

# effzett

DAS MAGAZIN AUS DEM FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH

3-17

## Jülicher Meisterwerke

Wie Ingenieurskunst die  
Forschung voranbringt

**VIELE RÄTSEL**  
Was AIDS mit  
Recycling zu tun hat

**ALLES BIO**  
Warum die Zukunft der  
Bioökonomie gehört

**GROSSES POTENZIAL**  
Wo Graphen eingesetzt  
werden könnte



## Erfolgreiche Annäherung

Festkörperphysiker trifft heiligen Hirsch. Eine Konferenz zur Neutronenforschung im Tempelbezirk von Nara in Japan hat das Zusammentreffen ermöglicht. Dafür ist Tobias Cronert aber nicht so weit gereist. Er wollte vor allem seine Kontakte zu japanischen Partnern vertiefen: Demnächst wird er am Forschungsinstitut RIKEN mit deren Teilchenbeschleuniger samt Neutronenquelle experimentieren. Im Projekt High Brilliance Neutron Source will er gemeinsam mit Kollegen eine ähnliche Quelle in Deutschland aufbauen: Sie soll stark gebündelte Neutronen produzieren. Diese Technik ermöglicht auch kleine Neutronenquellen für ausgewählte Experimente im eigenen Labor.

**Blog von Tobias Cronert:** [blogs.fz-juelich.de/neutronsauce](https://blogs.fz-juelich.de/neutronsauce)

NACHRICHTEN

5

TITELTHEMA**Kunststück!**

Nicht von der Stange:  
Maßgeschneiderte Instrumente aus  
Jülicher Werkstätten bringen die  
Forschung voran.

8

FORSCHUNG**Mit dem Taxi zur  
Zellmembran**

Wie HIV das Immunsystem angreift.

16

**Vom Abort auf  
den Acker**

Ein sehr spezieller Dünger soll die  
Ernte und das Klima verbessern.

18

**Was ist  
Bioökonomie?**

Der ewige Kreislauf: Wie wir künftig  
alle Menschen mit Nahrung, Energie  
und Rohstoffen versorgen können.

20

**Das Jahrhundert  
der Biologie**

Ein Gespräch mit Ulrich Schurr

22

**Der Übersetzer**

Rudolf Merkel  
bringt Forscher verschiedener  
Disziplinen zusammen.

24

**Aus der Mine  
ins Labor**

Graphen ist enorm leitfähig  
und extrem stabil.  
Wo lässt sich das nutzen?

26

RUBRIKEN**Aus der Redaktion**

4

**Impressum**

4

**Woran forschen  
Sie gerade?**

19

**2,2 plus**

30

**Gefällt uns**

31

**Forschung in einem  
Tweet**

32

# Hinter den Kulissen



↑ Die effzett können Sie auf allen Endgeräten lesen – vom Smartphone bis zum PC. Einfach online aufrufen: [effzett.fz-juelich.de](http://effzett.fz-juelich.de)

Und schon wieder Champion! Zum vierten Mal in Folge hat Mercedes in der Formel 1 abgesahnt und sowohl die Fahrerweltmeisterschaft als auch die Teamwertung gewonnen. Ein Triumph der überlegenen Fahrer? Nicht nur. Denn ohne ein starkes Auto kann selbst der beste Fahrer in der Königsklasse des Motorsports nicht gewinnen. Techniker, Ingenieure und Designer legen den Grundstein für den Erfolg, in dem sie laufend an einem noch besseren, schnelleren Wagen tüfteln. Auch in der Wissenschaft geht es so emsig hinter den Kulissen zu. Ingenieure und Techniker in Jülicher Werkstätten entwerfen und bauen ausgeklügelte, einzigartige Instrumente, mit denen spektakuläre Experimente und Ergebnisse überhaupt erst möglich werden. Wie viel Arbeit hinter solchen Meisterwerken der Ingenieurskunst steckt und was man damit erforschen kann, das verrät unsere Titelgeschichte.

In der Forschung sind noch weitere Künste gefragt, etwa das Übersetzen. Manchmal sprechen nämlich Wissenschaftler aus verschiedenen Fächern ganz unterschiedliche Sprachen. Darüber hinaus klären wir wieder diverse Fragen in dieser Ausgabe, etwa warum das kommende Jahrhundert der Biologie gehört oder warum ein HIV-Protein ein Taxi benötigt.

Viel Vergnügen beim Lesen wünscht

Ihre effzett-Redaktion

## Impressum

**effzett** Magazin des Forschungszentrums Jülich, ISSN 1433-7371

**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 Panknin, Brigit Pfeiffer, Dr. Arndt Reuning, Tobias Schlößer, Dr. Barbara Schunk, Brigitte Stahl-Busse, Dr. Janine van Ackeren, Erhard Zeiss

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

**Bildnachweis:** Forschungszentrum Jülich/ C. Heßelmann (7 re.), Forschungszentrum Jülich/ Sascha Kreklau (Titel, 3 li. o., 6, 7 o. li. und o. re., 8, 10, 12-15, 19, 25), Forschungszentrum Jülich/ Ralf-Uwe Limbach (7 o. Mitte, 11, 26, 27 u.), Forschungszentrum Jülich/Wilhelm-Peter Schneider (3 Mitte, 17 o., 23 o., 29 u.), Jens Neubert (17 u. (Figur)), SeitenPlan (20-21 (Grafiken)), Michael Ströck (29 o.), [www.youtube.com/100sekundenphysik](http://www.youtube.com/100sekundenphysik) (31), Paul Zakalek (2), alle im Folgenden genannten Motive sind von Shutterstock.com: Anton\_Ivanov (18), Marcel Clemens (32), dani daniar (5 o.), goir (4 (Handy), iconvectorstock (17 u. (Koffer)), K. Narloch-Liberra (2629 (Hinterlegung)), PhawKStudio (3 re.), Irina Poliakova (28), rangizz (20-23 (Feld von oben)), Sentavio (3 li. u.,

16 (Taxi)), Andrei Shumskiy (27 o.), SuriyaPhoto (4 (Laptop)), Syda Productions (5 u.), trabantos (30), Visual Generation (24-25 (Köpfe))

**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:** 6.000





KLIMAFORSCHUNG

## Land unter

Fluch und Segen zugleich: Jedes Jahr sorgt der Sommer-Monsun in Südasien für verheerende Überschwemmungen, gleichzeitig bringt er den notwendigen Regen für Felder und Pflanzen. Seine Rolle im globalen Klimasystem ist noch weitgehend unverstanden. Neue Messdaten sollen das ändern. Ein europäisches Forscherteam unter Jülicher Leitung hat dazu im Juli und August in Nepal erstmals den Monsun in luftiger Höhe untersucht: Spezielle Instrumente an Bord des Forschungsflugzeugs M55-Geophysica erfassten in bis zu 20 Kilometern Höhe Spurengase und kleinste Partikel. Die Messkampagne ist Teil des EU-Projekts StratoClim. Die Ergebnisse sollen langfristig zuverlässigere Klimaprognosen ermöglichen.

Link zum Blog: [blogs.fz-juelich.de/climateresearch](https://blogs.fz-juelich.de/climateresearch)

– JÜLICH SUPERCOMPUTING CENTRE –



GEHIRNFORSCHUNG

## Glückshormon als Lockmittel

Nervenzellen im Gehirn wachsen entlang geordneter Bahnen. Forscher aus Heidelberg, Jülich und Aachen haben herausgefunden, dass das „Glückshormon“ Serotonin eine Schlüsselrolle dabei spielt. Nach der Bildung im Hirnstamm wird das Hormon gezielt im Gehirn verteilt. Dort wirkt es quasi als Lockmittel für die Nervenzellen. Die Forscher konnten nachweisen, dass Nervenzellen zügig und gezielt entlang dieser Bahnen wachsen – allerdings nur, wenn die Zellen einen Rezeptor für Serotonin hatten.

– INSTITUT FÜR NEUROWISSENSCHAFTEN UND MEDIZIN –

## NACHGEFRAGT

# Ein Meilenstein



**Fortschritt in der Alzheimer-Forschung:**  
Ein deutsch-niederländisches Team hat sehr scharfe Bilder von Amyloid-Fibrillen aufgenommen. Diese kommen in den typischen Eiweißablagerungen im Gehirn von Alzheimer-Patienten vor. Jülicher Biochemiker um Dr. Lothar Gremer, Juniorprofessor Gunnar Schröder und Prof. Dieter Willbold (im Bild) sind maßgeblich an den Arbeiten beteiligt.

### Prof. Willbold, warum sind diese Bilder etwas Besonderes?

Die Fibrillen sind enorm dünn: etwa sieben Nanometer. Noch niemand hat bislang so genaue Aufnahmen von ihrer dreidimensionalen Struktur gemacht. Daran lassen sich bisher unbekannt Details erkennen.

### Was bringt es, diese Details zu kennen?

Wir können nun besser erklären, wie körpereigene Eiweiße, die Amyloid-beta-Proteine, die schädlichen Ablagerungen bilden. Und wir verstehen besser, wie genetische Faktoren die Entstehung von Alzheimer beeinflussen, etwa indem sie die Stabilität der Amyloid-Fibrillen erhöhen oder verringern.

Das ist ein Meilenstein für die Forschung.

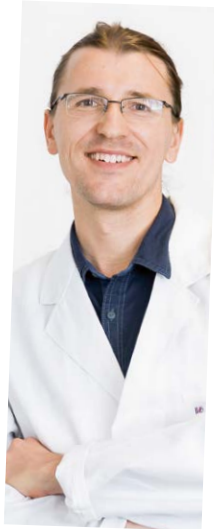
### Hat das Konsequenzen für die Therapie?

Nicht sofort. Aber dank dieser Daten können wir noch gezielter Wirkstoffe gegen die Krankheit entwickeln.

DIE FRAGEN STELLTE CHRISTIAN HOHLFELD.

## Präzise messen mit Radiowellen

Jülicher und Aachener Wissenschaftler haben ein Laser-ähnliches Phänomen entdeckt, mit dem sich der Aufbau organischer Moleküle mit bislang unerreichter Präzision messen lässt. Der sogenannte Raser (Radiowave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) arbeitet nicht mit Licht, sondern nutzt Radiowellen zur Anregung von Protonenspins in Molekülen – und ermöglicht so einen genauen Fingerabdruck ihrer Struktur. Anders als die üblicherweise für solche Analysen genutzte Kernspinresonanz-Spektroskopie benötigt der Raser weder ein Vakuum noch tiefe Temperaturen oder starke Magnetfelder.



#### STARTING GRANTS

## Exzellenter Nachwuchs

Der Europäische Forschungsrat fördert drei Jülicher Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit „Starting Grants“ für exzellente Nachwuchsforscher: die beiden Biotechnologinnen Juniorprofessorin Dörte Rother und Prof. Julia Frunzke sowie den Nanotechnologen Dr. Christian Wagner (v.l.n.r.). Die Preisträger erhalten in den nächsten fünf Jahren bis zu 1,5 Millionen Euro, um Grundlagenforschung zu betreiben. Julia Frunzke beschäftigt sich mit bakteriellen Viren, sogenannten Phagen. Dörte Rother entwickelt lichtgesteuerte Enzymkaskaden zur maßgeschneiderten Herstellung von Wirkstoffmolekülen und Christian Wagner untersucht, wie sich Moleküle mit einem Tieftemperatur-Rastersondenmikroskop manipulieren lassen (siehe auch S. 19).

# 650

## Liter Wasserstoff ...

... kann die organische LOHC-Trägerflüssigkeit Dibenzyltoluol pro Liter speichern. Den technischen und finanziellen Aufwand dafür haben Forscher aus Jülich und Erlangen nun halbiert: Das LOHC wird jetzt in einem einzigen Apparat sowohl beladen als auch entladen. Bisher benötigte man dafür zwei Geräte. Wasserstoff kann überschüssige Energie aus erneuerbaren Quellen wie Sonne und Wind zur späteren Verwendung speichern. Sichere und effiziente Verfahren für diese Speicherung sind ein wichtiger Baustein für die Energiewende.

– HELMHOLTZ-INSTITUT ERLANGEN-NÜRNBERG  
FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN –



### DAUER-BRENNER

Sie läuft und läuft. Seit zehn Jahren liefert eine von Jülicher Wissenschaftlern entwickelte keramische Hochtemperatur-Brennstoffzelle Strom – ein Rekord. Zellen dieser Art erzielen hervorragende Wirkungsgrade und gelten als besonders wartungsarm. Der Jülicher Rekord zeigt, dass sie auch lange halten.

### SUPERCOMPUTER PER BAUKASTEN

Das EU-Projekt DEEP-EST will einen neuartigen modularen Supercomputer entwickeln – maßgeschneidert für hochkomplexe Programme. In dem Rechner werden nach dem Baukastenprinzip unterschiedliche Rechenmodule kombiniert, unter anderem für die Analyse großer Datenmengen. Ein Prototyp ist bis 2020 geplant.

### STARKER HEMMER

Einem internationalen Team von Wissenschaftlern ist es gelungen, das Enzym PIN1 zu deaktivieren. Dieses spielt eine Schlüsselrolle bei Krebs und neurodegenerativen Erkrankungen. Tests in Zellen und lebenden Systemen zeigten, dass die Deaktivierung des Enzyms Wachstum und Ausbreitung von Krebszellen hemmt.

# Kunststück!

Massenware? Fehlanzeige. Serienproduktion? Selten. Maßgeschneiderte Einzelstücke sind für Jülicher Ingenieure und Techniker Routine. Zusammen mit Forschern entwickeln, bauen und betreiben sie Geräte, die es vorher noch nicht gab. Diese Meisterwerke machen so manche wissenschaftliche Erkenntnis erst möglich.





leicht unscharf flimmert der Schwarz-Weiß-Film auf dem Bildschirm. Eine herzförmige, vereiste Metallkiste ist dort zu sehen. Nichts bewegt sich. Doch dann: Wolken türmen sich hinter der Kiste auf, plötzlich fliegt sie zur Seite, ein fingergroßes Teil schießt an zwei gepanzerten Kameras vorbei. In dem eisigen Metallherzen klafft ein kleines Loch, aus dem weißer Nebel quillt.

Für den Laien ist nicht zu erkennen, wofür der Versuch gut sein soll. Aber eines ist klar: Die Metallkiste ist zerstört. Yannik Beßler ist dennoch zufrieden. „Test bestanden“, sagt der Ingenieur am Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik (ZEA-1) und betrachtet das herzförmige Meisterwerk, das er entwickelt und gebaut hat. „Das ist ein Teil eines Kühlbehälters für Neutronen. Es soll in der stärksten Neutronenquelle der Welt verbaut werden, der Europäischen Spallationsquelle ESS, die derzeit im schwedischen Lund gebaut wird“, klärt er auf. Das Video zeigt einen Stabilitätstest, bei dem der Druck im Innern des Bauteils immer weiter erhöht wird. Irgendwann wurde die Belastung zu groß, das Metall platzte auf und ein Stück wird abgesprengt. „Bei minus 196 Grad Celsius und 200 bar Druck war es aber acht Mal stabiler, als es sein müsste“, erläutert Beßler und schließt das Video auf seinem Computer. Sein Kunstwerk mehrfach zu zerstören, ist Teil des Schaffensprozesses. Nur so kann Beßler prüfen, ob das Bauteil ausreichend belastbar ist.

Das Herz – oder fachlich korrekt der kalte Moderator – ist eine von zahlreichen Maßanfertigungen, die Beßler und seine Kollegen im ZEA-1 für Spezialanwendungen in der Spitzenforschung entwerfen. „Bei uns bekommen Wissenschaftler keine Produkte, die man sich im Katalog aussuchen und bestellen kann. Wir entwickeln gemeinsam mit ihnen Einzelstücke für ihre spezielle wissenschaftliche Fragestellung“, sagt Prof. Ghaleb Natour, Direktor des ZEA-1. Neben Instrumenten für die Forschung mit Neutronen sind das zum Beispiel Messgeräte für die Klimaforschung, wie AirLIF, das Spurengase in der Atmosphäre untersucht, und Prototypen für bildgebende Verfahren in der Medizin. Auch zu den Brennstoffzellen für die Energieversorgung von morgen trägt das ZEA-1 bei: Es hat nicht nur neue Bauteile, sondern auch eine spezielle Füge-technologie für Werkstoffe entwickelt.

Dabei ist das Jülicher Know-how über die Campusgrenzen hinweg gefragt. Sogenannte Choppersysteme aus Jülich sind weltweit im Einsatz: etwa im britischen Chilton, im französischen Grenoble, in Tsukuba in Japan oder in Oak Ridge in den USA. Chopper sind rotierende Präzisionsinstrumente, die Neutronen-, aber auch Röntgen- und Lichtstrahlen filtern und „schneiden“. Damit untersuchen Wissenschaftler zum Beispiel hochempfindliche Proben, um physikalische, chemische oder biologische Prozesse zu verstehen. Die Besonderheit der Jülicher Systeme: Dank einer berührungslosen magnetischen Lagerung und einer durchdachten Antriebstechnik laufen die Chopper jahrelang wartungsfrei und extrem genau. „Etwas zu ermöglichen, das es zuvor nicht gab oder das bisher als technisch nicht machbar galt: Das ist das Spezialgebiet unser 170 Ingenieure, Naturwissenschaftlerinnen und Facharbeiter“, betont Natour.

## DAS KALTE HERZ

Bei dem Moderator von Yannik Beßler war die Suche nach geeigneten Materialien eine Herausforderung. „Solche Bauteile für eine Neutronenquelle müssen hohen Belastungen standhalten. In diesen Anlagen werden Neutronen aus Atomkernen freigesetzt und dann auf Proben gelenkt“, so Beßler. Auf diese Weise lassen sich neue Materialien und Werkstoffe testen sowie biologische Systeme für die Medizin von morgen detailliert untersuchen. Zusammen mit anderen Bauelementen kühlt und bremst der Moderator die mehrere Tausend Grad heißen, energiereichen Neutronen, damit sie diese gezielt auf ihre Proben lenken können. „Die Neutronen müssen Einhundertmillionen mal langsamer werden. Das heißt, wir müssen ihnen enorm viel Energie entziehen. Das gelingt nur, wenn wir das Herz mit flüssigem Wasserstoff auf minus 250 Grad Celsius abkühlen“, erklärt der Ingenieur. Für diese extremen Anforderungen kommen lediglich harte und hitzefeste Materialien wie Beryllium, die Eisen-Nickel-Legierung Invar und hochfestes Aluminium infrage.

„Fündig geworden sind wir schließlich im Flugzeugbau. Eine Aluminium-Legierung schien geeignet“, berichtet Beßler. Ein Problem war allerdings die Verarbeitung. „Die Legierung wird im Flugzeugbau genietet, wir müssen die Schnittstellen im Moderator aber schweißen. Dafür galt

← **Normalerweise glänzen die silbernen Bauteile nicht im Licht der Öffentlichkeit, sondern verrichten ihre Arbeit im Verborgenen – in einem sogenannten Reformer. Dieses Gerät wandelt Diesel in Brenngas um, um damit Brennstoffzellen anzutreiben. Solche Systeme unterstützen beispielsweise in LKWs das elektrische Bordsystem. Das hilft, Strom zu sparen und Schadstoffemissionen zu reduzieren. Die Jülicher Ingenieure haben den Reformer zusammen mit den Kollegen aus dem Institut für Energie- und Klimaforschung entwickelt.**



die Legierung zuvor als ungeeignet.“ Geduld und Ausprobieren waren gefragt. Davon zeugen die Modelle und die „zerprüften“ Bauteile, die wie kleine Orgelpfeifen aneinandergereiht neben Beßlers Schreibtisch stehen. Die Lösung war eine weitere, weichere Aluminiumlegierung, die die ZEA-Experten zusätzlich in die Schweißnaht einbrachten. „Diese Legierung ist etwas flexibler und verhält sich unter den extremen Belastungen wie eine Art Klebstoff“, so der Ingenieur. Dadurch ist das kalte Herz extrem stabil geworden. Beßler und seine Kollegen sind inzwischen dabei, die ersten Exemplare für den künftigen Einsatz an

der ESS zu fertigen. Vorher werden die Bauteile noch einmal auf den Prüfstand gestellt. Mit einem Röntgengerät durchleuchten die ZEA-Experten jedes Bauteil, um versteckte Fehler auszuschließen. Schließlich sollen die Meisterwerke keine Mängel haben.

### PRÄZISION IST GEFRAGT

Kleine und große Meisterwerke der Ingenieurskunst entstehen auf dem Jülicher Campus aber nicht nur im ZEA-1. Der Institutsbereich ZEA-2, Systeme der Elektronik, entwickelt gezielt elektronische und informationstechnische Systeme.



← Klein, aber fein. Die gemeinsame Werkstatt von Jülich Centre for Neutron Science und Peter Grünberg Institut stellt insbesondere winzige maßgeschneiderte Bauteile her. Diese müssen nicht nur filigran, sondern auch sehr stabil sein. Dafür nutzen die Mitarbeiter verschiedene Materialien: von Polyimid, einem Kunststoff aus der Raumfahrt, über Tantal bis Wolfram.

← Das kalte Herz und sein Schöpfer: Der Jülicher Ingenieur Yannick Bebler hat es für einen Kühlbehälter entworfen, der in der stärksten Neutronenquelle der Welt verbaut wird, der Europäischen Spallationsquelle ESS. Solche Bauteile müssen extreme Bedingungen aushalten, so wird das Herz zum Beispiel mit flüssigem Wasserstoff auf minus 250 Grad Celsius gekühlt.

Expertise ganz besonders gefragt. „Wir haben uns auf kleinste Präzisionsarbeiten spezialisiert. Wir können zwar auch größere Bauteile fertigen, aber der Trend in unseren Instituten geht in eine andere Richtung: zu maßgeschneiderten filigranen Bauteilen“, erläutert Werkstattleiter Jens Schnitzler. Das können Komponenten für Messinstrumente an Neutronenquellen sein oder die Halterungen, in denen die Materialproben befestigt sind. „Die Herausforderung an uns ist meistens, dass wir sehr kleine Bauteile aus sehr stabilem Material fertigen müssen, denn die Versuchsbedingungen sind oft harsch: hoher Druck oder Hochvakuum, große Spannungen oder extreme Temperaturen.“

Schnitzler hat einen ganzen Schrank voll mit Materialien für die unterschiedlichsten Anwendungen, wie etwa Polyimid, kurz PI, einen Kunststoff aus der Raumfahrt, Tantal und Wolfram – alles hitzebeständige, sehr harte Stoffe. Entsprechend anspruchsvoll ist ihre Verarbeitung. „Ohne einen modernen Gerätepark geht hier nichts“, sagt der Industriemechaniker und deutet mit einem Nicken zu einer übermannsgroßen Maschine. „Von Ultraschallfräsen dieses Typs gibt es in Deutschland nur 50 Stück. Damit können wir ungewöhnliche Werkstoffe wie Hartmetalle, Keramiken und Glas bearbeiten.“ Das klassische Einsatzgebiet dieser Technologie ist die Zahntechnik, weil sich keramische Werkstoffe für Zahnersatz damit sehr präzise bearbeiten lassen. Die kleinen Kunstwerke, die Schnitzler und sein Team mit der Fräse angefertigt haben, liegen ordentlich aufgereiht in einer Glasvitrine. Vertiefungen und Kanäle in den Werkstücken sind teilweise so filigran und winzig,

„Die Kunst besteht darin, die wissenschaftliche Denkweise mit der Kreativität der Ingenieure zu verbinden.“

PROF. GHALEB NATOUR

Der Bereich ZEA-3 Analytik fokussiert sich auf neue Analysemethoden für wissenschaftliche Fragen. Auch einige Institute betreiben eigene Werkstätten, angepasst an die Anforderungen des jeweiligen Forschungsbereichs. „Für die großen komplexen Experimente wird in der Regel das ZEA angesprochen“, sagt Natour, „denn wir können das Komplettpaket liefern, von der Projektplanung über Simulationen und Machbarkeitsstudien bis hin zur Softwareentwicklung und Fertigung.“ In der Werkstatt, die das Jülich Centre for Neutron Science und das Peter Grünberg Institut gemeinsam betreiben, ist eine

dass die Ingenieure die Qualität nur mithilfe des Elektronenmikroskops im benachbarten Ernst Ruska-Centrum überprüfen konnten.

### ANREGUNGEN AUS DEM ALLTAG

In so winzige Welten muss Angelina Steier nicht abtauchen. Am Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-2) stellen sich andere Anforderungen. Die Elektroingenieurin entwirft vorwiegend fliegende Versuchsaufbauten. „Unsere Wissenschaftler benötigen vor allem bewegliche Messgeräte, die aber trotzdem präzise funktionieren müssen“, sagt die Spezialistin für Automatisierung.

Ein Beispiel sind Messungen unter speziellen Bedingungen auf einer Ackerfläche, für die Steier und ihre Kollegen ein Gerät entwickeln sollten. Auf dem Acker steht ein Ring mit 17 Metern Durchmesser, der Pflanzen zusätzliches Kohlendioxid zuführt – so wird der Klimawandel simuliert.

Die Wissenschaftler vermessen in regelmäßigen Abständen die Pflanzen innerhalb des Rings. Wird das Feld etwa geerntet, räumen sie den Aufbau ab, um den Betrieb nicht zu stören. Danach kommen sie wieder und messen weiter. „Die Herausforderung besteht darin, die Messpunkte exakt wiederzufinden – und das sehr präzise auf einer unebenen, landwirtschaftlich genutzten Fläche. Nur wenn wir immer wieder dieselben Punkte messen, können wir etwas über langfristige Entwicklungen sagen“, so Angelina Steier.

Solche Aufbauten erfordern Fantasie und Kreativität. Herausgekommen ist ein besonderes Kunstwerk: „Für die Struktur des Rings zur CO<sub>2</sub>-Begasung haben wir Komponenten aus dem Gerüstbau mit Stützelementen aus dem Bühnenbau kombiniert. Mit einem ausfahrbaren Mess-Arm können die Sensoren nach oben und unten bewegt werden. Damit die Sensoren



← PowTex ist eines der größten Instrumente, die im ZEA entworfen und gefertigt werden (im Bild: ein Teil des Detektors). Das 30 Meter lange Neutronenspektrometer wird derzeit am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum in Garching aufgebaut. Damit lassen sich Kristallstrukturen von Materialien sehr genau analysieren. Beteiligt sind auch das Jülich Centre for Neutron Science sowie Experten aus Aachen und Göttingen.

„Manchmal komme ich auf neue Ideen, wenn ich interessante Bühnenbauelemente entdecke.“

ANGELINA STEIER





← Schon viel von der Welt gesehen hat das Messgerät AirLIF, das die ZEA-1-Mitarbeiter Christoph Tiemann (l.) und Knut Dahlhoff präsentieren. An Bord des Forschungsflugzeugs HALO hat AirLIF zahlreiche Messkampagnen für die Klimaforschung mitgemacht. Seine Aufgabe: während des Flugs Luft einsammeln und untersuchen. Ein ausgeklügeltes System verhindert, dass die Proben vor der Analyse mit den Wänden des Geräts in Kontakt kommen. An der Entwicklung waren auch Jülicher Klimaforscher und ihre Kollegen aus Mainz und Oberpfaffenhofen beteiligt.

über das Feld bewegt werden können, fährt das Messsystem auf dem Anhänger eines Traktors mit. So haben wir räumlich die drei Dimensionen abgedeckt“, so Steier.

Ihre Anregungen gewinnt sie auch aus dem Alltag, etwa bei Theaterbesuchen: „Manchmal komme ich auf neue Ideen, wenn ich interessante Bühnenbauelemente entdecke. Oder Laser-Sensoren wie dieser“ – sie deutet auf einen grauen unscheinbaren Kasten in ihrem Büro – „werden normalerweise bei Getränkeförderbandanlagen eingesetzt. Sie prüfen, ob die Bierkästen auch

voll sind. Die kann man auch für die Pflanzenforschung einsetzen, denn letztendlich messen sie nur Höhenunterschiede“, so die Ingenieurin. Klingt bestechend einfach. Manchmal sind es eben die einfachen Dinge, aus denen ein Meisterwerk entsteht.

BIRGIT PFEIFFER



In der Web-Ausgabe unter anderem „Choppersysteme – aus Jülich in alle Welt“: [effzett.fz-juelich.de](http://effzett.fz-juelich.de)



← Pflanzen lassen sich nicht alle Geheimnisse in der freien Natur entlocken. Gemeinsam mit ihren Kollegen vom Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-2) und einer finnischen Firma hat die Jülicher Ingenieurin Angelina Steier eine spezielle Spektroskopie-Anlage entwickelt, in der Forscher Pflanzen und deren Spross und Wurzeln äußerst präzise vermessen können.



↑ Hin und wieder bewegen sie sich auf vertrauten Pfaden, doch oftmals betreten die Techniker und Ingenieure um Prof. Ghaleb Natour (l.) und Dr. Harald Glückler Neuland, um zu einer Idee das passende Gerät zu entwickeln.

# Der lange Weg zum Meisterwerk

Am Anfang lässt sich ein Meisterwerk bestenfalls erahnen. „Meistens kommen Forscher mit einer wissenschaftlichen Fragestellung zu uns, für die sie ein Instrument oder ein Bauteil benötigen. In den Katalogen der Laborausstatter und Gerätehersteller haben sie nichts gefunden. Selberbauen können sie es nicht, denn wie man schweißt, komplexe Schaltungen berechnet oder Anlagen plant, lernt kaum ein Naturwissenschaftler im Studium“, sagt Dr. Harald Glückler. Der Physiker im Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik (ZEA-1) ist Experte für Machbarkeitsstudien. Gemeinsam mit den Forschern suchen er und seine Ingenieurskollegen nach der optimalen Lösung. Erstes Ergebnis sind oft Stapel von Notizen und technischen Zeichnungen.

„Die Kunst besteht darin, die wissenschaftliche Denkweise mit der Kreativität der Ingenieure zu verbinden. Durch die vielen unterschiedlichen Experten im ZEA gibt es fast immer eine passende Übersetzung, die die beiden Welten zusammenbringt“, so Institutsdirektor Prof. Ghaleb Natour. „Im Idealfall ergibt diese Kombination mehr als eins plus eins.“ Ideen, an die anfangs niemand gedacht habe, seien oft erst durch den gemeinsamen Austausch entstanden.

Gute Ideen müssen allerdings auch umsetzbar sein. „In vielen Fällen sind die Anforderungen an ein geplantes Instrument sehr komplex oder liegen sogar jenseits des aktuell technisch Machbaren. Daher müssen wir erst einmal prüfen, wie wir das Ganze technisch lösen und umsetzen können“, so Glückler. Solche Machbarkeitsstudien vermeiden Irrwege, die unnötig Geld kosten. Und sie sparen Zeit, denn oft müssen Geräte zu einem bestimmten Termin fertig sein, etwa wenn Messkampagnen anstehen.

Entwickeln und Ausprobieren dauern am längsten – in der Regel zwei Drittel der Zeit von der Idee bis zum fertigen Bauteil. Bevor es vom Reißbrett an die Werkbank geht, sind aber die ZEA-Mathematiker gefragt. Mithilfe von Computersimulationen prüfen sie, ob eine geplante Konstruktion tatsächlich funktionieren kann. Manchmal stellen sie fest, dass die vorhandenen Daten nicht ausreichen. „Dann machen wir ganz klassisch Experimente, um mehr Informationen zu sammeln. Nur so können wir erkennen, ob ein Bauteil extreme Bedingungen aushält“, sagt Glückler. Damit die komplexen Rechnungen nicht zu lange dauern, nutzen die ZEA-1-Experten häufig den Jülicher Supercomputer JURECA. Bei der Moderator-Reflektor-Einheit von Yannik Beßler hatten sie zum Beispiel vorab simuliert, ob eine Schweißnaht dem extremen Temperaturunterschied und dem hohen Druck standhalten kann. Auf einem herkömmlichen PC hätte das rund acht Monate gedauert, auf JURECA waren es nur wenige Tage.

„Die Ergebnisse aus den Simulationen helfen oftmals, den ausgewählten Ansatz noch einmal zu verfeinern“, ergänzt Glückler. Erst danach beginnt die letzte Phase des Schaffensprozesses: die Herstellung der Bauteile und anschließend der Ein- beziehungsweise Aufbau aller Komponenten. „Ist alles fertig, sieht man einer Maschine häufig gar nicht an, was alles von uns drinsteckt“, sagt der Physiker. „Aber die Forscher merken es natürlich daran, dass sie damit – im besten Fall reibungslos – neue Dinge messen können.“ Das ist für ihn das wirkliche Kunststück.

# Mit dem Taxi zur Zellmembran

**Rund 37 Millionen Menschen leben weltweit mit einer HIV-Infektion. Nach wie vor lässt sich die Immunschwächekrankheit nicht heilen. Das Virus gibt Forschern noch immer unzählige Rätsel auf. Die Arbeitsgruppe um Dr. Silke Hoffmann hat eines davon gelöst – und erstaunliche Erkenntnisse gewonnen.**

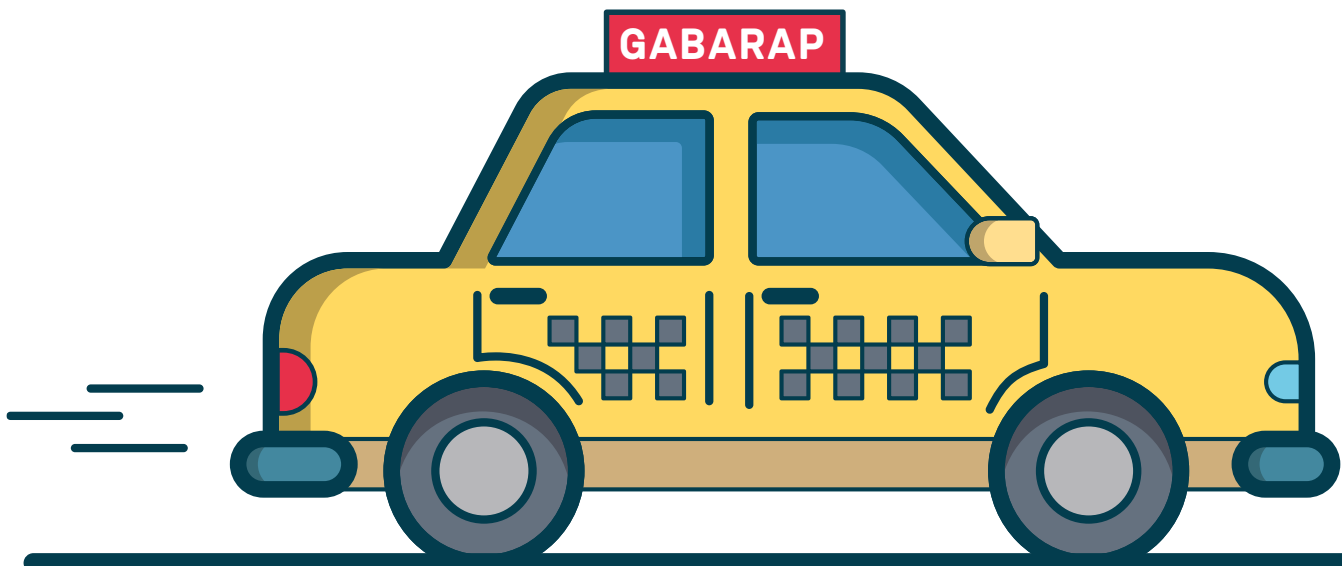
Lange galt es für den Verlauf der Immunschwächekrankheit AIDS als unwichtig: NEF – eines von 18 Proteinen des HI-Virus. „Daher auch sein Name: NEF steht für Negativer Faktor“, erklärt Silke Hoffmann vom Institute of Complex Systems (ICS-6). Längst hat die Wissenschaft ihre Erkenntnisse korrigiert und weiß, dass NEF die menschliche Immunabwehr auf vielfältige Weise manipuliert. Es trägt dazu bei, dass sich HIV im Körper ausbreitet und Schäden verursacht.

Wie wichtig NEF für den Krankheitsverlauf ist, spiegeln auch jene infizierten Menschen wider, bei denen die gut 200 Aminosäurereste des NEF-Proteins fehlerhaft zusammengesetzt sind: „Diese Menschen können das HI-Virus sehr lange in sich tragen, ohne dass die Krankheit AIDS ausbricht“, erklärt Hoffmann. Von daher besteht in der Wissenschaft großes Interesse, die unterschiedlichen NEF-Funktionen zu entschlüsseln. Auch die Jülicher Forscher haben dazu wichtige Erkenntnisse beigetragen, insbesondere Hoffmanns ehemalige Postdoktorandin Dr. Alexandra Boeske. Sie interessierte sich schon als Schülerin

für AIDS: „In einem Oberstufenkurs habe ich mich intensiv mit der Krankheit und dem Erreger-Virus beschäftigt, auch schon mit NEF“, erinnert sich die 31-Jährige.

## IM VISIER: MÜLLABFUHR DER ZELLEN

Ihre Forschungsergebnisse und Beobachtungen zu dem Protein sorgten für viel Aufmerksamkeit, insbesondere der Zusammenhang zwischen NEF und der Autophagie, also jenem Prozess, bei dem „Müll“ wie kaputte Moleküle und Zellorganellen recycelt, aber auch Fremdkörper wie Viren und Bakterien aus dem Verkehr gezogen werden. So wurde die Zellbiologin zu Konferenzen und Fachtagungen rund um den Globus eingeladen. Ihre vielversprechenden Ergebnisse bildeten 2015 zudem die Grundlage für ein aktuelles DFG-Projekt innerhalb eines Sonderforschungsbereichs der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. „Dank des Projektes und weiterer Fördermittel ist aus der einstigen ‚One-Woman-Show‘ von Alexandra Boeske inzwischen ein Bereich mit fünf Doktoranden geworden, die sich mit Autophagie und NEF beschäftigen“, freut sich Silke Hoffmann.







↑ Dr. Silke Hoffmann (l.) und Dr. Alexandra Boeske haben untersucht, wie das HIV-Protein NEF transportiert wird.

Seine neuesten Ergebnisse hat das Jülicher Team gerade veröffentlicht: Damit das Virus-Protein einen Teil seiner immunschwächenden Funktionen ausüben kann, muss es an die Zellmembran gelangen. Wie es dorthin gelangt, ist bisher ungeklärt. Die Jülicher Wissenschaftler haben nun nachgewiesen, dass NEF für den Transport eine Art „Taxi“ benötigt: das sogenannte GABARAP-Protein. Schalten die Forscher dieses Protein-Taxi aus, gelangt NEF nicht mehr an den Ort der Bestimmung. Ein entscheidender Erkenntnisgewinn – gerade weil das Andocken von NEF an die Zellmembran so wichtig für viele Effekte des Krankheitsverlaufes ist. Passend dazu haben die Forscher beobachtet, dass das Fehlen von GABARAP auch den NEF-Transport aus der Zelle heraus unterbindet. Im nächsten Schritt wollen die Jülicher in Kooperation mit Virologen aus Erlangen und Düsseldorf untersuchen, was in HIV-infizierten Zellen passiert, denen GABARAP fehlt. Die spannende Frage wird sein, ob die Vorgänge dann noch ablaufen, die die nach außen sichtbare Schwächung des Immunsystems bewirken.

# 18

Proteine hat das HI-Virus.  
NEF ist eines davon.

GABARAP gehört zu einer Proteinfamilie, die an Transportprozessen innerhalb der Zelle und auch an der Autophagie beteiligt ist. Der Grund, warum sich Silke Hoffmann und ihr Team nun mit diesem Prozess beschäftigen. „Manche Erreger haben gelernt, der Autophagie zu entgehen oder sie sogar für sich zu nutzen – wie das HI-Virus. Wir vermuten, dass es Teile des Autophagiesystems ‚kapert‘, um aus einer bereits infizierten Zelle heraus transportiert zu werden und in gesunden Nachbarzellen eine Art Selbstzerstörungsprogramm auszulösen“, erklärt die Gruppenleiterin.

## EINFACH ODER DOPPELT?

Um diese Vermutung zu überprüfen, werden die Forscher NEF und GABARAP unter die Lupe nehmen, präziser: kleine Bläschen in der Zelle, die die Proteine beim Transport umschließen. Normalerweise besitzen diese sogenannten Vesikel als äußere Hülle eine einfache Membran, autophagische Vesikel hingegen eine Doppelmembran. „Wenn wir mithilfe elektronenmikroskopischer Aufnahmen nachweisen könnten, dass NEF und sein Taxi GABARAP von einem solchen Doppelmembran-Bläschen transportiert werden, wäre das ein Beweis dafür, dass die Autophagie eine wichtige Rolle beim Freisetzen von NEF spielt“, erklärt Hoffmann. Den genauen Zusammenhang zwischen Autophagie, GABARAP und NEF wollen die Struktur- und Molekularbiologen in einer weiteren Veröffentlichung darlegen. In ferner Zukunft ließe sich mit der Blockierung der GABARAP-NEF-Interaktion vielleicht ein Therapieansatz entwickeln. „Davon sind wir aber noch ganz weit weg. Wir betreiben Grundlagenforschung“, betont die Jülicher Forscherin.

KATJA LÜERS



# Vom Abort auf den Acker

**Äthiopien ist arm – jeder zweite Mensch dort ist unterernährt. Das soll ein besonderer Dünger ändern: Kompost aus menschlichen Exkrementen kombiniert mit Biokohle. Jülicher Forscher wollen damit den Ertrag auf den Feldern verbessern und so für mehr Nahrung sorgen. Nebenbei könnte dieser Dünger die Treibhausgasemissionen senken.**

Mit Kuhmist Möhren-, Kartoffel- oder Salatfelder düngen? Vollkommen normal. Aber menschliche Exkremente als Dünger?

Beim Gedanken daran mag sich so mancher schütteln. Und doch könnte dies manchen Regionen ermöglichen, die Ernteerträge zu steigern und gleichzeitig die Umwelt zu schonen. Etwa in Äthiopien. In dem Land im Nordosten Afrikas kommt es immer wieder zu Hungersnöten. Die dortigen Kleinbauern sind oft so arm, dass sie sich keinen Dünger leisten können, um mehr aus ihren Feldern herauszuholen.

So skurril die Idee auch anmuten mag – neu ist sie nicht: Bereits vor 5.000 Jahren setzten Bauern auf diese Art des Düngens. Wie sie heute den Menschen in Äthiopien helfen könnte, untersuchen Jülicher Forscher vom Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-3) mit Partnern im Projekt ClimEtSan, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) sowie vom Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD). „Wir analysieren auf einer Versuchsfarm auf dem Campus der Universität Hawassa im Süden Äthiopiens, wie sich eine solche Düngung auf die Ernährungslage der Bevölkerung und die Treibhausgasemission auswirkt“, erklärt Projektleiterin Dr. Katharina Prost. „Der Literatur zufolge sollten sich beide Werte signifikant verbessern – denn theoretisch sind die nährstoffreichen menschlichen Fäkalien als Dünger effektiver als der Mist von Tieren. Und indem die Fäkalien kompostiert werden, setzen sie weniger Treibhausgase frei.“ Die Versuchsfarm wird momentan aufgebaut. Sie umfasst unter anderem Kompostieranlagen, Feldversuche und Labore. Entwicklungshelfer, Kleinbauern und andere Interessierte sollen sich dort künftig über die besondere Düngeart informieren können.



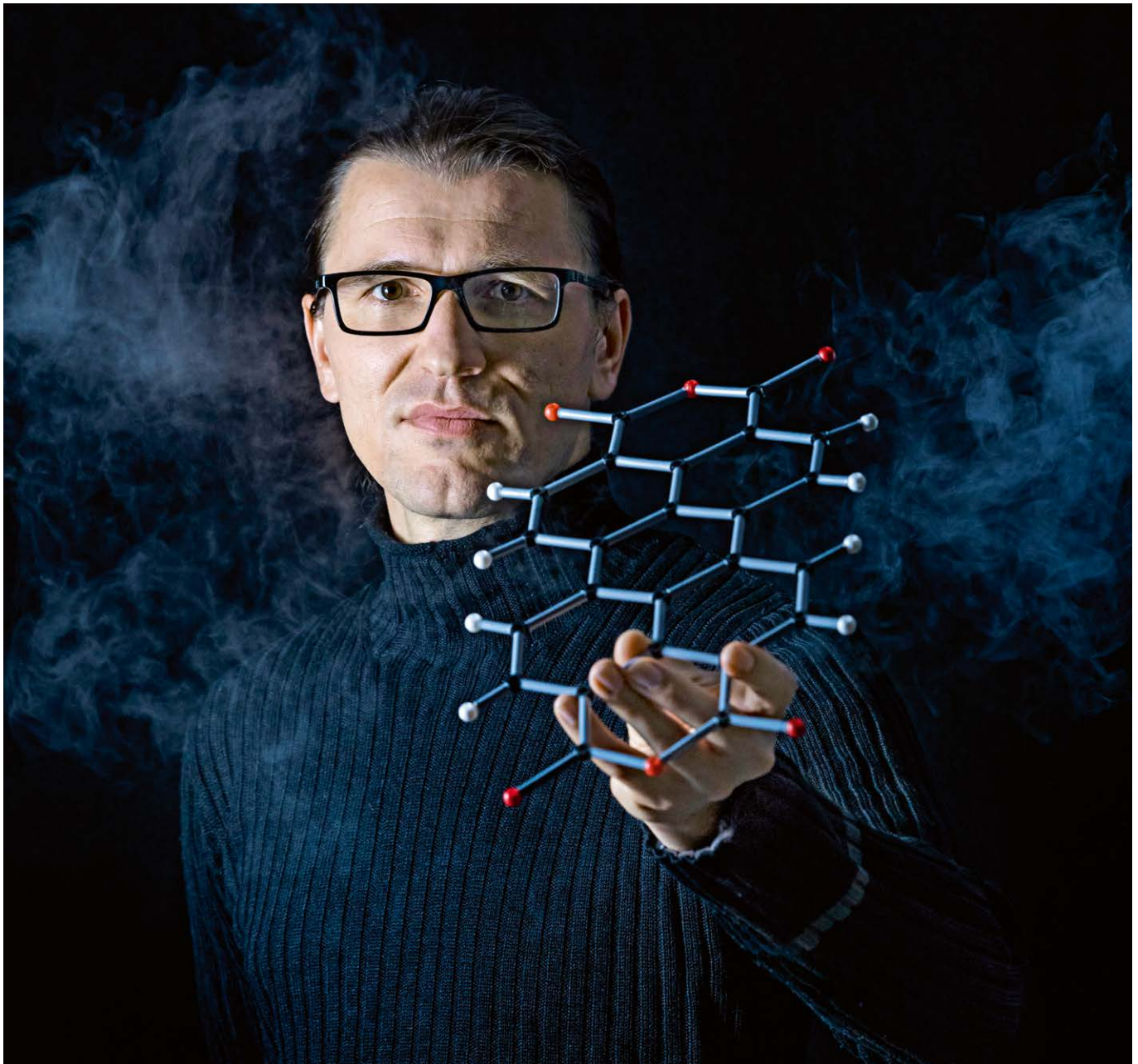
↑ **Äthiopiens Landwirtschaft produzierte 2015 Überschüsse. Durch die schwere Dürre 2016/17 herrscht jedoch wieder eine Hungersnot.**

Funktioniert alles wie erhofft, wollen die Forscher Feldversuche zusammen mit den Kleinbauern starten. Der künftige Dünger kommt dann aus dem Klo, konkret: einem Plumpsklo. Urin und Kot landen dort in einem Eimer. Um Gerüche und Flüssigkeiten zu binden, ist dieser mit einer Schicht aus Sägemehl oder Biokohle gefüllt. Biokohle ist ebenfalls ein Abfallprodukt und entsteht beim Kochen in Lehm-Öfen. Diese zehn Euro teuren Öfen sollen die traditionellen offenen Feuerstellen ersetzen. Für die Bauern eine langfristig rentable Investition, da eine offene Feuerstelle zum Kochen dreimal so viel Holz verbraucht wie ein Ofen – Holz ist in dem Land Mangelware und somit teuer. Außerdem emittiert der Ofen weniger Treibhausgase und qualmt nicht so wie eine offene Feuerstelle. Das Abfallprodukt Biokohle bindet aber nicht nur Gerüche: Sie erfährt momentan einen Hype als Super-Bodenhilfsstoff – und soll im Projekt ClimEtSan durch die gemeinsame Kompostierung mit den menschlichen Exkrementen die Düngeleistung des Kompostes zusätzlich erhöhen und Treibhausgasemissionen vermindern.

JANINE VAN ACKEREN

#### Projektpartner

- Forschungszentrum Jülich (Koordination)
- Wondo Genet College of Forestry and Natural Resources (Hawassa University), Äthiopien
- Beuth-Hochschule für Technik, Berlin
- Pro Lehm – Fachbetrieb für Lehmbau
- Ecopia – ecological products of ethiopia, Äthiopien



↑

## Woran forschen Sie gerade, Herr Wagner?

Dr. Christian Wagner leitet eine ERC-Forschungsgruppe am Peter Grünberg Institut,  
Bereich Functional Nanostructures at Surfaces

„Ich will Moleküle sichtbar machen – und zwar während ich sie bewege. Bisher gelingt das nicht. Mein Ansatz: Ich nutze ein Rastersonden-Mikroskop, mit dessen hauchdünner Spitze ich einzelne Moleküle bewege oder aufrichte. Die Kraft, die dabei zwischen Molekül und Spitze entsteht, messe ich. Daraus lassen sich Form und Position des Moleküls dreidimensional sichtbar machen. Erst wenn ich weiß, wie ein Molekül während einer solchen Manipulation aussieht und reagiert, kann ich es gezielt kontrollieren und als molekularen Baustein einsetzen, etwa als Schalter.

Meine Vision: ein Motor aus einzelnen Molekülen.“

# Was ist Bioökonomie?

2050 werden voraussichtlich zehn Milliarden Menschen auf der Erde leben – 2,5 Milliarden mehr als heute. Wie kann es gelingen, sie künftig mit Nahrung, Energie und Rohstoffen zu versorgen? Die fossilen Ressourcen Erdöl, Gas und Kohle gelten als Sackgasse, da die Vorräte begrenzt sind und sie den Treibhauseffekt anheizen. Forschung, Politik und die Industrie bauen daher auf eine nachhaltige, biobasierte Kreislaufwirtschaft: die Bioökonomie. Diese setzt beispielsweise auf Pflanzen, Bioabfälle und andere biobasierte Materialien als Rohstoffquellen der Zukunft.

Das Konzept ist bewährt, überleben die Menschen doch tausende von Jahren mit dem, was die Natur auf Feldern, in Wäldern und Gewässern zu bieten hatte. Bioökonomie ist aber keine Rückbesinnung auf eine vermeintlich „gute alte Zeit“. Es geht um

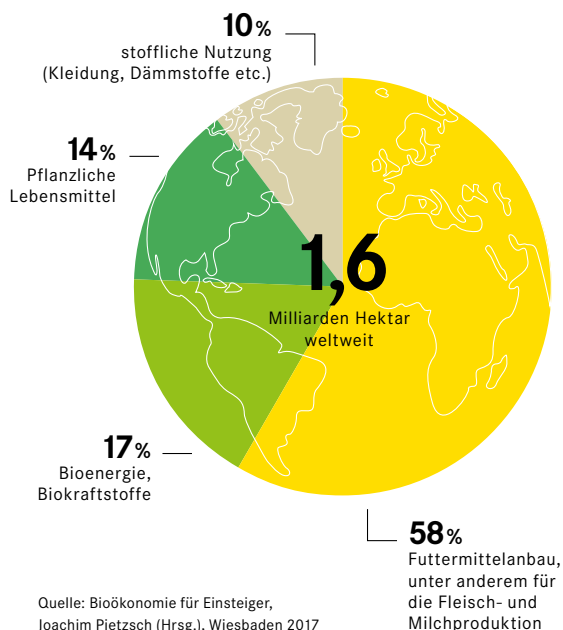
ein radikales Umdenken: einen frischen Blick auf den Werkzeugkasten der Natur und auf die Vielfalt der nachwachsenden Rohstoffe, deren nachhaltigen Anbau sowie wirtschaftlichen und kreativen Einsatz mithilfe moderner Forschung und Technik.

Viele Staaten haben inzwischen Bioökonomie-Strategien beschlossen. Die Energieversorgung speist sich mehr und mehr aus regenerativen oder nachwachsenden Quellen. Die Landwirtschaft baut widerstandsfähige und gleichzeitig produktive Pflanzensorten an; die Industrie hat eine Vielzahl bisher erdölbasiert hergestellter Produkte durch biobasierte Erzeugnisse ersetzt und erforscht weitere Alternativen. Neben Bioenergie und Chemikalien aus Pflanzen – zum Beispiel der Kunststoff Polyethylenfuranoat (PEF), aus dem etwa Flaschen gemacht werden – gibt es heute schon naturfaserverstärkte Karosserieteile, Löwenzahn-basierte Reifen, Biodübel aus Rizinusöl, Kerosin aus Algen, Biodiesel und Schmierstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. Der Kreislauf schließt sich, wenn diese Produkte komplett recycelbar sind, als Energieträger genutzt werden und „Reststoffe“ als Dünger für Pflanzen beziehungsweise als Nährstoffe für Mikroorganismen dienen.

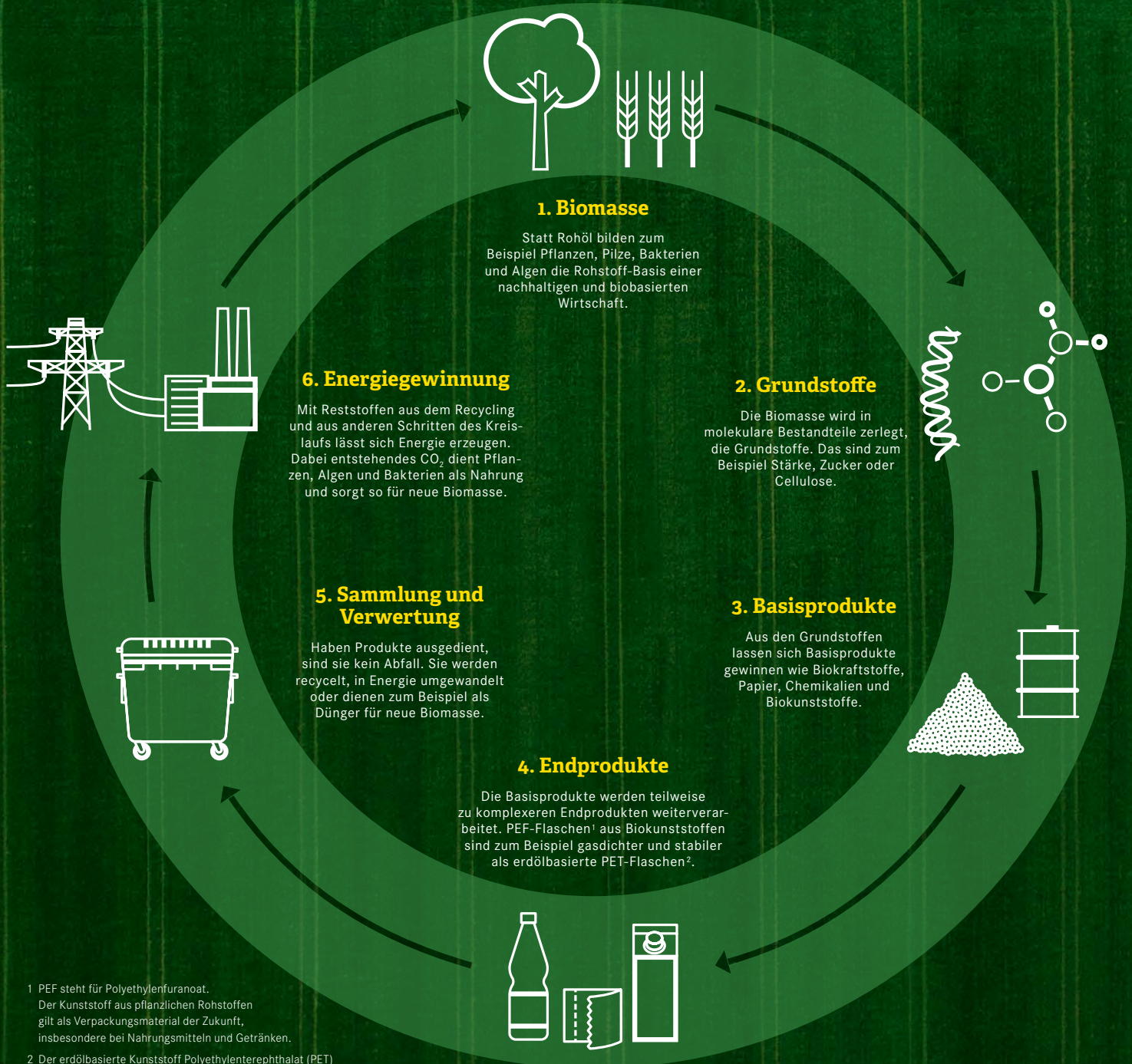
Die Bioökonomie lebt von der Expertise und der Kooperation vieler Fachrichtungen. Das von Jülich koordinierte Bioeconomy Science Center (BioSC) bündelt die Kompetenzen von über 1.200 Ingenieuren, Biologen, Agrar- und Wirtschaftswissenschaftlern sowie Technikern aus mehr als 60 Instituten der Universitäten Bonn und Düsseldorf, der RWTH Aachen und des Forschungszentrums Jülich.

Sie entwickeln gemeinsam Pflanzen und Mikroorganismen sowie technische Verfahren, um nachhaltig Nahrungs-, Futtermittel, Roh- und Wertstoffe sowie Bioenergie zu erzeugen. Sie erarbeiten aber auch sozio-ökonomische Umsetzungsstrategien und -konzepte, um den weiteren Wandel zu einer biobasierten Wirtschaft voranzubringen.

## Weltweite Nutzung der Ackerbauflächen



# Biobasierte Kreislaufwirtschaft



<sup>1</sup> PEF steht für Polyethylenfuranoat. Der Kunststoff aus pflanzlichen Rohstoffen gilt als Verpackungsmaterial der Zukunft, insbesondere bei Nahrungsmitteln und Getränken.

<sup>2</sup> Der erdölbasierte Kunststoff Polyethylenterephthalat (PET) ist vor allem durch Einwegflaschen bekannt. In Deutschland werden rund 15 Prozent aller Kunststoffverpackungen aus PET hergestellt.

# Das Jahrhundert der Biologie

**Im Bioeconomy Science Center (BioSC) arbeiten seit sieben Jahren über 1.200 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Universitäten Bonn und Düsseldorf sowie der RWTH Aachen und des Forschungszentrums Jülich zusammen. Welche Stellung die Bioökonomie-Forschung regional und international mittlerweile einnimmt, erläutert Prof. Ulrich Schurr, Sprecher des Geschäftsführenden Direktoriums des BioSC und Direktor des Jülicher Instituts für Bio- und Geowissenschaften (IBG-2).**

## **Prof. Schurr, was hat der Forschungsverbund in den vergangenen sieben Jahren erreicht?**

Es ist uns gelungen, eine sehr gut vernetzte Gemeinschaft von Forschern aufzubauen, die gemeinsam Themen voranbringt, die eine Fachdisziplin alleine nicht bearbeiten kann. Wir hatten dazu zum Start des BioSC gezielt Projekte gefördert, in denen mindestens zwei Forschungsbereiche zusammenarbeiten. Ein Beispiel: Aus ungenutzter Biomasse von Tomatenpflanzen gewinnen wir Wertstoffe für Spezialchemikalien in der Lebensmittel-, Futtermittel- oder chemischen Industrie.

## **Was wird dabei konkret gemacht?**

Zunächst müssen die gewünschten Moleküle aus den Pflanzen herausgelöst werden. Dafür benötigen wir angepasste Verfahrenstechnik oder auch spezielle Enzyme, die pflanzliche Biomasse abbauen können – und zwar so, dass die Wertstoffe erhalten und angereichert werden. Hier braucht es die Kompetenzen unterschiedlicher Disziplinen.

## **Warum?**

Pflanzenforscher wissen, wie die Zellwände verschiedener Pflanzen aufgebaut sind. Agrarwissenschaftler geben über den Einfluss der Anbaumethoden auf die Pflanzenstruktur und den Ernteerfolg Auskunft. Mikrobiologen entwickeln speziell angepasste Bakterienstämme, welche die gewünschten Enzyme herstellen oder direkt die Biomasse zerlegen. Ingenieure bauen innovative Verfahrenstechnologien auf, um die Biomasse effizient zu extrahieren und verarbeiten zu können.

## **Welche Themen werden in den kommenden Jahren im Mittelpunkt stehen?**

Aus den bislang 42 abgeschlossenen Projekten haben sich vier größere Themenfelder herauskristallisiert: Der erste Komplex umfasst Fragen rund um die Pflanze. Dazu zählt etwa, wie Pflanzen durch neue biotechnologische Verfahren vor Krankheiten geschützt werden oder wie sie Trockenheit, Nährstoffstress oder Hitze besser widerstehen können. Die zweite große Aufgabe ist es, biotechnologische Verfahren so modular zu entwickeln, dass ein Baukasten entsteht, der viele verschiedene Produkte ermöglicht. Das dritte Themenfeld: die Herstellung hochwertiger biobasierter Produkte in Bioraffinerien. Hier gilt es, effiziente Biomasse-Verwertungen zu entwickeln, die neuartige Produkte ermöglichen und nachhaltige Stoff-Kreisläufe etablieren – innerhalb von Bioraffinerien und in der Zusammenarbeit mit der Agrarproduktion. Viertens geht es um die strategische Umsetzung: Wirtschaft, Politik und Gesellschaft müssen die Bioökonomie mittragen.

## **An welchen Beispielen arbeiten Sie bereits?**

Konkret untersuchen wir etwa die nachhaltige Verwertung der Biomasse mehrjähriger Pflanzen wie verschiedener Malvengewächse, die auch auf schlechten Böden sehr gute Erträge liefern. Aus diesen Pflanzen lassen sich Bausteine wie Zucker, Zellulose und Lignin gewinnen, um wertvolle Produkte wie zum Beispiel Biotenside herzustellen. Tenside finden sich nicht nur in Waschmitteln, sondern auch in Lebensmittelzusatzstoffen oder Druckertinte. Der Vorteil von Biotensiden gegenüber den heute eingesetzten, aus Erdöl hergestellten Tensiden: Sie sind biolo-



← Die Zukunft gehört der Biologie, davon ist Prof. Ulrich Schurr überzeugt. Die komplexen Hintergründe einer biobasierten Kreislaufwirtschaft erläutert er gemeinsam mit anderen Wissenschaftlern in dem Buch „Bioökonomie für Einsteiger“ von Joachim Pietzsch.

gisch abbaubar und weniger toxisch. Gleichzeitig arbeiten wir an einem Bioraffinerieprozess, mit dem sich genau diese Biotenside gewinnen lassen. Außerdem suchen wir nach pflanzlichen Naturstoffen, die als Quelle für bioaktive Substanzen wie Agrochemikalien und Pharmazeutika dienen.

#### **Welche Stellenwert hat die Bioökonomie in Deutschland und international?**

Viele Experten prognostizieren, dass biobasierte Produkte und Dienstleistungen die wesentlichen Treiber der künftigen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung sein werden und somit das Jahrhundert der Biologie anbricht. Die Bundesregierung hat im Rahmen ihrer „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ rund zwei Milliarden Euro Fördermittel für die Forschung zur Verfügung gestellt. Innerhalb des vom Land Nordrhein-Westfalen unterstützten BioSC werden zurzeit beispielsweise fünf sogenannte FocusLabs mit fast 12 Millionen Euro aufgebaut. Die FocusLabs decken die gesamte Wertschöpfungskette der Bioökonomie ab. Auch in der deutschen Industrie nimmt der Einsatz nachwachsender Rohstoffe zu. Weltweit haben inzwischen 48 Staaten ihre eigenen Bioökonomie-Strategien entwickelt. In allen Ländern geht es dabei um maßgeschneiderte Lösungen für die jeweilige Region.

#### **Warum benötigt jede Region eine eigene Lösung?**

Jede Region hat unterschiedliche Voraussetzungen – sowohl wirtschaftlich und wissenschaftlich, aber auch in Bezug auf Böden, Landnutzung und natürliche Ressourcen. Brasilien beispielsweise verfügt einerseits über weite Flächen,

die Massenprodukte wie Zuckerrohr und Soja erzeugen, und andererseits etwa im Amazonasgebiet über eine enorme Vielfalt an Pflanzen, die als Quelle für neuartige Pflanzenstoffe oder „Ideen aus der Natur“ dienen könnten. Brasilien benötigt also auch mehrere Strategien: moderne Bioraffinerie-Konzepte für die Verwertung großer Mengen von Biomasse, gleichzeitig aber auch den umfassenden Schutz und die intensive Erforschung des Regenwaldes.

#### **Wie lange wird es dauern, bis sich die Bioökonomie tatsächlich durchsetzt?**

In einigen Bereichen ist die sofortige Umsetzung gefragt. Das ist durchaus möglich. Nehmen wir als Beispiel Ernteeinbußen und Nahrungsmittelknappheit: Hier ist nicht nur der Klimawandel ein Problem. 40 Prozent von dem, was wir produzieren, wird unnötig weggeworfen – entweder schon auf dem Acker oder später während der Verarbeitung oder beim Verbraucher. Diese Verschwendung zu vermeiden, die Ressourcen klug zu nutzen – auch das ist Bioökonomie. Der Weg zu einer biobasierten Wirtschaft – eingebettet in andere nachhaltige Wirtschaftsformen – wird in unterschiedlichen Bereichen unterschiedlich lange dauern, je nachdem, ob man beispielsweise Nahrungsmittel, biobasierte Grundstoffe oder Energie aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugen möchte. Die Bioökonomie wird sich dort schnell durchsetzen, wo sie konkurrenzfähig ist, deutlich bessere Ergebnisse liefert oder Produkte herstellt, die man mit fossilen Rohstoffen gar nicht erzeugen kann.

DAS INTERVIEW FÜHRTE BRIGITTE STAHL-BUSSE.

# Der Übersetzer

**Wissenschaftler benutzen bisweilen dieselben Worte und meinen unterschiedliche Dinge. Einer, der zwischen Biologen, Mathematikern und Medizinern übersetzt, ist Prof. Rudolf Merkel. Ihm geht es aber nicht nur um das Vokabular, sondern auch um das gegenseitige Verständnis.**

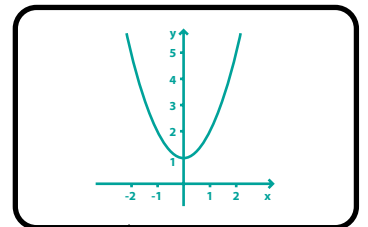
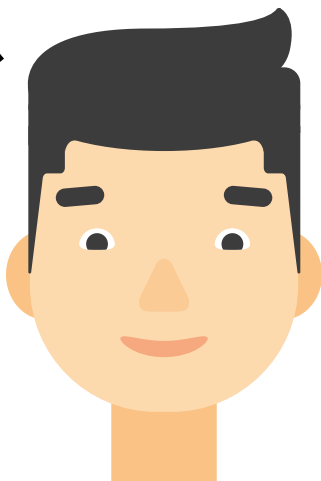
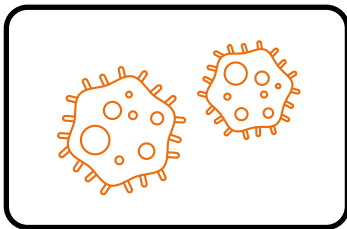
Die deutsche Sprache besitzt so ihre Fallstricke – auch in der Wissenschaft: Spricht ein Physiker über ein Substrat, meint er in der Regel eine feste Unterlage, auf der etwas wächst. Der Biologe hingegen denkt eher an einen Stoff, der durch ein Enzym verändert wird. Oder das Wort Funktion: Chemiker denken sofort an bestimmte Teile eines Moleküls, die funktionellen Gruppen. Für Biologen ist es eine konkrete Funktion einer Zelle und für den Mathematiker stellt die Funktion eine eindeutige Abbildung dar, die jedem Element einer Ausgangsmenge genau ein Element einer anderen Menge zuordnet.

„Die Kommunikation zwischen Mathematikern, Biologen, Medizinern, Chemikern und Physikern ist unglaublich schwierig. Wir verwenden dasselbe Wort und meinen verschiedene Dinge“, bestätigt der Jülicher Biophysiker Rudolf Merkel vom Institute of Complex Systems (ICS-7). In Zeiten, in denen Interdisziplinarität an Bedeutung gewinnt und Wissenschaftler aller Fachrichtungen gemeinsam globale Probleme lösen, scheint die Zusammenarbeit bisweilen schon am Vokabular zu scheitern.

Merkel, der Experte für zelluläre Biomechanik ist, weiß, wovon er spricht: „Ich bin 55 Jahre alt und habe unzählige

Tage in Labors verbracht, in denen mindestens Physiker und Biologen an einer gemeinsamen Aufgabenstellung arbeiten. Das war nicht immer einfach.“ Mit seiner langen Erfahrung in den verschiedenen Disziplinen fungiert er heute oft als Übersetzer – in Vorlesungen, Seminaren und Workshops. „Da muss ich zunächst einfach nur die Wörter übersetzen“, sagt er und lacht. Viel schwieriger ist der nächste Schritt: die unterschiedlichen wissenschaftlichen Ansätze zusammenzubringen. Jeder betrachtet ein Problem aus seiner Perspektive, hat „gewissermaßen eine andere Grammatik hinter den Vokabeln“. So geht der Trend in der Biologie immer mehr in Richtung Detail. Immer bessere Untersuchungsmethoden helfen den Forschern, immer kleinere Strukturen und komplexere Zusammenhänge auf engstem Raum zu entschlüsseln.

In der Mathematik ist die Entwicklung gegenläufig: „Der Mathematiker fragt nach dem generellsten möglichen Zusammenhang, dem abstraktesten Szenario, in dem er noch etwas beschreiben kann“, so Merkel. Die Physiker stehen irgendwo dazwischen. Auf diese Weise haben alle unterschiedliche Blickwinkel. Hinzu kommt: Jeder erachtet seine Fragestellung als die interessanteste. „Da bleibt die Wertschätzung der anderen Sichtweisen manchmal auf der Strecke. Dabei ist vor allem die Diskussion über die unterschiedlichen Blickwinkel das eigentliche Geschenk, in unserem Fall die Balance zwischen Detail und Prinzip“, so Merkel.



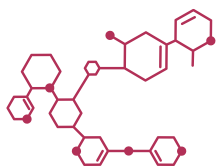


# Funktion

## „WET“ UND „DRY“ VERKNÜPFEN

Vor diesem Hintergrund ist es dem Jülicher eine Herzensangelegenheit, Wissenschaftler für die Sichtweise des jeweils anderen zu sensibilisieren, um am Ende einen Mehrwert für das jeweilige Forschungsthema zu generieren. Dass das wunderbar gelingt, beweist ein sechsmonatiges Forschungsprogramm für Biologen und Mathematiker aus ganz Europa, das Merkel in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der RWTH Aachen und der englischen Universität Sussex initiiert hat. „Ziel war es, ein einzigartiges Forum zu schaffen, um Verknüpfungen herzustellen zwischen sogenannten *wet* Wissenschaften wie Biologie, Medizin sowie Biophysik und theoretischen, also *dry* Wissenschaften wie angewandte Mathematik, theoretische Physik und Statistik“, sagt Merkel.

Das gemeinsame Untersuchungsobjekt war die Zelle. Dieser näherten sich die Forscher aber aus einer ihnen eher fremden Perspektive: Biologen lernten, wie sich die Physik, Morphologie, Bewegung und Musterbildung der Zelle mathematisch beschreiben lässt. Ein weiterer Programmbestandteil war ein mehrtägiger Aufenthalt für Mathematiker im Bio-Labor: Da wurde mikroskopiert, pipettiert und zentrifugiert. „Ein echtes Abenteuer! Ein Mathematiker wird deshalb nicht zum



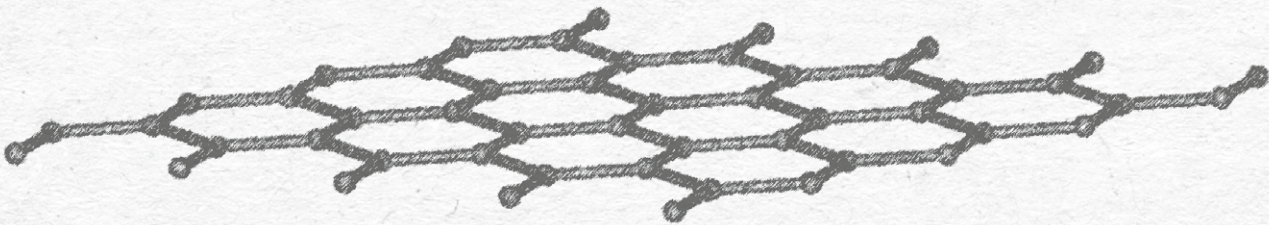
↑ Verstehen, was andere meinen: Prof. Rudolf Merkel vom Institute of Complex Systems (ICS-7) bringt unterschiedliche Disziplinen zusammen.

Biologen – soll er auch nicht – aber er bekommt eine Idee davon, was der Biologe kann“, so Merkel. Zu begreifen, wofür man das Können des anderen einsetzen kann, um ein Problem zu lösen, ist für Merkel eine sehr große Kompetenz, die die Wissenschaftler in einem solchen Workshop erlernen können, ohne jahrelang selbst im Labor stehen zu müssen.

„Inzwischen führen wir die Idee des Programms auch nach dessen Ablauf weiter in europäischen Ausbildungsnetzwerken und Konferenzserien“, sagt Merkel. Entstanden sind zudem fruchtbare Zusammenarbeiten – beispielsweise mit Programmteilnehmern einer Mathematik-Arbeitsgruppe aus dem italienischen Triest. Die Forscher sind Experten in der Modellierung von Differenzialgleichungen, die Strömungen durch poröse Medien beschreiben: „Sie drücken einen Schwamm mit viel Kraft aus, entsprechend viel Wasser läuft heraus. Drücken Sie ihn langsam, brauchen Sie weniger Kraft und es fließt weniger Wasser. Der Schwamm verformt sich unterschiedlich – je nachdem, wie stark Sie drücken. Diese Vorgänge können die Wissenschaftler aus Triest mathematisch exakt beschreiben“, erklärt Merkel.

Berechnungen, die er und sein Team benötigten, um Prozesse im Menschen nachzuvollziehen – konkret geht es um den Transport von Proteinen, Hormonen und Nährstoffen in dem Teil der Brust, in dem die Muttermilch gebildet wird. „Wie sich das Brustgewebe aufgrund von äußerem Druck verformt und der Stofftransport beschleunigt wird, das ist der Prozess des ‚Schwamm-Ausdrückens‘ auf mikroskopischer Ebene“, so Merkel. Die Belohnung der länderübergreifenden Zusammenarbeit: Die neuen Erkenntnisse werden demnächst in einer gemeinsamen Publikation erscheinen.

# Aus der Mine ins Labor



**Graphen ist ein Material, dessen Existenz man lange Zeit nicht für möglich gehalten hatte. Der Werkstoff besteht aus reinem Kohlenstoff und ist gerade einmal eine Atomlage dick. Forscher aus Jülich ergründen seine Eigenschaften und suchen nach Anwendungen.**



↑ **Prof. Stefan Blügel leitet das Peter Grünberg Institut, Bereich Quanten-Theorie der Materialien (PGI-1/IAS-1).**

Kahle Bergflanken, Mauern aus unbehauenen Steinen und grasende Schafe. Borrowdale ist eine karge Gegend im Norden von England. Nichts deutet darauf hin, dass von dort einst eine technologische Umwälzung ausgegangen ist. In der entlegenen Region hatten Bauern im 16. Jahrhundert ein schwarzes, weiches Mineral entdeckt. Seinen Nutzen entfaltete es, als es zu dünnen Stangen geschnitten und mit Schnüren umwickelt wurde. Damit war ein handliches Schreibwerkzeug erfunden, das bald schon Gänsekiel und Tintenfass den Rang ablaufen sollte: der Bleistift.

Seinen Namen trägt das Schreibgerät allerdings zu Unrecht: Bei dem schwarz glänzenden Material in seinem Inneren handelt es sich nicht um Blei, sondern um reines Graphit. Und diese Form des Kohlenstoffes könnte nun erneut einen Innovationsschub auslösen. Denn im Jahr 2004 war

es Forschern an der Universität von Manchester gelungen, daraus ein exotisches Material zu erzeugen, das nur eine Atomlage dick ist: Graphen. Es ist biegsam, aber dabei doch äußerst fest und steif. Und es leitet Elektronen bei Raumtemperatur schneller als jedes andere Material. Daher dürfte es eine ganze Reihe von Anwendungen ermöglichen: ultrafeste Verbundwerkstoffe, blitzschnelle Transistoren und hochempfindliche Sensoren zum Beispiel.

## DURCHBRUCH DANK KLEBEBAND

„Graphen ist ein rein zweidimensionales Gebilde. Es besteht aus Kohlenstoffatomen, die alle in einer Ebene liegen und über feste Molekülbindungen miteinander zu einem Gitter verknüpft sind. So bilden sie eine Art sechseckiges Wabenmuster“, erklärt Prof. Stefan Blügel vom Jülicher Peter Grünberg Institut (PGI-1). „Physiker hatten



← Die Minen von Bleistiften bestehen aus Graphit – und enthalten damit auch Graphen, eine einzelne, nur eine Atomlage dicke Graphitschicht.

das Material bereits in den siebziger Jahren theoretisch beschrieben. Dass es aber tatsächlich existiert, hatte man lange Zeit für nahezu unmöglich gehalten. Es kam einer Sensation gleich, als erstmals die Herstellung gelang – und dann auch noch auf solch einfache Weise.“

Damit spielt Blügel auf die Klebebandmethode an, mit der das Team um die Physiker Andre Geim und Konstantin Novoselov in Manchester erstmals die atomaren Kohlenstoffschichten erzeugt hatten. Ausgangsmaterial war ein kleiner Graphitsplitter. Das Material besteht aus unzähligen Graphenschichten, die in Stapeln aneinander haften. Mithilfe eines einfachen Klebebandes, wie es in jedem Büro zu finden sein dürfte, schälten die Forscher von dem Splitter einzelne Lagen ab und übertrugen sie auf eine Scheibe aus Silizium. Dort konnten sie bequem untersucht werden. Im Jahr 2010 erhielten beide für ihre Arbeiten zu Graphen den Nobelpreis für Physik.

Stefan Blügel erinnert sich: „Die Theoretiker öffneten damals ihre Schubladen und zogen ihre alten Berechnungen hervor. Endlich bot sich ihnen die Möglichkeit, die Aussagekraft ihrer Modelle an einem realen System zu überprüfen.“

Eine herausragende Eigenschaft interessierte die Experten dabei ganz besonders: die elektrische Leitfähigkeit des Graphens. Jedes Kohlenstoffatom in dem molekularen Wabenmuster trägt mit einem Elektron dazu bei. Diese Elektronen sammeln sich wie ein See oberhalb und unterhalb der Kohlenstoffschicht, sagt Blügel: „Das Besondere ist, dass sich die Elektronen in diesen Seen so bewegen können, als würden sie so gut wie keine Masse besitzen. Sie lassen sich mühelos beschleunigen. Daraus resultiert die ungewöhnlich hohe Leitfähigkeit des Materials.“

### AUSSERGEWÖHNLICH STABIL

Mit etwa 0,3 Prozent der Lichtgeschwindigkeit (knapp 1.000 Kilometer pro Sekunde) flitzen die geladenen Teilchen durchs Graphen. Damit erreichen sie zwar noch nicht die Geschwindigkeiten, die in großen Teilchenbeschleunigern möglich sind. Aber immerhin sind sie so schnell, dass für sie die Regeln von Albert Einsteins spezieller Relativitätstheorie gelten. Am Graphen lassen sich im Labor daher exotische Phänomene studieren, die sonst nur in teuren Beschleunigeranlagen in Erscheinung treten. Graphen ist nicht nur extrem leitfähig, sondern auch außergewöhnlich stabil. In Kunststoffe eingemischt dürfte es die Belastbarkeit



↑ Erforscht funktionale Nanostrukturen an Oberflächen: Dr. Francois Bocquet vom Peter Grünberg Institut (PGI-3).

## Nerven belauschen

Herz- und Nervenzellen haben eines gemeinsam: Sie leiten Informationen in Form von schwachen elektrischen Impulsen weiter. Dieses Flüstern der Zellen will der Nanoforscher Dmitry Kireev vom Institute of Complex Systems (ICS-8) belauschen und so an die Informationen gelangen. Dazu entwickelt er Sensoren auf Basis von Graphen, die künftig in den Körper implantiert werden sollen. „Damit ließen sich im Gehirn Signale direkt im zentralen Nervensystem aufgreifen und nach draußen leiten“, erklärt der Spezialist für Mikrotechnologie. Patienten könnten mithilfe der Signale etwa eine Beinprothese kontrollieren. Doch davon sind die Jülicher Sensoren weit entfernt. Derzeit laufen Laborversuche. Dabei lässt Kireev Herz- und Nervenzellen auf einem Stück durchsichtiger Plastikfolie wachsen, die etwa so groß wie eine Briefmarke ist. Vom Rand der Folie laufen goldfarbene Linien ins Zentrum. „Das sind Zuleitungen, die eigentlichen Sensoren aus Graphen sitzen in der Mitte“, sagt Kireev. Nach wenigen Tagen beginnen die Zellen ihre charakteristischen Impulse abzugeben. Das Graphen dient als winzige Elektrode, welche die elektrischen Signale abgreift. Die Vorteile des Materials: Es reagiert äußerst empfindlich auf die schwachen Zellimpulse, ist biologisch verträglich und kann auf einer biegsamen Unterlage aufgebracht werden – alles wichtige Voraussetzungen für den Einsatz im Körper. Darin liegt die nächste Herausforderung: die Zellsignale nicht im Labor zu messen, sondern an einem natürlichen Organ.



**Zum Reinhören: Lauschangriff auf Nervenzellen – ein Besuch bei Dmitry Kireev im Labor: [effzett.fz-juelich.de](http://effzett.fz-juelich.de)**



↑ In Borrowdale, einem Tal im Nordwesten Englands, fanden Bauern im 16. Jahrhundert erstmals Graphit. Zunächst hielt man das Mineral für Bleierz und nannte daher die daraus gefertigten Schreibwerkzeuge Bleistifte.

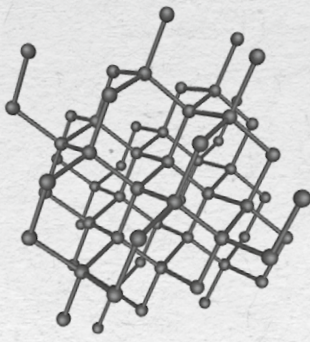
solcher Verbundmaterialien deutlich erhöhen. Und wenn fremde Moleküle mit einer Kohlenstoffschicht in Kontakt geraten, dann laufen winzige Wellen über den Elektronensee des Graphens. Daher eignet sich das Material auch zum Bau empfindlicher Sensoren. Gerade in der Mikroelektronik erhofft man sich, dass Graphen den Standardhalbleiter Silizium verdrängen könnte. Doch der Anbruch des Kohlenstoffzeitalters lässt noch auf sich warten.

„Bisher kenne ich noch keine etablierte Anwendung von Graphen im Elektronikbereich“, sagt Dr. Francois Bocquet (PGI-3). Und das liege gerade an jener hervorstechenden Eigenschaft des Kohlenstoffgitters, Elektronen besonders gut zu leiten. Herkömmliche Transistoren auf Computerchips bestehen aus halbleitendem Silizium. Diese Bauelemente lassen sich zwischen zwei Zuständen hin und her schalten, zwischen an und aus. Der Stromfluss in einem Transistor auf Basis von Graphen jedoch lässt sich niemals vollständig abstellen. Er ähnelt einem undichten Wasserhahn, durch den ständig Wasser hindurchtröpfelt. Für digitale Schaltkreise eignen sich solche Komponenten daher nicht: „Stehen alle Transis-

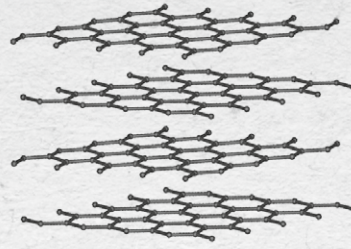
toren einer logischen Schaltung ständig auf ‚an‘, lassen sich damit keine Rechenoperationen durchführen“, so Bocquet.

Der Jülicher Forscher arbeitet deshalb daran, die Leitfähigkeit von Graphen zu beeinflussen – zum Beispiel durch gezielte Verunreinigungen mit anderen Atomsorten, wie man sie aus der etablierten Halbleitertechnologie kennt. Eine weitere Möglichkeit, die Leitfähigkeit zu steuern, bieten chemische Verfahren zur Herstellung von Graphen – und zwar über das Material, auf das Graphen aufgetragen wird. Denn die Klebbandmethode ist längst nicht mehr der einzige Weg zur Herstellung des begehrten Werkstoffs. Chemiker haben wesentlich elegantere Verfahren entwickelt, bei denen Graphen zum Beispiel aus Gasen, die Kohlenstoff enthalten, auf einer Oberfläche abgeschieden wird.

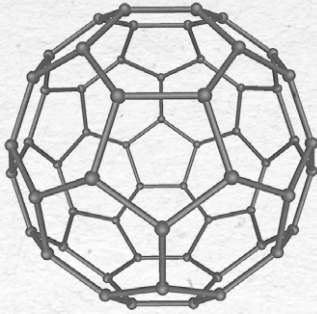
„Dabei kommt es üblicherweise zu Wechselwirkungen zwischen dem Trägermaterial und dem Graphen. Wir konnten zeigen: Der atomare Abstand zwischen den beiden entscheidet darüber, wie stark die Beeinflussung der Leitfähigkeit ausfällt“, erläutert Bocquet. Dabei handele es



Diamant



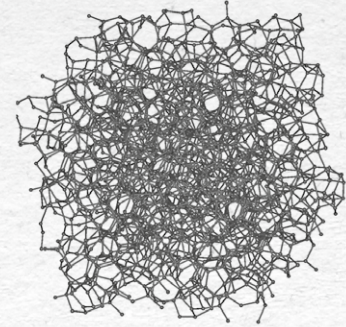
Graphit



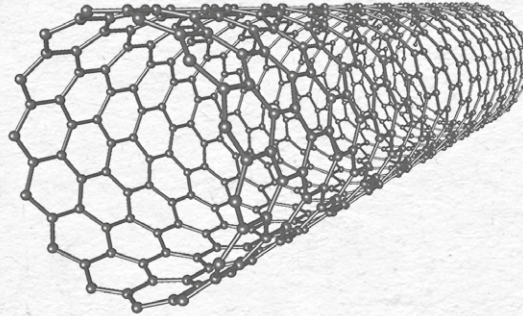
Buckminsterfullerene

## Vielfältig konstruiert

Ausgewählte Erscheinungsformen des Kohlenstoffs



Amorpher Kohlenstoff



Nanoröhrchen

sich zwar um reine Grundlagenforschung. Aber für potenzielle Anwendungen könnten diese Erkenntnisse einen wichtigen Beitrag leisten.

### DIE KLEINSTE BATTERIE DER WELT

Auch für die elektronischen Bauteile, mit denen sich Dr. Ilia Valov (PGI-7) beschäftigt, können von dem Kohlenstoffgitter profitieren: „Wir entwickeln Datenspeicher, die mit extrem wenig Energie auskommen, äußerst schnell schalten und wenig Platz einnehmen. Wir bewegen uns hier im Nanometerbereich.“ Im Gegensatz zum Arbeitsspeicher im PC behalten diese ReRAM-Speicher ihre Information auch dann noch bei, wenn der Strom ausgeschaltet wird.

Valov und seine Mitarbeiter konnten zeigen, dass sich die ReRAMs wie winzig kleine Batterien verhalten. Das bringe leider auch Nachteile mit sich hinsichtlich der Langzeitstabilität, urteilt der Forscher: „Wir kennen diese Phänomene ja auch von ganz normalen Lithium-Akkus: Sie altern, weil die Substanzen in ihrem Inneren die Elektroden angreifen. Diesen schädlichen Einfluss der Zellchemie sehen wir auch bei unseren Speichern.“

Und hier kommt das Graphen ins Spiel: Ilia Valov legt es als dünne Schutzschicht über die Elektroden seiner Speicherelemente, um so die Zellchemie zu zähmen. Dafür eignet sich Graphen ideal. Die Schicht ist so dünn, dass sie die Funktionstüchtigkeit der Speicher kaum beeinträchtigt. Und gleichzeitig ist sie doch undurchdringbar für jene Bestandteile der Zelle, die die Elektrode angreifen. Valov: „Wir erhalten stabilere Speicherzellen. Gewisse Abstriche müssen wir zwar dadurch bei den Schaltzeiten hinnehmen, aber ich denke trotzdem, dass diesem Aufbau die Zukunft gehört.“

Die kommenden Jahre werden zeigen, für welche Anwendungen sich die atomaren Kohlenstoffschichten am besten eignen. Im Falle des Graphits aus den nordenglischen Minen stand für eine gewisse Zeit ein anderer Verwendungszweck im Vordergrund: Mit dem schwarzen Mineral ließen sich die Gussformen für Kanonenkugeln ganz hervorragend auskleiden. Doch diese Anwendung zumindest hat der Gang der Geschichte hinter sich gelassen.

ARNDT REUNING



↑ Dr. Ilia Valov vom Peter Grünberg Institut, Bereich Elektronische Materialien (PGI-7) ist Experte für spezielle elektrochemische Bauelemente, die sogenannten ReRAM.

# Zusammen FIT

2,2  
plus

2,2 Quadratkilometer misst der Campus des Forschungszentrums. Jülicher Wissenschaftler sind aber über den Campus hinaus aktiv – etwa an der **RWTH Aachen**, die über die **Jülich Aachen Research Alliance (JARA)** eng mit dem Forschungszentrum verbunden ist.

## Wieso dort?

Prof. Rainer Waser ist Mitglied der Sektion „Fundamentals of Future Information Technology“ der Jülich Aachen Research Alliance (JARA-FIT) und leitet zwei Institute – eins in Jülich und eins an der RWTH Aachen.

### Worin unterscheidet sich die Arbeit der Institute?

Wir forschen an der Nanoelektronik der Zukunft, insbesondere an speziellen Speicher- und Logikelementen, sogenannten ReRAMs. Davon gibt es zwei wichtige Arten – eine erforschen wir vor allem in Jülich, die andere in Aachen.

### Welche Vorteile bietet JARA-FIT?

Die Allianz bietet Möglichkeiten, die jeder Partner alleine nicht hätte. Indem wir unsere Forschung koordinieren, lassen sich Ressourcen effektiver nutzen.

### Was bedeutet das konkret?

Wir brauchen teure Geräte nur einmal, da wir sie durch die räumliche Nähe unkompliziert zusammen nutzen können. Außerdem berufen wir gemeinsam akademisches Personal und gründen zusammen Einrichtungen, wie 2016 das JARA-FIT-Institut Green IT, das energieeffiziente Computerchips entwickelt.



↑ Gleich 520-mal stand Karl der Große im Jahr 2014 auf dem Aachener Katschhof. Die roten und gelben Skulpturen waren Teil der Feiern der Stadt zum 1200. Todestag des Kaisers, der Aachen zu seiner Lieblingsresidenz machte.

# 10

Jahre existiert die Jülich Aachen Research Alliance (JARA) bereits.

## Ortskunde

### Finger hoch

Aachener grüßen sich untereinander mit dem emporgereckten kleinen Finger der rechten Hand. Dieser Gruß, der Klenkes, erinnert an die Nadelindustrie in Aachen im 19. Jahrhundert. Arbeiter – meist Kinder – sortierten damals fehlerhafte Nadeln mit ihrem kleinen Finger aus.

### Stadt der Studierenden

In Aachen mit seinen 245.000 Einwohnern studieren rund 55.000 Menschen, davon weitaus die meisten – 45.000 – an der RWTH.

### Gewichtiges Geschenk

20. Juli 802: Wohl niemand in Aachen hatte jemals einen Elefanten gesehen. Doch an diesem Tag trottete ein solcher durch die Straßen. Er war ein Geschenk des Kalifen von Bagdad an Karl den Großen.



# GEFÄLLT UNS

## SCHLAGABTAUSCH DER MUSEEN

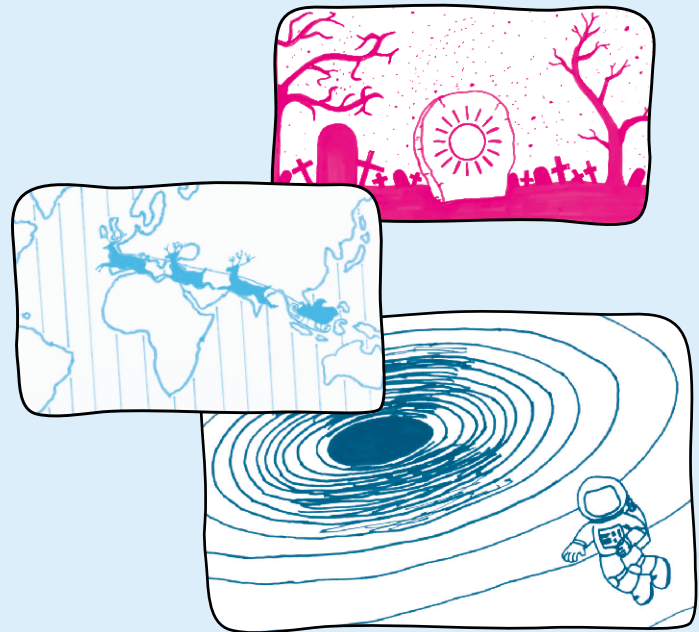
### „Twitter-Battle“ ums beste Exponat

Das „Natural History Museum“ und das „Science Museum“ in London gehören mit ihren beeindruckenden Exponaten und Ausstellungen zur absoluten Weltspitze. Welche der renommierten Einrichtungen jedoch das bessere Angebot hat, haben die beiden unlängst in einem Schlagabtausch auf Twitter ausgetragen. Auslöser war die Frage eines Nutzers, mit welchem Exponat die Museen in einen „staff battle“ ziehen würden. Beide Institutionen ließen sich nicht lange bitten und was folgte, war wohl eine der unterhaltsamsten Wissenschaftsbattles, die die Welt gesehen hat. Wer gewonnen hat? Am besten selbst überprüfen!

– BLOG.ZEIT.DE –

STICHWORT:

„MEIN MUSEUM IST COOLER ALS DEIN MUSEUM“



## TOGETHER SCIENCE CAN

### Für eine vereinte Wissenschaft

In einer Welt des wachsendem Populismus, der gesellschaftlichen Spannungen und alternativen Fakten ruft die Kampagne „Together Science Can“ zu mehr Einigkeit in der Wissenschaft auf. Die von der britischen Stiftung Wellcome Trust organisierte und von globalen Wissenschaftsorganisationen unterstützte Aktion ermutigt dazu, sich mit vereinter Stimme für wissenschaftliche Kooperationen einzusetzen. Jeder kann sich beteiligen – von der einzelnen Wissenschaftlerin über Forschergruppen bis hin zu Organisationen. Bilder und Statements werden in Social Networks unter dem Hashtag #TogetherScienceCan verbreitet.

– TOGETHERSCIENCECAN.ORG –

## SCHLAU IN 100 SEKUNDEN

### Phänomene im Web-Video

Wie entstehen Schwarze Löcher, wie funktioniert ein Wurmloch und warum ist eines Tages der Tod der Sonne und damit sämtlichen Lebens auf der Erde unumgänglich? Der YouTube-Kanal „100 Sekunden Physik“ geht in seinen kurzweiligen Comic-Clips den grundlegenden Fragen der Physik nach, erklärt Alltagsphänomene und beschäftigt sich sogar damit, ob der Weihnachtsmann existiert.

Wer sich's anguckt, lernt dazu – garantiert.

– [WWW.YOUTUBE.COM/100SEKUNDENPHYSIK](http://WWW.YOUTUBE.COM/100SEKUNDENPHYSIK) –

# FORSCHUNG IN EINEM TWEET

Hitzewellen und Überflutungen haben die Erde 2017 heimgesucht. Wie sich Extremwetter langfristig auswirken, untersuchen Forscher mit MOSES.

---



## Die Erde

steht unter Beobachtung: Daten aus der Luft, aus dem Boden, aus dem Meer und aus dem Eis sollen zeigen, wie Extremwetter die Energie-, Wasser-, Nährstoff- und Treibhausgas-Kreisläufe beeinflusst. Forscher aus Jülich entwickeln mit acht weiteren Helmholtz-Zentren Sensoren und Instrumente für das mobile Messsystem MOSES. 2022 soll es in Betrieb gehen.

[moses.eskp.de](https://moses.eskp.de)