußeren Kräften angestoßen werden. Ein Team aus Jülicher, Münsteraner und Pariser Biophysikern hat nun nachgewiesen, dass beides stimmt: Einerseits stoßen umgebende schnelle Moleküle die Blutkörperchen an und bringen deren Zellmembran zum Schwingen. Andererseits werden die Blutkörperchen selbst aktiv – vorausgesetzt, sie haben genug Zeit, um die Eigenbewegung in Gang zu setzen, bevor sie von außen angestoßen werden. Die Forscher konnten diese Prozesse genau bestimmen, indem sie Experimente mit Laserpinzetten und Computersimulationen miteinander kombinierten.

- INSTITUTE OF COMPLEX SYSTEMS -



# 18.000

## Fotosensoren ...

... warten darauf, dass es blitzt.

Das soll ab 2020 in dem weltweit zweitgrößten, aber genauesten Neutrino-Detektor passieren, der derzeit mit Jülicher Unterstützung im Süden Chinas entsteht. Blitzen wird es nämlich, wenn Neutrinos auf das Spezialöl im unterirdischen Tank des Jiangmen Underground Neutrino Observatory, kurz JUNO, treffen werden. Ziel von JUNO ist es, mehr über die elektrisch neutralen und nur schwer nachweisbaren Elementarteilchen herauszufinden. Die Jülicher Wissenschaftler entwickeln Konzepte, um die von den Fotosensoren erzeugten Signale möglichst präzise zu erfassen und zu verarbeiten.

- ZENTRALINSTITUT FÜR ENGINEERING, ELEKTRONIK UND ANALYTIK/INSTITUT FÜR KERNPHYSIK -

## ERC-GRANT

# Die Suche nach dem Unterschied

Der Jülicher Kernphysiker Prof. Hans Ströher sucht nach den Grundlagen für die Existenz unseres Universums (siehe effzett 1/2015). Dafür bekommt er nun Unterstützung aus Brüssel. Der Europäische Forschungsrat (ERC) hat ihm einen Advanced Grant für herausragende etablierte Spitzenforscher verliehen. Mit der Auszeichnung sind Fördermittel in Höhe von rund 2,4 Millionen Euro verbunden.

Für Hans Ströher ist es bereits der zweite ERC Advanced Grant. Die Fördermittel fließen in die Suche nach elektrischen Dipolmomenten. Das sind Unterschiede in der Verteilung der elektrischen Ladung eines Teilchens. Hans Ströher und seine Kollegen aus Deutschland und Italien wollen solche Dipolmomente in Protonen und DEUTERONEN nachweisen. Das soll helfen, eines der großen Rätsel der Physik zu lösen: das Ungleichgewicht von Materie und Antimaterie im Universum.

- INSTITUT FÜR KERNPHYSIK -



## JARA WÄCHST

Vier neue Institute bereichern seit April 2016 die Jülich Aachen Research Alliance (JARA). Sie beschäftigen sich mit psychischen und neurodegenerativen Erkrankungen, energieeffizienter Computer- und Kommunikationstechnologie sowie mit Quanteninformation.

In JARA-Instituten arbeiten Wissenschaftler der RWTH Aachen und des Forschungszentrums Jülich eng zusammen.

## STUDIE ZU TSCHERNOBYL

30 Jahre nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl ist die Bevölkerung der damals stark kontaminierten Gemeinde Volincy in Weißrussland keiner außergewöhnlichen Strahlenbelastung mehr ausgesetzt. Das haben Jülicher Strahlenschutzexperten in einer Langzeitstudie festgestellt. Bewohner sollten jedoch etwa auf Pilze, Beeren und Wildfleisch aus der Region verzichten.

## BIOTECHNOLOGEN ERHALTEN LABOR

Die Helmholtz-Gemeinschaft richtet ein „Innovation Lab“ in Jülich ein: Im „Microbial Bioprocess Lab“ werden Forscher mit Industriepartnern Verfahren für die Produktion mit Mikroorganismen entwickeln, etwa zur Herstellung von Chemikalien oder Lebensmittelzusätzen. Insbesondere geht es um die rasche Analyse von strukturellen und funktionellen Eigenschaften der Mikroorganismen.

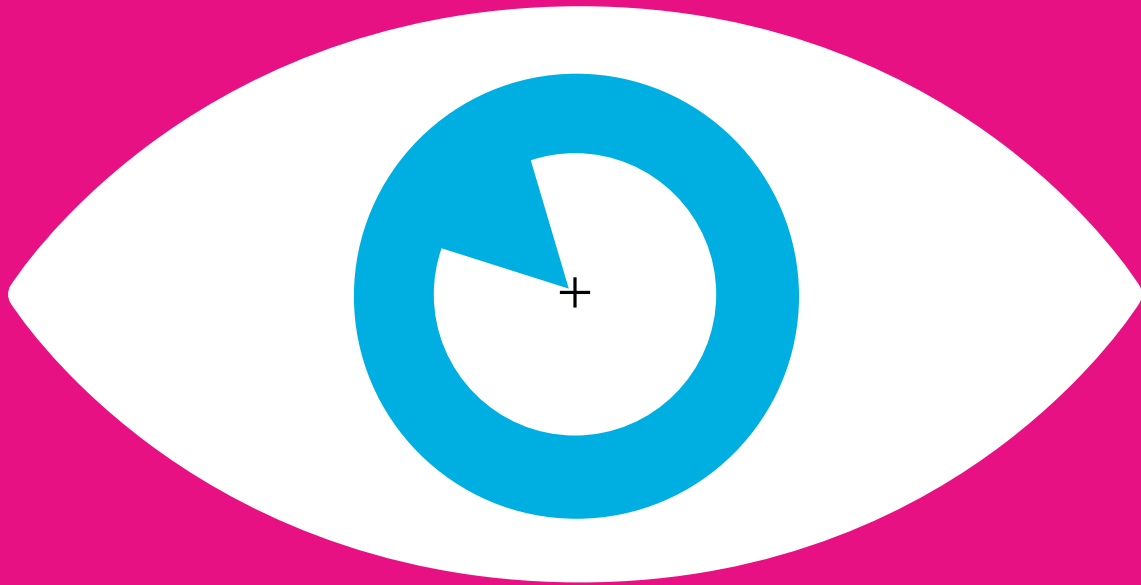


Fixieren Sie etwa 30 Sekunden lang das Kreuz auf der rechten Seite. Dann schauen Sie schnell auf das Kreuz auf dieser Seite. Sie sehen ein Auge, allerdings in anderen Farben, ein sogenanntes negatives Nachbild. Es ist eine Folge der Anpassung der Netzhaut an den ursprünglichen Reiz.

# Der Vorposten des Gehirns

**Was wir sehen, entsteht im Kopf. Aber es ist nicht alleine das Gehirn, das die visuelle Information auswertet. Bereits im Auge wird die Information vorab gefiltert und verarbeitet. Dafür zuständig ist die Netzhaut – ein verschlungenes Netzwerk aus Nervenfasern und -zellen, die sich ständig austauschen. Jülicher Forscher wollen dieses komplizierte Geflecht und das Geflüster in seinem Innern entschlüsseln. Dabei verfolgen sie auch ein ganz praktisches Ziel: Sehhilfen für Blinde zu verbessern.**





**R**und 40.000 Menschen in Deutschland leiden unter der erblichen Krankheit Retinitis pigmentosa. Hierbei sterben nach und nach die Lichtrezeptoren im Auge ab, der Patient wird blind. Das Nervengeflecht der Netzhaut und der Sehnerv jedoch bleiben erhalten. Das wollen Forscher nutzen, um den Patienten einen Teil ihrer Sehfähigkeit zurückzugeben. Der Lösungsansatz ist ein winziger Elektronik-Chip, der auf oder hinter der Netzhaut implantiert wird. Gesteuert von einer miniaturisierten Kamera, welche die Bildinformation sendet, stimuliert der Chip die Nervenzellen mit elektrischen Impulsen. Trotz intensiver Forschung in den vergangenen 20 Jahren sind Patienten mit solchen Implantaten heute noch weit davon entfernt, deutlich sehen zu können. Grobe Umrisse, hell und dunkel, starke Kontraste – das ist in der Mehrheit der Fälle das Maximum. Und bei näherer Betrachtung des gesunden Auges überrascht das nicht. Denn unser Auge mit seiner Netzhaut ist ein wahres Wunderwerk. Dort speisen 120 bis 130 Millionen lichtempfindliche Zellen ihre Signale in ein hochkomplexes Netzwerk aus Nervenzellen ein.

Die Netzhaut – in der Fachsprache Retina – ist aus mehreren Zellschichten mit verschiedenen Nervenzelltypen aufgebaut. Bezeichnend ist die große Zahl von Verbindungen zwischen den Zellen, die durch lange Fasern aus Nervenfortsätzen ermöglicht wird. Allein die Fortsätze der Nervenzellen der Netzhaut haben eine Gesamtlänge von bis zu 100 Kilometern und verfügen über circa 10 Milliarden Synapsen – eine Synapse ist die Kontaktstelle zwischen zwei Nervenzellen. „Wir unterscheiden bisher rund 60 verschiedene Zelltypen in der Netzhaut. Nach neuesten Erkenntnissen gehen wir aber davon aus, dass wir diese Zahl um 10 bis 20 nach oben korrigieren müssen“, stellt Prof. Frank Müller sein Forschungsgebiet am Jülicher Institut für Zelluläre Biophysik vor. Diese Komplexität wird erhöht durch die zahlreichen Botenstoffe, mit denen die Nervenzellen untereinander kommunizieren.

Stäbchen und Zapfen, die Lichtrezeptoren, kennt manch einer noch aus dem Biologieunterricht. Diese Zellen sitzen in der äußersten Zellschicht der Netzhaut. Sie sind es, die bei Patienten mit Retinitis pigmentosa absterben. Stäbchen weisen eine hohe Lichtempfindlichkeit auf. Mit ihnen ist



**Machsche Bänder – jeder der sieben Streifen ist in sich gleichmäßig hell. Wir nehmen dort, wo sie sich berühren, helle und dunkle Bänder wahr, die real nicht existieren. Der Grund: Das Auge verstärkt den Helligkeitsunterschied an den Kanten zum jeweils benachbarten Streifen.**



↑ **Prof. Frank Müller ist schon seit seiner Schulzeit fasziniert vom Wunderwerk Auge. Nach seiner Einschätzung ist erst ein Bruchteil aller Prozesse in der Netzhaut verstanden.**

**Seine Faszination für die Welt der Sinne spiegelt sich in dem auch für Laien geschriebenen Buch „Biologie der Sinne“ wider, das er mit seinem Kollegen Stephan Frings verfasst hat. (ISBN 978-3827422729)**



es möglich, in der Dämmerung und bei Sternenlicht zu sehen. Zapfen hingegen sind weniger empfindlich und erlauben das Sehen bei hellem Tageslicht und das Erkennen von Farben. Der spannende Teil beginnt, wo das Schulwissen endet. Neurobiologe Frank Müller ermöglicht mit seinem Team einen sehr viel tieferen Blick ins verwirrende Faser- und Kommunikationsgeflecht des Auges. Dabei bedienen sich die Forscher zum Beispiel modernster Fluoreszenz-Mikroskopie, bei der sie mit einem Laserstrahl die Netzhaut Zelle für Zelle abrastern. „Hier geht es darum zu erkennen, welche Zellen wie miteinander verschaltet sind und welche Information letztendlich zum Gehirn weitergeleitet wird“, fasst Doktorand Stefan Esser zusammen.

### WIE FASERN FLÜSTERN

Grob vereinfacht geht das Fasergeflüster so: Ein Zapfen wird durch Licht angeregt, wandelt diesen Reiz in ein elektrisches Signal um und überträgt die Information schließlich über einen chemischen Botenstoff an eine Bipolarzelle. Diese wiederum reicht das Signal an eine andere Zelle weiter, die Ganglienzelle, die es schließlich über den Sehnerv an unser Gehirn übermittelt. Was wie ein einfacher Staffellauf anmutet, ist in Wirklichkeit die Grundlage für eine ausgeklügelte Informationsverarbeitung. „Auch wenn die finale Auswertung im Gehirn stattfindet, die Bildverarbeitung beginnt in der Netzhaut, und die setzt bereits ab der ersten Synapse massiv auf parallele Informationsverarbeitung“, betont Frank Müller.

Ein Zapfen leitet sein Signal nämlich nicht nur an eine Bipolarzelle weiter, sondern parallel an ein ganzes Bündel unterschiedlicher Bipolarzelltypen: Mindestens zehn dieser Typen gibt es, wis-

sen Müller und sein Team. „Zwei andere Klassen von Nervenzellen, die Horizontalzellen und die Amakrinzellen, leiten das Signal seitlich weiter“, erklärt Müller. „Über diese Verschaltungen werden beispielsweise die Kontraste beim Sehen verschärft.“ In den Ganglienzellen werden die Signale schließlich gebündelt. Aktuelle Schätzungen gehen von bis zu 30 verschiedenen Varianten von Ganglienzellen aus. Jeder Zelltyp hat eine andere Funktion, wie etwa die Weiterleitung von Kontrasten oder von Farben. Es gibt aber auch Ganglienzellen, die die Information herausfiltern, ob und wie sich ein Objekt im Gesichtsfeld bewegt oder ob es sich uns nähert.

Die Vielzahl an Zellarten lässt darauf schließen, dass die Netzhaut bereits wichtige Interpretationsarbeit leistet. „Wir haben es hier mit vielen unterschiedlichen, hochkomplexen Schaltkreisen zu tun“, erklärt Müller, „bei jedem Übertragungsvorgang an einer retinalen Synapse wird das Signal neu verrechnet und verändert.“ Bei zehn Milliarden Synapsen pro Auge kommen also einige Möglichkeiten der Signalmodulation zusammen. Die Netzhaut wirkt wie ein neuronaler Filter. Sie verwirft unnötige Information und minimiert so den Datenfluss vom Auge zum Gehirn. Vor allem aber leitet sie genau die Information weiter, für die sich unser Gehirn interessiert: Kontraste, Veränderungen, Bewegung. Die Weichen dafür, dass wir im Straßenverkehr schnell auf Gefahren reagieren können oder ein Torhüter einen Elfmeter hält, werden also schon in der Netzhaut gestellt.

### DIE SPRACHE DER ZELLEN

Noch komplexer wird der Ausflug in die Welt des Sehens, wenn Müller auf Botenstoffe und Ionenkanäle zu sprechen kommt, die molekulare



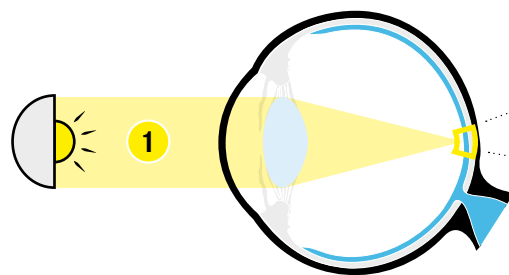
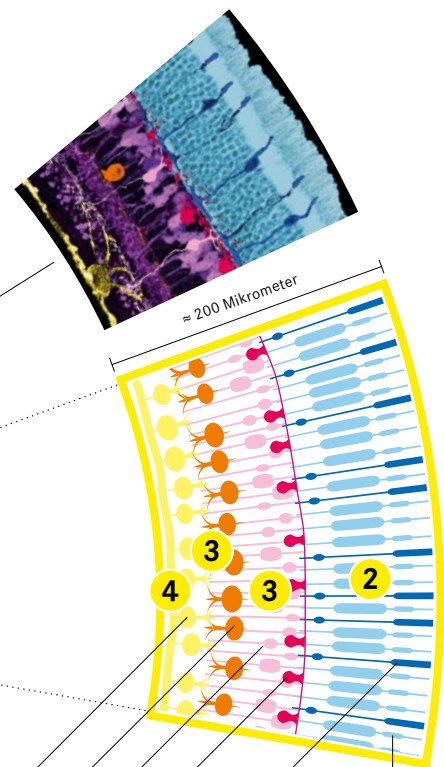
**Simultankontrast** – Das Band in der Mitte ist durchgängig gleich hell. Aber die Netzhaut verstärkt die Kontraste, damit sich das Band klarer vom Hintergrund abhebt. Das Gehirn berechnet die Helligkeit der Flächen entsprechend neu, und wir werden getäuscht: Es scheint, als ob das mittlere Band die Helligkeit ändert.

## Die Netzhaut – Schaltzentrale im Auge

Sehen beginnt damit, dass unsere Augen ein Bild der Umwelt auf dem Augenhintergrund erzeugen. Die Netzhaut ist aber kein einfacher Kamerachip, der das Gesehene 1:1 an das Gehirn weiterreicht. Sie extrahiert aus der Informationsflut in ihrem komplexen Geflecht aus Nervenzellen und Synapsen bereits den Teil, für den sich unser Gehirn interessiert. Eine solche Rechenleistung ist möglich, weil die Netzhaut selbst ein Teil des Gehirns ist. Sie entsteht beim Menschen schon in der vierten Woche nach Befruchtung der Eizelle aus einer Ausstülpung der Gewebestruktur, aus der sich später das Gehirn entwickelt.

- 1 Einfallendes Licht
- 2 Lichtrezeptoren erzeugen elektrisches Signal
- 3 Weiterleitung des Signals in der Retina und erste Verarbeitung
- 4 Weiterleitung des Signals über den Sehnerv zum Gehirn

Ein echtes Abbild der Retina, das die Jülicher Forscher aus mehreren mikroskopischen Aufnahmen zusammengebaut haben: Spezielle Färbetechniken machen die verschiedenen Zellen und Schichten sichtbar.



### Ganglienzellen

Sie übermitteln die Signale der Retina über den Sehnerv an das Gehirn.

### Amakrinzellen

Sie bilden eine zweite Ebene von Querverbindungen und steuern so den Signalfluss der Bipolarzellen.

### Bipolarzellen

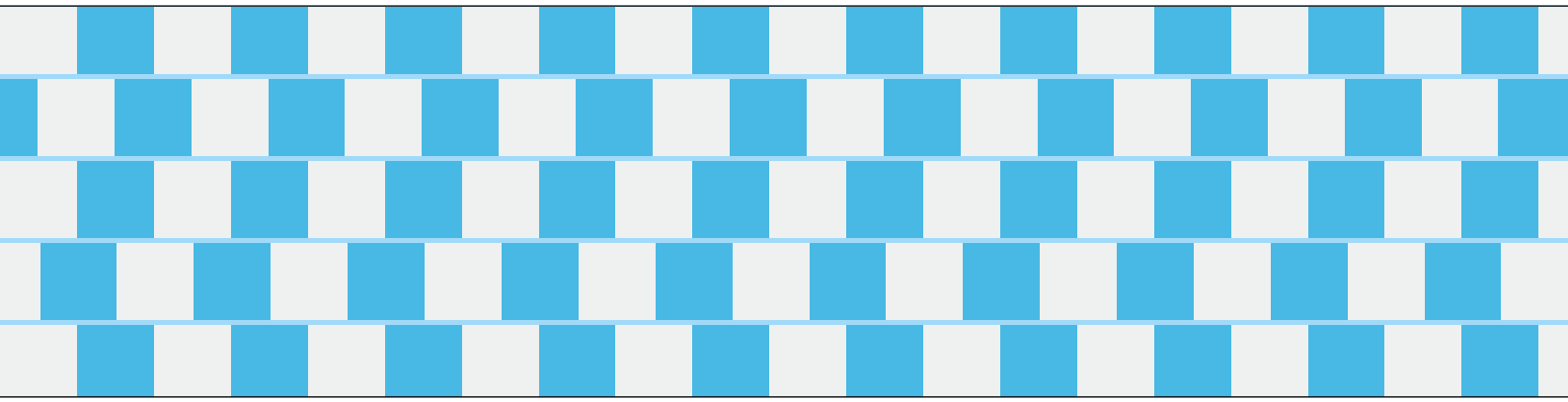
Sie empfangen die Signale von Lichtrezeptoren und Horizontalzellen und leiten sie an die Ganglienzellen weiter.

### Horizontalzellen

Sie bilden Querverbindungen zwischen Zapfen und Stäbchen und verstärken den Bildkontrast.

### Zapfen | Stäbchen

Sie sind die Lichtrezeptoren, die Lichtreize in ein elektrisches Signal umwandeln.



**Kaffeehaus-Täuschung – die waagrechten Linien sind parallel. Der Eindruck der Krümmung entsteht im Gehirn. Es nimmt die hellblauen Linien im Kontrast zu den leicht versetzten weißen und blauen Quadraten nicht als gerade Striche wahr.**



↑ **Stefan Esser forscht im Rahmen seiner Promotion oft in einem stockdunklen Labor. Er misst die Antwort der Netzhautzellen auf Lichtreize. Dazu müssen diese im Dunkeln gehalten werden. Ein Nachtsichtgerät hilft ihm bei seinen Versuchen.**

Grundlage der Sprache der Nervenzellen. Hier sieht er enormen Forschungsbedarf. „Unser Team hat beispielsweise gezeigt, dass jeder Bipolarzelltyp ein spezifisches Repertoire von Ionenkanälen hat.“ Ionenkanäle sind Bausteine in der Zellmembran. Durch sie gelangen elektrisch geladene Teilchen – Ionen – in die Zelle und aus ihr heraus. Da sich die Kanäle öffnen und schließen können, steuern sie wie ein Schalter, ob ein elektrisches Signal in Form von Ionen in der Zelle ankommt.

„Jeder Zelltyp hat sein ganz spezielles Inventar von Kanälen, und das prägt das jeweilige typische Antwortverhalten der Zellen“, führt Müller aus. Seine Arbeitsgruppe konnte beispielsweise in Stäbchen einen Ionenkanal nachweisen, den die Forscher salopp „Notbremse“ nennen. Er schaltet das Signal der Stäbchen bei viel Licht ab.

### EINGEBAUTER LICHTSCHUTZ

Dazu muss man wissen: Bei Dunkelheit sind die hochempfindlichen Stäbchen aktiv, bei Sonnenschein die Zapfen. Der von Müllers Team untersuchte Ionenkanal wird aktiviert, wenn das Signal in den Stäbchen sehr groß wird – also bei zunehmender Helligkeit, zum Beispiel wenn man aus einem dunklen Raum ins helle Sonnenlicht tritt. Damit die Augen in einer solchen Situation nicht dauerhaft geblendet sind, reduziert der Ionenkanal das Signal der Stäbchen automatisch. „Ohne diesen Kanal wären wir bei bestimmten Beleuchtungsbedingungen praktisch blind“, verdeutlicht Frank Müller.

Aber der miniaturisierte Supercomputer „Auge“ hat noch weitere Schaltkreise: „Das Antwortver-

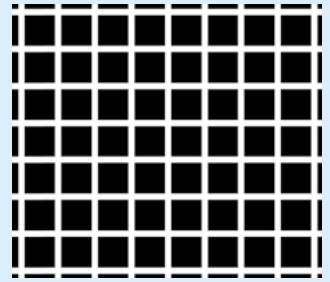
halten der Nervenzellen wird nicht nur durch ihre Ionenkanäle bestimmt, sondern auch durch eine breite Palette von Botenstoffen. Sie helfen der Netzhaut unter anderem dabei, ihre Empfindlichkeit an eine enorme Spannbreite von Lichtintensitäten anzupassen“, schildert Müller. „Bei strahlendem Sonnenschein fällt 10 oder 100 Milliarden mal mehr Licht ins Auge als in einer sternklaren Nacht. Ein Teil dieser Anpassung findet in den Lichtrezeptoren selbst statt, ein anderer Teil im retinalen Netzwerk.“ Und: Verschiedene Nervenzelltypen können auf den gleichen Botenstoff ganz unterschiedlich reagieren. Das beobachten die Forscher mithilfe von Fluoreszenzindikatoren, die sie als leuchtende Spione in Retinazellen einschleusen. Ein weiteres Indiz für ein komplexes System äußerst fein abgestimmter Schaltkreise, das die Forschung bislang nur ansatzweise versteht.

In Anbetracht dieser enormen Komplexität im Auge mutet es gewagt an, Blinden das Sehen zurückgeben zu wollen. Und doch ist es genau das, was Ärzte und Wissenschaftler mit Retinaimplantaten anstreben. Sie hoffen, den noch gesunden Teil der Netzhaut mit künstlichen Impulsen anregen zu können. Prof. Peter Walter, Direktor der Universitäts-Augenklinik Aachen und Kooperationspartner von Frank Müller, hat acht Patienten mit Retinitis pigmentosa operiert.

„Wir verwenden den Chip eines US-Herstellers, der auf die Netzhaut aufgesetzt wird“, erläutert er. Der Chip stimuliert die Nervenzellen mit elektrischen Signalen einer Kamera, die in ein Brillengestell integriert ist. Immerhin können die meisten Betroffenen auf diese Weise starke Kontraste wahrnehmen. Von einer echten Sehhilfe ist

## Gezielte Täuschung

Optische Illusionen zeigen, dass sich unsere Wahrnehmung manchmal von der Realität unterscheidet: Gerade Linien erscheinen gekrümmt, gleichmäßig helle Flächen schattiert. Dieses Vorgaukeln kann Sinn machen. Oft müssen wir schnell einordnen, was wir sehen – etwa um eine Gefahr zu erkennen, wie ein Wild am Straßenrand oder eine Person im schattigen Hausflur. Dazu übertreibt das Auge und lässt uns etwa Kontraste stärker wahrnehmen, als sie eigentlich sind. Forscher können von diesen Phänomenen lernen, wie und wo Auge und Gehirn Informationen verarbeiten. Die Täuschungen auf S. 8-11 etwa entstehen durch die Informationsverarbeitung in der Netzhaut, die Täuschung auf S. 12 erzeugt das Gehirn. Die optische Illusion auf dem Titel ist ein szintillierendes Gitter. Es ist eine Weiterentwicklung des Hermann-Gitters (s. rechts),



»Wenn die Lichtrezeptoren absterben, organisiert sich die Netzhaut um – als würde man in einem Supercomputer hier und dort Kabel umstöpseln.«

das System jedoch noch weit entfernt, sind sich Walter und Müller einig. Ein zentrales Problem ist, dass selbst die größten derzeitig verwendeten Chips mit maximal 1.500 Bildpunkten arbeiten. Das so erzeugte Bildfeld ist klein – etwa so groß wie ein Tennisball, der auf eine Armlänge Abstand betrachtet wird – und die Auflösung ist etwa 100-mal schlechter als bei einer gesunden Netzhaut.

### EMPFANG GESTÖRT

„Man muss auch berücksichtigen, dass sich die Netzhaut im Verlauf der Krankheit stark umorganisiert, so als würde jemand im Inneren eines Supercomputers hier und dort Kabel umstöpseln“, ergänzt Frank Müller. Seine Arbeitsgruppe hat untersucht, wie sich die Krankheit bei Mäusen entwickelt. „Dabei haben wir krankhafte rhythmische Signalfolgen in der Netzhaut gemessen,

die sich mit Phasen normaler Aktivität abwechseln.“ Bisherige Netzhaut-Chips gehen nicht auf diese Veränderungen ein. Sie senden nur ihr Signal an die Nervenzellen. Ist das Netzwerk durch die Krankheit aber stark verändert, können die Nervenzellen möglicherweise nichts mehr mit dem Signal anfangen. Die Teams des Neurobiologen Müller und des Mediziners Walter haben sich deshalb mit Ingenieuren und Elektrotechnikern zusammenschlossen, etwa mit dem Jülicher Bioelektroniker Prof. Andreas Offenhäusser. Sie entwerfen gemeinsam eine neue Generation von Elektroden für Netzhaut-Implantate.

Die Idee: Die Elektroden sollen nicht nur Signale aussenden, um die vorhandenen Nervenzellen zu reizen, sondern auch messen, in welchem Zustand die Netzhaut ist und ob sie die Reize effizient umsetzt. „Wir hoffen, dass wir irgendwann mit solchen bidirektionalen Elektroden krankhafte Aktivität erkennen und durch gezielte Impulse in den Normalzustand zurückversetzen können“, blickt Frank Müller in die Zukunft. Eine Möglichkeit wäre es, gezielt die Nervenzellen anzusteuern, die besonders effektiv auf die künstlichen Signale reagieren. Einen ersten funktionellen Elektroden-Prototypen will die Forschergruppe im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekts „Bidirektionale Kommunikation zwischen Retina-Stimulatoren und Netzhaut“ (BiMEA) bis 2018 vorstellen.

BRIGITTE STAHL-BUSSE

### Filigranes Farbenspiel



Ganglienzellen leiten die vorgefilterte Information von der Netzhaut ins Gehirn. Man schätzt, dass es 15 bis 30 verschiedene Typen von Ganglienzellen gibt. Sie sind zum Beispiel auf das Erkennen von Mustern, Kontrasten, Farben oder Bewegungen spezialisiert. Hier wurden vier Ganglienzellen mit Fluoreszenzfarbstoffen gefüllt. Man erkennt den großen Zellkörper, den filigranen Baum feinsten Fortsätze und die faserartigen Axone, die zum blinden Fleck des Auges ziehen, um den Sehnerv zu bilden.

# Die Mischung macht es

**Erneuerbare Energiequellen stehen nicht rund um die Uhr zur Verfügung. Daher müssen für den deutschen Strommarkt konventionelle Kraftwerke in unregelmäßigen Abständen zugeschaltet werden. Das setzt ihre Komponenten einer hohen Belastung aus. Ein neuartiger Spezialstahl aus Jülich kann diese häufigen Lastwechsel besser verkraften.**

# 12

Jahre muss ein neuer Stahl im Dauerbetrieb erprobt werden. Erst dann kommt er auf den Markt.

Auf den 20. März 2015 hatten sich die deutschen Netzbetreiber monatelang vorbereitet. An diesem Tag schob sich der Mond vor die Sonne und warf seinen Schatten auf die Erde. Die partielle Sonnenfinsternis ließ die Leistung der Photovoltaikanlagen in den Keller sinken. Innerhalb kürzester Zeit mussten die Energieversorger mit konventionellen Kraftwerken gegensteuern. Solche Stromschwankungen finden im kleineren Maßstab tagtäglich in Deutschlands Stromnetzen statt. Denn Sonne und Wind, die im Zuge der Energiewende immer stärker genutzt werden sollen, stehen nicht rund um die Uhr zur Verfügung. Für die Kraftwerkskomponenten bedeutet dieser häufige Lastwechsel eine ganz besondere Herausforderung.

Einst dauerte es rund zehn Stunden, bis ein Dampfkraftwerk im Kaltstart seine Betriebstemperatur von 600 Grad Celsius erreicht hatte. Diese Zeitspanne hat sich mittlerweile auf dreieinhalb Stunden verkürzt. Und für die ersten 500 Grad Celsius bleiben gerade einmal 45 Minuten. „Vor ein paar Jahren war so etwas noch undenkbar. Heutzutage hingegen ist es an der Tagesordnung“, erklärt der Jülicher Wissenschaftler Dr.-Ing. Bernd Kuhn: „Die Kraftwerke sind für solche Betriebsstrategien jedoch nicht gebaut. Durch das schnelle An- und Abfahren ermüden die Stahlkomponenten schnell.“ Der Ingenieur und sein Team am Fachgebiet metallische Werkstoffe und Fügetechnik haben sich daher ein ambitioniertes Ziel gesetzt: Sie möchten den vielfältigsten metallischen Werkstoff, den die Menschheit kennt, fit machen für die neuen An-

forderungen an Dampfkraftwerke. Bernd Kuhn ist zuversichtlich, dass ihnen das auch gelingen wird: „Das Potenzial bisheriger Methoden, die Festigkeit von Hochleistungsstählen zu steigern, ist mittlerweile weitgehend erschöpft. Wir verfolgen einen neuen Ansatz.“

Die Forscher aus Jülich haben einen neuartigen Spezialstahl entwickelt und auf den Namen HiperFer („High Performance Ferritic Steels“) getauft. Er vereint zwei Eigenschaften, die sich bei herkömmlichen Kraftwerksstählen zumindest bei hohen Temperaturen ausschließen: HiperFer widersteht der Korrosion durch heißen Wasserdampf, der in den Kraftwerken zur Energiegewinnung erzeugt wird. Und das Material bleibt selbst unter diesen extremen Bedingungen mechanisch stabil, es ermüdet deutlich langsamer. Damit lassen sich nicht nur häufige Lastwechsel verkraften. Die Dampfturbinen können auch bei weitaus höheren Temperaturen als 600 Grad Celsius betrieben werden. Dadurch erhöht sich die Energieausbeute.

## CHROM SCHÜTZT

Die hohe Temperaturbeständigkeit verdankt HiperFer zum einen seinem vergleichsweise hohen Anteil an Chrom. Das Metall schützt das Eisen vor Korrosion. In herkömmlichen Stählen lässt sich die Menge des Chroms nicht beliebig steigern, da ab einem Anteil von rund 13 Prozent die mechanische Stabilität der Werkstücke leidet. Dieser Herausforderung begegnen die Forscher um Bernd Kuhn, indem sie während der Produktion des Stahls geringe Mengen anderer Elemente wie etwa Niob, Wolfram und Silizium in die heiße



↑ Bis zum Anriss: Bei Ermüdungsversuchen wird getestet, welche Belastung eine HiperFer-Stahlprobe aushält.



Eisenschmelze einmischen. Kühlt der Stahl ab, bilden sich daraus winzig kleine Partikel einer sogenannten intermetallischen Phase. Sie verleihen dem Material eine besonders hohe Festigkeit, erklärt Bernd Kuhn. „Die Zahl, die Größe und die Verteilung der Partikel im Stahl ist entscheidend für die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes“, fügte er hinzu und deutet auf seinen Computermonitor, wo elektronenmikroskopische Aufnahmen der Proben zu sehen sind. Sie erinnern an einen nächtlichen Sternenhimmel. „Diese kleinen weißen Punkte sind keine Sterne, sondern unsere Partikel. Sie dürfen nicht zu klein sein, aber auch nicht zu groß. Und sie müssen möglichst gleichmäßig verteilt sein, damit der Stahl die gewünschten Eigenschaften zeigt.“ Neben dem richtigen Mischungsverhältnis aller Komponenten spielt die Verarbeitung eine wichtige Rolle, zum Beispiel die Umformung oder die Abkühlgeschwindigkeit bei der Herstellung der Bauteile.

### SCHWEISSEN ALS PRÜFSTEIN

Im Moment optimiert Kuhn zusammen mit seinem Team die Verarbeitbarkeit des Stahls. Im Blickpunkt steht dabei vor allem, wie dauerhaft sich die Werkstücke durch Schweißen miteinander verbinden lassen: „Schweißen ist der wichtigste Prozess im Kraftwerksbau. Ein neuer Werkstoff, der sich nur schwer schweißen lässt, wird es auf dem Markt schwer haben.“ Die Eigenschaften des HiperFer-Stahls überzeugen jedoch jetzt schon. Ab Mitte des kommenden Jahres wollen die Jülicher Forscher mit ihren Partnern erproben, wie gut sich der Hochleistungswerkstoff im industriellen Maßstab herstellen lässt. HiperFer könnte nicht nur der Energiewende in Deutschland zugutekommen. Bernd Kuhn ist davon überzeugt, dass auch die chemische Industrie großes Interesse an derartigen Werkstoffen hat: „Aufgrund seiner mechanischen Eigenschaften und guten Korrosionsbeständigkeit eignet sich HiperFer insbesondere für die zukünftige Herstellung von gasförmigen und flüssigen Energieträgern über thermische Umwandlungsverfahren aus regenerativem Wasserstoff und CO<sub>2</sub>. Davon abgesehen: Ein guter Stahl wird immer und überall gebraucht.“

Dennoch wird es noch mindestens zehn Jahre dauern, ehe der Stahl auf den Markt kommen kann. Die Anforderungen an neue Werkstoffe in diesem Bereich sind extrem hoch. Sie müssen unter anderem 100.000 Stunden erfolgreich im Dauertest absolviert haben. Das sind insgesamt rund zwölf Jahre. Der Jülicher Stahl hat etwa die Hälfte dieser Zeit bereits geschafft.

↑ Solche Rohre möchten Dr.-Ing. Bernd Kuhn und seine Kollegen in den kommenden Jahren auch aus HiperFer herstellen.



# Kleiner Fehler, große Wirkung

**Proteine sind lebensnotwendig: Die biologischen Riesenmoleküle sorgen unter anderem für einen reibungslosen Ablauf von Stoffwechsel und Immunabwehr. Fehler in ihrer molekularen Struktur können jedoch zu schweren Erkrankungen wie Parkinson und Alzheimer führen. Der Jülicher Biochemiker Prof. Dieter Willbold spricht im Interview über die großen Wirkungen der kleinen Fehler.**

**Gedächtnisverlust bei Alzheimer, Bewegungsstörungen bei Parkinson, hoher Blutzucker bei Diabetes – spontan würde man die Krankheitsbilder eher nicht miteinander in Verbindung bringen. An Ihrem Institut, Herr Willbold, werden sie aber oft in einem Atemzug genannt. Wie kommt das?**

Die Symptome unterscheiden sich, aber die Ursachen auf der molekularen Ebene sind ähnlich: Moleküle von bestimmten, eigentlich harmlosen Proteinen lagern sich zusammen und formen Aggregate, die im Körper schädlich wirken. Von dieser „Verklumpung“ nimmt dann die jeweilige Krankheit ihren Ausgang. Es sind jeweils verschiedene Proteine und Organe betroffen, aber das zugrunde liegende Phänomen der Aggrega-

tion ist immer das gleiche. Wir wollen verstehen, warum vom Körper selbst hergestellte Eiweiße auf diese Weise zu Krankheitsauslösern werden.

**Gibt es noch mehr Krankheiten, bei denen das eine Rolle spielt?**

Ja, wir kennen viele solcher Krankheiten. Besonders häufig handelt es sich dabei um neurodegenerative Leiden, die Gehirn und Nervensystem schädigen. Neben Alzheimer und Parkinson mit vielen Millionen Betroffenen zählen auch sehr seltene, aber äußerst schwerwiegende dazu – wie die amyotrophe Lateralsklerose (ALS), unter der etwa der Physiker Stephen Hawking leidet, die Huntington-Krankheit oder Creutzfeldt-Jakob.





↑ **Der amerikanische Schauspieler Michael J. Fox leidet seit 1991 an Parkinson. Die von ihm gegründete Stiftung sammelt und verteilt Gelder für die Parkinson-Forschung.**

← **Prof. Dieter Willbold leitet das Institute of Complex Systems, Bereich Strukturbiochemie.**

### **Weiß man, was die Protein-Verklumpungen auslöst?**

Das hat mit Fehlformungen in der molekularen Struktur zu tun. Proteine sind Präzisionswerkzeuge im Körper, mit jeweils genau definierten Funktionen und einer komplexen, genau dafür geeigneten dreidimensionalen Struktur. Zur Aggregation kann es da schon durch kleine Abweichungen und Fehler kommen. Das Fatale ist, dass die Proteine in der aggregierten Form nicht nur ihre eigentliche Funktion verlieren, sondern häufig neue schädliche Eigenschaften gewinnen – etwa giftig werden und dann zum Beispiel Nervenzellen schädigen. Um zu verstehen, was die Strukturen gesunder, korrekt arbeitender Proteine von krankhaft veränderten unterscheidet, braucht man extrem hochaufgelöste Bilder der Molekülstruktur. Wir nutzen dafür in Jülich Methoden wie die NMR-Spektroskopie, die im Idealfall die Position jedes einzelnen Atoms im Molekül liefert.

### **In der Forschung wird über Zusammenhänge zwischen Alzheimer und Diabetes diskutiert, manche Wissenschaftler sprechen sogar von Alzheimer als Diabetes Typ 3. Was hat es damit auf sich?**

Es gibt die Beobachtung, dass Diabetiker mit Diabetes mellitus Typ 2 – der Form, die etwa 90 Prozent der Fälle ausmacht – wesentlich häufiger als andere Menschen an Alzheimer erkranken. Und umgekehrt entwickeln Alzheimerpatienten gehäuft Diabetes. Statistisch sind beide Krankheiten Risikofaktoren füreinander. Die Ursache ist bisher unklar – vielleicht macht ein dauerhaft erhöhter Blutzuckerspiegel anfälliger für Alzheimer, vielleicht begünstigen andere Lebensstilfaktoren beide Krankheitsbilder. In den letzten Jahren hat sich allerdings gezeigt, dass auch die jeweils verantwortlichen Proteine direkt miteinander interagieren können.

### **Könnte das eine Verbindung zwischen den beiden Krankheiten auf molekularer Ebene bedeuten?**

Man weiß noch zu wenig, um eindeutige Zusammenhänge herzustellen. Aber Hinweise wie diese sollten natürlich verfolgt werden. Es ist wichtig, dass die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen krankheitsspezifischen Proteinen jetzt mehr und mehr in den Blick der Forschung treten – auch für ganz praktische Fragen im Umgang mit diesen Krankheiten.

### **Zum Beispiel?**

Etwa für die Frühdiagnose neurodegenerativer Krankheiten. Anders als bei Diabetes, wo man den erhöhten Blutzuckerspiegel messen kann, fehlt es bei Alzheimer und Parkinson bisher an einem „Biomarker“, also an einem verlässlichen, frühzeitig messbaren Indikator für die jeweilige Krankheit. Man ist bisher gezwungen, sich an den Symptomen zu orientieren. Die sind aber gerade zu Beginn oft nicht sehr verlässlich. Deshalb haben wir ein extrem empfindliches Verfahren für den Nachweis und die Analyse von Proteinaggregaten entwickelt, mit dem Ziel, sie als diagnostische Biomarker zu nutzen.

### **Und da wären Protein-Wechselwirkungen ein Problem?**

Unbekannte Wechselwirkungen oder Überschneidungen zwischen den Aggregaten könnten tatsächlich störend wirken. Gerade haben wir Mittel einer gemeinsamen Initiative der amerikanischen Alzheimer's Association und der Michael J. Fox Foundation für Parkinson-Forschung erhalten, um diesen Fragen mithilfe unseres Verfahrens nachzugehen.

### **Wenn das Grundprinzip bei den Krankheiten ähnlich ist, wäre es dann auch denkbar, dass ein Medikament bei mehreren davon Wirkung zeigt?**

Wenn es an dem Prozess der Verklumpung selbst ansetzt und nicht nur an den Symptomen, dann ja. Die Forschungsgruppe von Wolfgang Hoyer an unserem Institut hat zum Beispiel ein Molekül entwickelt, das bestimmte Bereiche an Proteinemolekülen abschirmen kann. Damit ließ sich zumindest im Laborversuch die Verklumpung von relevanten Proteinen für Alzheimer, Parkinson und Diabetes Typ 2 hemmen. Auf diese Übertragbarkeit hoffen wir auch bei einem potenziellen Wirkstoff gegen Alzheimer, den wir in Jülich entwickeln.

### **Wie weit ist da die Entwicklung?**

Wir wissen, dass die Substanz die besonders toxischen Aggregatformen eliminiert und haben in den letzten Jahren viele Informationen über Verträglichkeit und Wirksamkeit in verschiedenen Modellorganismen gesammelt. Nun stehen wir kurz vor dem Antrag für die erste klinische Testphase, in der die Unbedenklichkeit im Menschen getestet wird. Wenn sich später auch bei Patienten zeigen sollte, dass unser Molekül einen Effekt gegen Alzheimer hat, wollen wir versuchen, das Wirkprinzip auf Parkinson, Huntington und ALS zu übertragen.

# Akku hat noch Luft nach oben

**Lithium-Luft-Akkus sind mögliche Nachfolger der heute gängigen Energiespeicher. Jülicher und Münchner Forscher haben herausgefunden, warum sie bislang nur wenige Ladezyklen durchhalten.**



↑ Prof. Rüdiger Eichel leitet das Institut für Energie- und Klimaforschung, Grundlagen der Elektrochemie (IEK-9).

Ein Elektroauto fährt heutzutage rund 150 Kilometer weit, bevor sein Akku wieder aufgeladen werden muss. Eine größere Reichweite gilt als wesentlich für den künftigen Verkaufserfolg der umweltfreundlichen Fahrzeuge. Doch man kann den Akku nicht einfach vergrößern, weil dann zu wenig Platz für Mitfahrer und Gepäck bliebe. Gefragt ist eine Batterie, die bei gleichem Platzbedarf rund 20-mal so viel Energie liefert wie die heutigen Lithium-Ionen-Akkus. Die Lithium-Luft-Batterie kann das – theoretisch.

Praktisch kämpfen Entwickler unter anderem mit dem Problem, dass sich diese Akkus nur einige Male aufladen lassen, bevor sie nur noch wenig Energie speichern können oder gar nicht mehr funktionieren. Ursache sind bisher unverstandene Zersetzungsreaktionen vor allem beim Laden. Genau diese haben Jülicher Batterieforscher um Prof. Rüdiger Eichel gemeinsam mit Wissenschaftlern der TU München mit einer innovativen Messmethode unter die Lupe genommen.

↓ Noch müssen Elektroautos nach rund 150 Kilometern zum Aufladen. Lithium-Luft-Batterien sollen die Reichweite erhöhen.

Ausgangspunkt war ihre Vermutung, dass Singulett-Sauerstoff eine wichtige Rolle bei den Zersetzungsreaktionen spielt. Dabei handelt es sich um Sauerstoffmoleküle, die elektronisch angeregt sind. Dadurch reagieren sie sehr viel schneller mit den Stoffen in ihrer Umgebung als „normaler“ Sauerstoff. Das macht sie auf der einen Seite angriffslustig gegenüber allen Materialien, auf der anderen Seite schwer nachweisbar, da sie sehr kurzlebig sind.

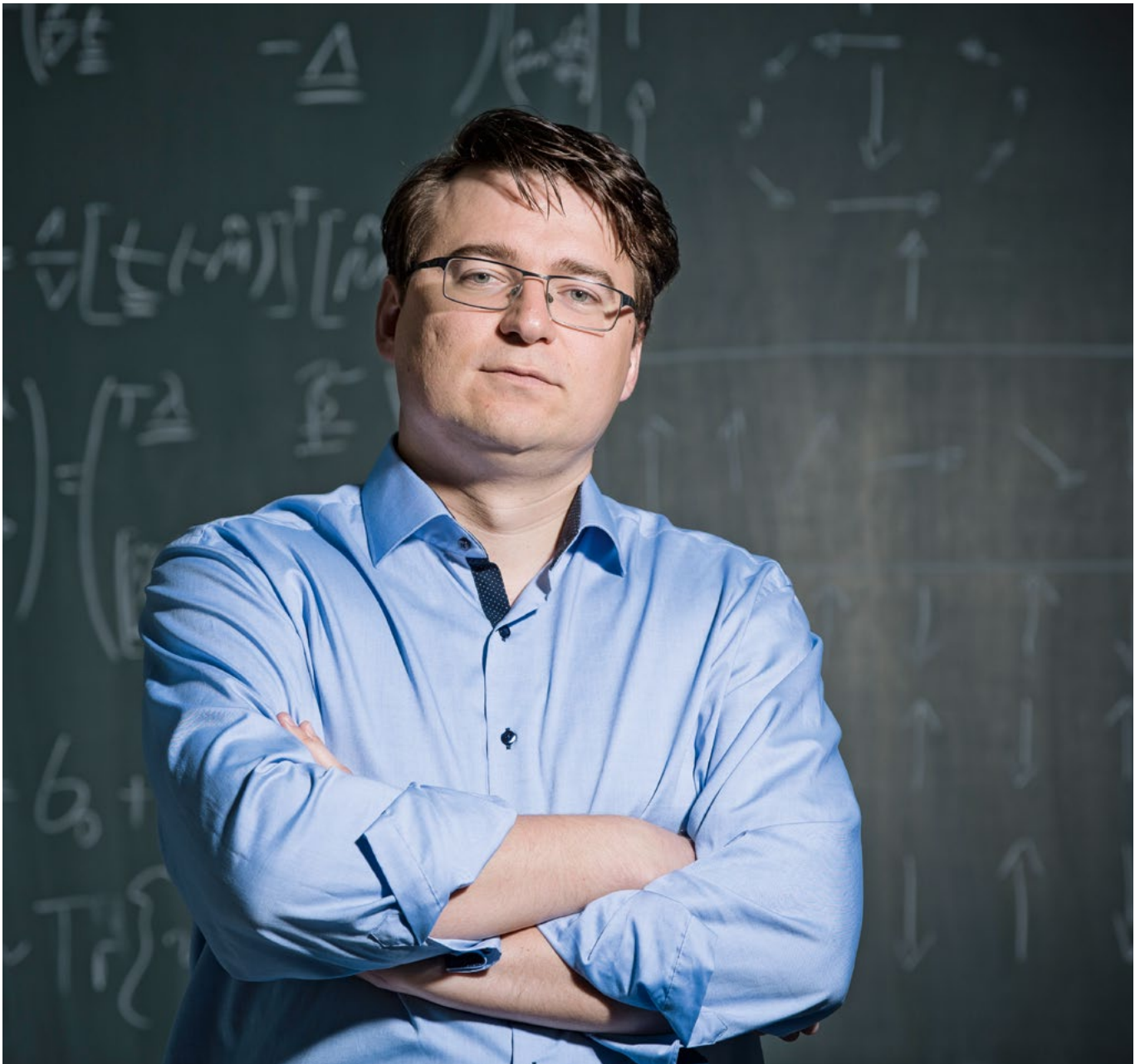
## IN DIE FALLE GELOCKT

Um den vermeintlichen Übeltäter dennoch zu fassen, haben sich die Forscher eines Tricks bedient: „Wir haben den Singulett-Sauerstoff gleichsam in eine chemische Falle gelockt“, erläutert Eichel. Dabei handelt es sich um eine kompliziert aufgebaute chemische Verbindung. Sie reagiert mit dem Singulett-Sauerstoff zu einer weiteren Verbindung mit dem Kürzel 4-Oxo-TEMPO, die stabiler als der Singulett-Sauerstoff ist. Diese lässt sich zudem gut mit der Elektronenspinresonanz-Spektroskopie (ESR) nachweisen.

Die Wissenschaftler haben daher eine Apparatur entwickelt, die ESR-Messzelle und zugleich auch Akku ist. So war es ihnen möglich, ESR-Messungen beim Laden und Entladen des Akkus durchzuführen.

Es zeigte sich, dass tatsächlich 4-Oxo-TEMPO entsteht und damit Singulett-Sauerstoff. „Nun können wir und andere Forscher gezielt den Lithium-Luft-Akku so maßschneidern, dass keine Prozesse stattfinden, bei denen sich reaktiver Singulett-Sauerstoff bildet. Damit haben wir einen neuen Ansatzpunkt, um Akkus länger leistungsfähig zu machen“, sagt Rüdiger Eichel. Stellschrauben seien beispielsweise Zusatzstoffe für den Elektrolyten oder Beschichtungen für die Elektroden.





↑

## Woran forschen Sie gerade, Herr Freimuth?

Dr. Frank Freimuth, Peter Grünberg Institut/Institute for Advanced Simulation, Bereich Quanten-Theorie der Materialien

„Ich möchte Wege finden, Informationen effizienter zu übertragen.

Es geht darum, Daten schneller zu schreiben und dichter zu packen, um Computer deutlich leistungsfähiger zu machen. Dazu nutze ich den Eigendrehimpuls von Elektronen.

Diesen sogenannten Spin möchte ich mit Strom- oder Lichtpulsen steuern – mithilfe von Effekten der Quantenmechanik und Relativitätstheorie. Mein Part ist, theoretisch vorherzusagen, welche Materialien und Methoden sich dafür eignen. Außerdem analysiere ich experimentelle Umsetzungen von Kollegen aus aller Welt.“

# Fundstücke

**Dieses Jahr feiert das Forschungszentrum Jülich sein 60-jähriges Bestehen. Anlass, in die Tiefen des Archivs hinabzusteigen und Fotos und Filme zu sichten. Ein paar Fundstücke zeigen wir Ihnen hier. Den Rückblick zu 60 Jahren Forschung finden Sie unter**

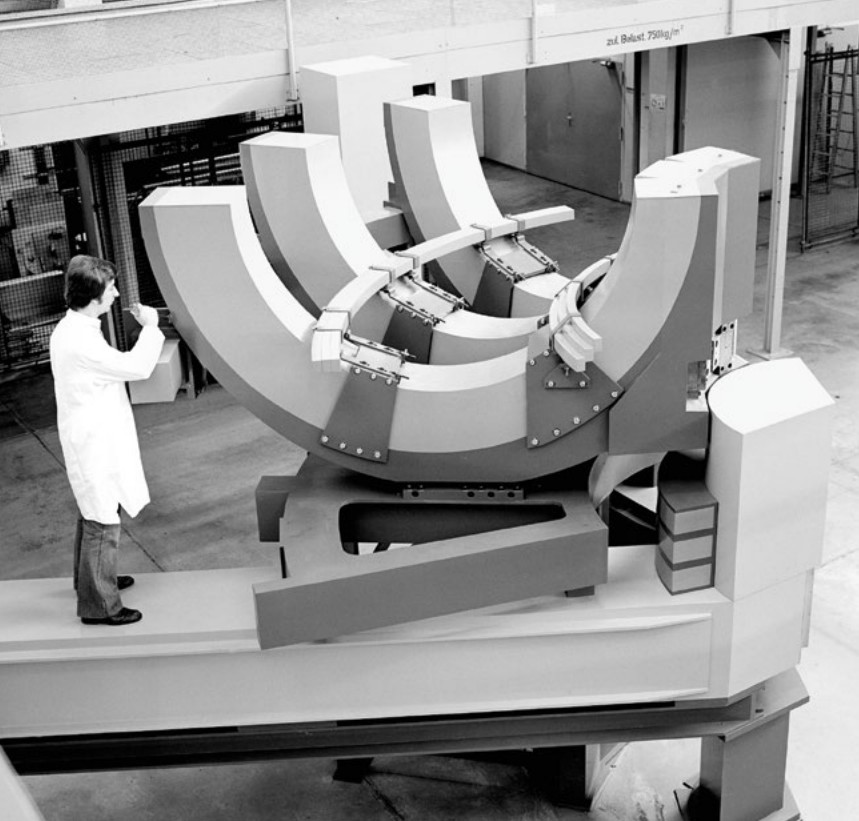
[historie.fz-juelich.de](http://historie.fz-juelich.de)



## FAST VERSCHOLLEN

Am 11. Juni 1958 wurde im Stetternicher Forst bei Jülich feierlich der Grundstein für den Leichtwasser-Reaktor MERLIN gesetzt. Der Akt gilt als Grundsteinlegung für das gesamte Forschungszentrum. Der Reaktor wurde ab 1995 schrittweise stillgelegt und abgerissen. Erst in der letzten Phase der Rückbaus – fast exakt 50 Jahre nach der Feier – konnte der Grundstein geborgen werden.

Das Abbruchunternehmen fand ihn in den Überresten des Fundaments.



### KERN-BAUSTEINE

Sieben Jahre dauerten Planung und Aufbau von Textor, einem Experiment für Kernfusion – im Bild drei Grundelemente für die insgesamt 16 Hauptspulen. 30 Jahre ermöglichte die Anlage neue Erkenntnisse zu Plasmaphysik und Fusionsenergie. 2013 wurde das Gerät abgeschaltet, die Wissenschaftler untersuchen nun verstärkt die Grundlagen des Dauerbetriebs von Fusionskraftwerken.



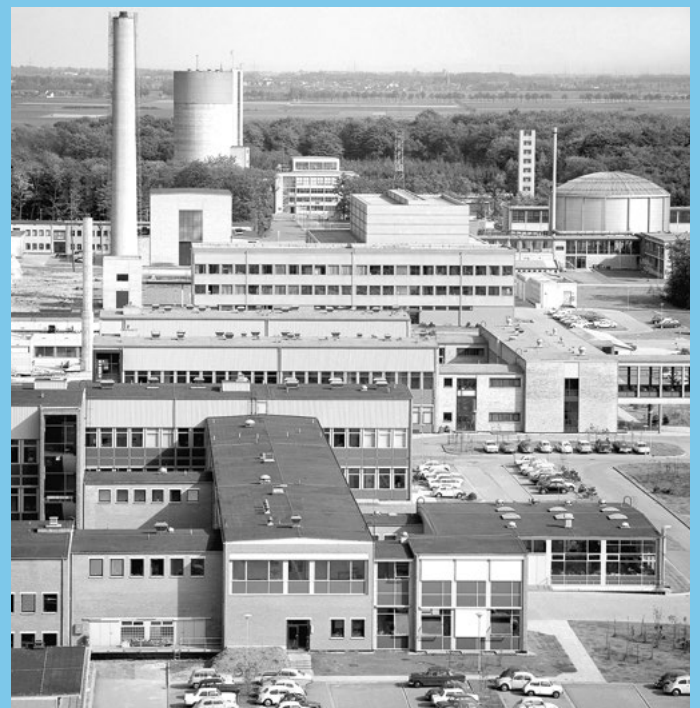
### RECHENWUNDER

Höchstleistungsrechnen hat eine lange Geschichte im Forschungszentrum. 1983 wurde der erste Supercomputer installiert: ein CRAY X-MP/22. Er galt damals als schnellster Rechner Westeuropas.



### BESUCHERMAGNET

Fast alle Bundespräsidenten stellten dem Forschungszentrum einen Besuch ab, beispielsweise Gustav Heinemann (l.) im Oktober 1969. Leo Brandt (r.), Gründer des Forschungszentrums und erster Vorsitzender des Verwaltungsrats, führte Heinemann und dessen Frau Hilda durch die Anlage.



### AUF WACHSTUMSKURS

Kurz nach der Einweihung der Kernforschungsanlage Jülich im Jahr 1961 entstanden zahlreiche Institute und ergänzende Einrichtungen: Blick auf den östlichen Teil des Geländes (1969), im Hintergrund der Schwerwasserreaktor DIDO (r.) und der AVR-Hochtemperaturreaktor (l.).

# Klimaforscher im Untergrund

Bodenständig:  
Dr. Klaus Görden  
(l.) und Prof. Stefan  
Kollet simulieren  
den Wasserkreislauf  
zwischen Atmo-  
sphäre, Pflanzen  
und Landober-  
↓  
flächen.

Nicht nur Wind, Hoch- und Tiefdruckgebiete beeinflussen das Wetter und das Klima – auch Böden, Pflanzen und Grundwasser spielen eine Rolle. Wie diese konkret aussieht, berücksichtigt eine neue Simulationsplattform. Sie könnte die Vorhersagen der Wetterdienste künftig noch verfeinern.



Wetter und Klima? Das hängt vor allem von der Sonneneinstrahlung, Luftmassenbewegungen, Bewölkung oder Niederschlag ab – sollte man meinen. Tatsächlich ist es weit komplizierter: Wetter wie Klima werden nicht allein von Prozessen in der Atmosphäre geprägt, sondern vielmehr vom Wechselspiel der Land- und Meeresoberflächen mit der Atmosphäre. Sprich: Auch die Vegetation und sogar tiefere Bodenschichten beeinflussen Temperaturen und Wetterlage. Nehmen wir etwa ein Gebiet, in dem der Grundwasserspiegel sehr hoch ist. Dort haben Pflanzen auch in niederschlagsarmen Zeiten Zugang zu reichlich Wasser. Sie nehmen es über ihre Wurzeln auf, leiten es in die Blätter und verdunsten es dort an die umgebende Luft. Das wirkt sich auf die Luftfeuchtigkeit aus und kann vielfältige Folgen haben. Eine erhöhte Verdunstung könnte Hitzewellen abschwächen oder kurz andauernde, heftige Niederschläge verstärken.

Forscher wollen kurzfristige Wetterkapriolen und langfristige Klimaveränderungen so genau wie möglich vorhersagen beziehungsweise erfassen. Dazu nutzen sie komplexe Computermodelle. Bislang berücksichtigen die Modelle viele Wechselwirkungen zwischen Grundwasser, Landoberfläche und Atmosphäre jedoch nur stark vereinfacht. Das trägt dazu bei, dass die Simulationen von der Realität abweichen.

## LÜCKEN GESCHLOSSEN

Wissenschaftler aus Bonn und Jülich haben ein Simulationsmodell entwickelt, das solche Wechselwirkungen erstmals präzise berücksichtigt: TerrSysMP, kurz für Terrestrial Systems Modeling Platform, kann dadurch beispielsweise den Wasserkreislauf lückenlos simulieren – und damit hoffentlich besser vorhersagen. Gleiches gilt auch für den Austausch von Gasen wie Stickstoff und Kohlendioxid, die das Klima beeinflussen.

Die Plattform läuft auf den Jülicher Supercomputern JUQUEEN und JURECA und verknüpft bereits existierende Einzelmodelle für Atmosphäre, Landoberflächen und Grundwasser: „Dadurch entsteht etwas gänzlich Neues. Die Plattform ermöglicht Simulationen, bei denen die Einzelmodelle tatsächlich miteinander interagieren“, sagt Prof. Stefan Kollet, Leiter des Kompetenzzentrums für wissenschaftliches Hochleistungsrechnen in terrestrischen Systemen (HPSC TerrSys). Und: TerrSysMP berechnet auch Größen, die von anderen Simulationsprogrammen außer Acht gelassen werden, wie etwa die Grundwasserneubildung und die Menge des Wassers im Boden, die Pflanzen

tatsächlich zur Verfügung steht. Diese Information soll Landwirten die Entscheidung erleichtern, ob ein Feld bewässert werden muss oder nicht.

## WETTERDIENST LIEFERT DATEN

Um überhaupt Simulationen rechnen zu können, benötigt TerrSysMP zunächst einmal grundsätzliche Informationen: Das sind beispielsweise physikalische Eigenschaften, die beschreiben, wie der Boden beschaffen ist, welches Gestein vorliegt oder wie porös und wasserdurchlässig der Untergrund ist. Neben diesen Angaben, die sich im Laufe der Zeit nur wenig ändern, wird das Modellsystem automatisch mit aktuellen Vorhersagen vom Deutschen Wetterdienst DWD und vom European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) gespeist. Dazu zählen Temperatur, Wasserdampfgehalt der Luft sowie Windgeschwindigkeit und -richtung. Diese Werte stellen die Startbedingungen für das Teilmodell der Atmosphäre dar. Auf dieser Basis simuliert TerrSysMP, wie sich etwa Luftdruck und Temperatur sowie der Austausch von Wasser und anderen Stoffen zwischen Landoberfläche, Boden und Grundwasser entwickelt. „Das berechnen wir täglich für Europa und seine Flusseinzugsgebiete für drei Tage im Voraus – und zwar mit einer Auflösung von zwölf mal zwölf Kilometern. Wir haben auch schon Testläufe mit drei mal drei Kilometern durchgeführt“, berichtet Dr. Klaus Gørgen vom Jülicher Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-3), der zugleich am Simulation Laboratory Terrestrial Systems tätig ist. Für Nordrhein-Westfalen simulieren die Forscher den Wasser- und Energiekreislauf noch einmal gesondert. Etwa eine Stunde benötigt der Superrechner, um die Entwicklung für die kommenden 24 Stunden zu berechnen.

Die täglichen Ergebnisse stellen die Forscher auf YouTube zur Verfügung. Die Videos zeigen zum Beispiel, wie sich der aktuelle Grundwasserstand im Tagesverlauf ändert. Geplant ist auch eine eigene Website, wo Nutzer interaktiv auf die Daten zugreifen können. Als Zielgruppe sehen die Wissenschaftler vor allem die Wasser- und Landwirtschaft sowie Forschergruppen. Läuft TerrSysMP wie geplant, könnten auch die Wetterdienste von dem Vorhersagemodell profitieren. Momentan arbeiten Hydrologen und Meteorologen an der genauen Überprüfung der Simulationsergebnisse. Langfristig wollen die Forscher aktuelle Beobachtungsdaten in die Simulationen einbeziehen – und die Wechselwirkungen des Untergrundes mit dem Wetter nochmals verbessert erfassen.

JANINE VAN ACKEREN

# 12x12

Kilometer beträgt die Auflösung, mit der TerrSysMP Europa und seine Flusseinzugsgebiete berechnet.

## Täglich neu

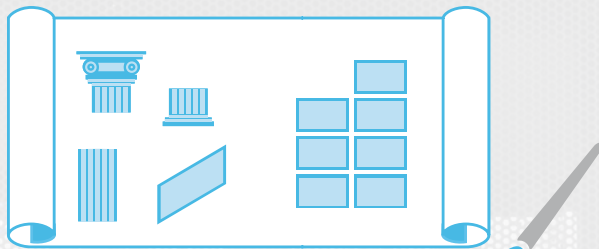
25 Videos mit Simulationen stellen die Forscher pro Tag auf dem Internetportal YouTube ein.

[www.fz-juelich.de/terrsys](http://www.fz-juelich.de/terrsys)



# EFFIZIENTER RECHNEN

Optimale Arbeitsteilung ist das Zauberwort, beim Bau eines Tempels ebenso wie beim Höchstleistungsrechner. Supercomputer für wissenschaftliche Simulationen sollen auf diese Weise bis zu 1.000-mal leistungsfähiger werden als bisher und weniger Energie verbrauchen. Das Neue dabei: Zwei unterschiedliche Rechnertypen – Cluster und Booster – werden in einem Gerät vereint. Dadurch lassen sich die verschiedenen Arbeiten, die bei Simulationen anfallen, besonders effizient erledigen. 16 Partner aus 8 europäischen Ländern – koordiniert vom Forschungszentrum Jülich – haben das Cluster-Booster-Konzept im Projekt DEEP umgesetzt.



*Bevor ein Tempelbau beginnt, legen die Baumeister fest, welche Bauelemente sie für die Arbeiten benötigen.*

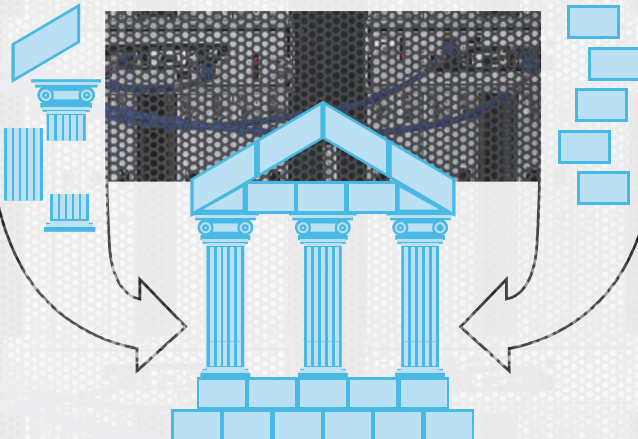


*Wenige hochqualifizierte Bildhauer stellen die komplexen und filigranen Teile her.*

*Um effizient zu einem Ergebnis zu gelangen, wird die Herstellung der Bauelemente zwischen Bildhauern und Steinmetzen aufgeteilt.*



*Zahlreiche weniger qualifizierte Steinmetze fertigen die vielen einfachen Steinquader.*



*Aus all diesen Bauelementen wird schließlich der Tempel errichtet.*

1

## DIE PLANUNG

Um einen Prozess am Rechner zu simulieren, stellen Wissenschaftler ein physikalisch-mathematisches Modell auf. Es besteht aus vielen Rechenvorschriften, die der Computer durchführen muss. Er muss also zahlreiche unterschiedlich anspruchsvolle Aufgaben lösen, um ein Ergebnis zu erhalten – so wie Steinmetze und Bildhauer viele verschieden komplizierte Bauelemente fertigen müssen, um einen Tempel zu bauen.

2

## DIE ARBEITSPHASE

Die Rechenarbeit wird wie bei der Bearbeitung der Bauelemente aufgeteilt: Der Cluster übernimmt die komplexen, besonders anspruchsvollen Aufgaben, die sich schlecht in mehrere gleichartige Teilaufgaben zerstückeln lassen. Die zahlreichen, leistungsschwächeren Prozessoren des Boosters bearbeiten die einfacheren Aufgaben, die sich gut in parallel lösbare Teilaufgaben zerlegen lassen.

3

## DAS ERGEBNIS

Die vom Cluster und vom Booster gelösten Aufgaben werden zu einem Ergebnis zusammengeführt: Die Simulation ist fertig.



# Ein duftes Projekt

**Es riecht betörend und kostet ein Vermögen: das Harz des Adlerholzbaumes. Die Jagd auf den kostbaren Duftstoff hat einen Wettlauf zwischen Aussterben und Aufforsten entfacht.**

Eigentlich will sich der tropische Adlerholzbaum nur schützen: Wird er verletzt und von einem Pilz befallen, wehrt er sich, indem er einen der begehrtesten Rohstoffe der Welt produziert, ein duftendes Harz, das höher gehandelt wird als Gold. In Saudi-Arabien, Taiwan und China wird es wegen seines betörenden Dufts überwiegend als Räucherholz verwendet. Für die Parfümindustrie ist das aus dem harzigen Holz gewonnene Öl einer der begehrtesten Duftstoffe.

„In den vergangenen Jahren ist die Adlerholz-Nachfrage explodiert“, erzählt der Jülicher Pflanzenwissenschaftler Dr. Claudio Cerboncini. Der großen Nachfrage steht allerdings nur ein geringes Angebot gegenüber: Lediglich 1.000 Tonnen des Rohstoffes werden jährlich produziert – und zwar fast ausschließlich aus illegalem Raubbau. Der Marktwert eines hochwertigen harzgetränkten Holzstücks kann bis zu 2 Millionen Dollar pro Kilogramm erreichen.

## BESTAND STARK DEZIMIERT

Die Jagd auf das seltene Harz hat den Bestand der artengeschützten Laubbäume stark dezimiert: Adlerholz-Jäger durchkämmen die Regenwälder in Indonesien, Thailand, Vietnam und Malaysia und fällen – ob gesund oder infiziert – jeden Adlerholzbaum. Dabei entsteht das Harz ausschließlich im Kernholz der Baumgattungen Aquilaria und Gyrinops und wird nur von jedem zehnten Baum gebildet.

Längst hat ein Wettlauf zwischen Aussterben und Aufforsten begonnen. Ein Jülicher Team um Claudio Cerboncini sucht in einem dreijährigen vietnamesischen Kooperationsprojekt nach nachhaltigen Produktionsalternativen. Gestartet im Januar 2016, arbeiten in „Vietwood“ Wissenschaftler von

der Forstuniversität Hanoi, vom Forschungszentrum Jülich und von einem deutschen Aroma- und Duftstoffhersteller Seite an Seite, um dem Geheimnis des Naturproduktes auf die Spur zu kommen. Kein leichtes Unterfangen, denn mehr als 200 Aromastoffe verleihen dem Adlerholz seinen einzigartigen Duft.

„Wir verfolgen zwei Ansätze“, erklärt Cerboncini, der sich seit einigen Jahren mit Adlerholz beschäftigt und bereits in Indonesien erfolgreich ein Projekt begleitet hat. Zum einen wollen die Wissenschaft-

ler herausfinden, welche Pilze die Bildung des Harzes auslösen. Dafür impfen sie die Baumgattungen Aquilaria und Gyrinops mit verschiedenen Pilzen. „So können wir gleichzeitig feststellen, mit welchen Pilzen sich eine Harzqualität erzeugen lässt, die für die Industrie von Interesse ist“, erklärt Cerboncini. Zum anderen versuchen die Forscher, ein biotechnologisches Verfahren zu entwickeln: Aus Zellkulturen im Labor wollen sie den Naturstoff synthetisch nachbauen, um den Raubbau einzudämmen.

KATJA LÜERS

**Aus dem Dschungel →  
in die Flasche: Öl  
aus dem Harz des  
Adlerholzbaumes ist  
ein begehrter Duft-  
stoff für Parfüme.**



# Raum-Station

Von außen futuristisch, von innen hochmodern:  
Das „:envihab“ in Köln hat die Zukunft des Menschen im Visier – auf der Erde und im Weltraum. Auch Jülicher Forscher trifft man in der Anlage des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR).



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 nach Köln.

Die Forschungsanlage :envihab wurde im Juli 2013 nach rund zweijähriger Bauzeit eröffnet.

Mit seiner silbern schimmernden Metallhaut wirkt das preisgekrönte Gebäude fast außerirdisch. In der Forschungseinrichtung „:envihab“ – zusammengesetzt aus „environment“ (englisch: Umwelt) und „habitat“ (lateinisch: Lebensraum) – dreht sich alles um den Menschen. Und zwar um dessen Gesundheit und Leistungsfähigkeit unter extremen Bedingungen, wie sie etwa im All herrschen. Die Anlage erlaubt es, mit verschiedenartigen Geräten die Folgen etwa von Schwerelosigkeit oder Schlafmangel zu untersuchen. Davon profitierte auch der deutsche Astronaut Alexander Gerst nach seinem Aufenthalt auf der Raumstation ISS. Er war 2014 der erste Europäer, der nach seiner Rückkehr nicht in Moskau oder Houston betreut wurde, sondern im „:envihab“.

Zu den Geräten gehört beispielsweise eine Kombination aus Positronenemissions-Tomograf (PET) und Kernspin-Tomograf (MRT), um funktionelle und strukturelle Veränderungen im Gehirn sichtbar machen zu können. Dieses nutzen Forscher des Jülicher Instituts für

2,2  
plus

Neurowissenschaften und Medizin (INM-2) im Rahmen einer Kooperation mit dem DLR: „Wir und unsere DLR-Partner haben Kompetenzen, die sich perfekt ergänzen“, sagt Prof. Andreas Bauer vom INM. „Wir bringen Wissen und Erfahrung mit bildgebenden Verfahren und speziell für das PET-MRT in die Zusammenarbeit ein. Andererseits profitieren wir vom DLR-Know-how bei der Untersuchung und Überwachung von Körperfunktionen.“

Aktuell etwa untersucht der Jülicher Mediziner Dr. David Elmenhorst gemeinsam mit DLR-Kollegen, warum sich Schlafmangel bei verschiedenen Menschen unterschiedlich auf die Leistungsfähigkeit auswirkt. Dazu leben insgesamt 36 Probanden für elf Tage und Nächte unter streng kontrollierten Bedingungen im „:envihab“. Die Forscher möchten mithilfe von Hirnscans belegen, dass der Botenstoff Adenosin bei den individuell unterschiedlichen Folgen von chronischem Schlafentzug eine wichtige Rolle spielt.

FRANK FRICK



## Fakten zu :envihab

8 separate Module, ausgestattet unter anderem mit Kurzarmzentrifuge, Physiologielabor, Barolabor (Einstellung verminderten Drucks)

Fläche: ca. **5.400** m<sup>2</sup>, davon **3.500** für die Forschung

Höhe: ca. **9,25** m



# GEFÄLLT UNS

---

## EFFZETT-LESERUMFRAGE

### Danke!

Viele Rückmeldungen zur Leserumfrage sind uns ins Haus geflattert. Wir danken allen Teilnehmern. Und wir haben erfreut festgestellt: Die „effzett“ gefällt Ihnen. In fast allen Kategorien bewerteten Sie das Magazin mit „sehr gut“. Das bestärkt uns, dass wir auf dem richtigen Weg sind. Am wichtigsten sind Ihnen Beiträge über Energie. Das werden wir künftig berücksichtigen, so ist für die nächste Ausgabe beispielsweise Wasserstoff als Titelthema vorgesehen. Die fünf Umfrageteilnehmer, die bei unserem Preisspiel gewonnen haben, können sich bis dahin mit dem Luftantrieb ihres neuen Modellautos beschäftigen – herzlichen Glückwunsch und viel Spaß damit!

## PHYSIK FÜR FLÜCHTLINGE

### Freiwillige Helfer gesucht

Kommt der nächste „Jugend forscht“-Gewinner aus Afrika oder dem Nahen Osten? Die Chancen dafür erhöht das Projekt „Physik für Flüchtlinge“, mit dem die Deutsche Physikalische Gesellschaft auf junge Menschen in Flüchtlingsunterkünften zugeht. Freiwillige Helfer bringen Kindern und Jugendlichen, die aus ihrer Heimat fliehen mussten, durch eigenes Experimentieren auf andere Gedanken, begeistern sie für Physik und versuchen, sie ein Stück in unsere Gesellschaft zu integrieren. Mit über 500 freiwilligen Studenten, Doktoranden und Wissenschaftlern war das Pilotprojekt im Dezember 2015 ein großer Erfolg. Nun suchen die Initiatoren Helfer für die nächste Runde.

- [WWW.DPG-PHYSIK.DE/PFF](http://WWW.DPG-PHYSIK.DE/PFF) -



## MÜCKENATLAS

### Her mit den Plagegeistern

Der Sommer ist da und mit ihm ein ungeliebter Plagegeist: die Stechmücke. Doch Forscher des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung freuen sich über jedes einzelne Exemplar. Bürger sollen die kleinen Blutsauger im Dienst der Wissenschaft einfangen und den Experten zuschicken. Denn die wollen feststellen, wie verbreitet die verschiedenen Arten sind, etwa eingewanderte Exemplare aus Asien. Seit 2012 arbeiten sie an einem entsprechenden Mückenatlas. Mückenjäger müssen aber berücksichtigen: Zerquetschte oder platt gedrückte Insekten sind für die Wissenschaft unbrauchbar. Die Forscher empfehlen, Mücken mit einem Gefäß einzufangen, über Nacht einzufrieren und auch in einem Gefäß zu verschicken.

- [WWW.MUECKENATLAS.DE](http://WWW.MUECKENATLAS.DE) -

# FORSCHUNG IN EINEM TWEET

Durchblick statt Blackout: Formel sagt Stromausfälle voraus und identifiziert Schwachstellen im Stromnetz. #Energiewende

---



## Dr. Dirk Witthaut

entwickelte die Formel mit Kollegen – auch in Hinblick auf die Energiewende. Denn die sorgt für steigende Lasten im Stromnetz. Fällt eine Leitung aus, müssen andere einspringen. Die Formel zeigt sofort, wie das Netz auf einen Ausfall reagiert. Dies ergänzt aufwendige Simulationen und zeigt Schwachstellen.

[www.fz-juelich.de/stromausfall](http://www.fz-juelich.de/stromausfall)

Mitglied der: