

# Jahresbericht 2014



# Daten und Fakten



# Inhalt

- U2** Daten und Fakten
- 02** Highlights 2014
- 04** Vorstand
- 05** Vorwort
- 06** Chronik

## Forschung

- 12 Mikroskopie** Hingucker in neuen Dimensionen
- 18 Kernphysik** Neues von den Bausteinen der Welt
- 22 Klimaforschung** Messflüge in die Wolken
- 26 Klimaforschung** Neues zum OH-Waschgang
- 28 Halbleitertechnologie** Neuer Laser für schnellere, effizientere Computer
- 30 Bioelektronik** Beste Kontakte im Körper
- 32 Strukturbiochemie** Langstreckenlauf zum Alzheimer-Medikament
- 34 Hirnforschung** Molekularer Code eint Sprachregionen im Gehirn
- 36 Energieforschung** Forschen für die Energiewende
- 38 Energieforschung** Energie für unterwegs
- 40** Projekte im Überblick
- 42** Publikationen

## Kooperation

- 44** Regionale Lösungen für globalen Wandel
- 49** Kooperationen im Überblick
- 51** Nationale Kooperationen
- 52** Internationale Kooperationen
- 56** Exzellente Plattformen
- 59** JARA expandiert
- 61** Industriekooperationen
- 62** Forschung für die Praxis
- 64** Patente und Lizenzen

## Menschen

- 66** Hohe Erwartungen, kluge Entscheidungen
- 68** Den Nachwuchs fördern
- 76** Personal
- 78** Preise und Auszeichnungen
- 80** Berufungen und Rufe

## Campus

- 82** Zukunftscampus
- 84** Außenstellen
- 88** Finanzen
- 92** Organe und Gremien
- 94** Organigramm
- 96** Kontakt/Impressum
- U3** REM-Aufnahmen

# Highlights 2014

Das Forschungszentrum Jülich stellt sich drängenden Fragen der Gegenwart in den Bereichen Energie und Umwelt sowie Information und Gehirn und gehört als Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft zu den großen interdisziplinären Forschungszentren Europas.



**47**

**Gemeinsame Berufungen**  
der Jülich Aachen Research Alliance



**84**

neue Patentanmeldungen

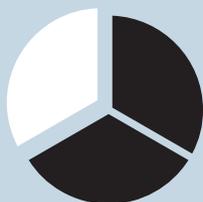


**138**

erteilte Patente

**378**

**Beteiligungen**  
an national geförderten Projekten



**1,33**

**Milliarden Fördermittel**  
Umsatz des Projektträgers Jülich in Euro



**1.614**

**Publikationen**  
in begutachteten Zeitschriften

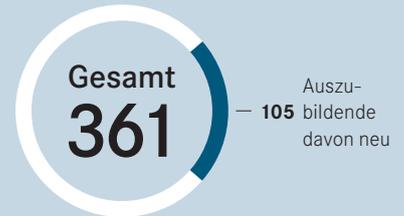




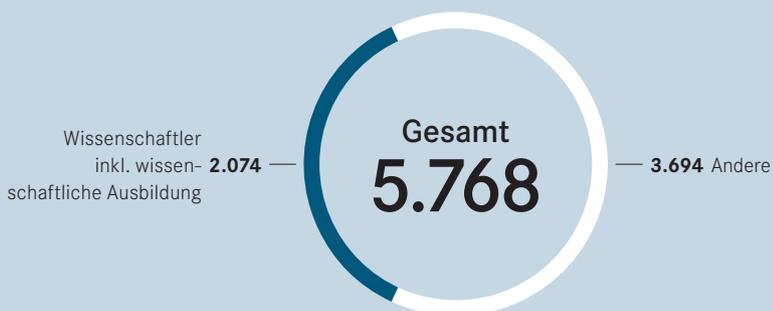
**Nachwuchsgruppen**



**Auszubildende und Praktikanten**

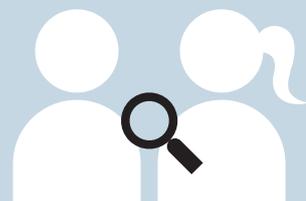


**Beschäftigte**



**3.830**

Schüler im JuLab



## Vorstand



Professor Dr.-Ing. Harald Bolt  
Mitglied des Vorstands

Professor Dr.-Ing. Wolfgang Marquardt  
Vorstandsvorsitzender

Professor Dr. Sebastian M. Schmidt  
Mitglied des Vorstands

Karsten Beneke  
Stellvertretender Vorstandsvorsitzender

## Vorwort

*Selb geachtete Damm und Herwan,*

wer forscht, übernimmt Verantwortung für die Zukunft. Denn Wissenschaft bedeutet nicht nur, herausragende Ergebnisse im eigenen Fach anzustreben. Darüber hinaus stellen wir uns den drängenden gesellschaftlichen Herausforderungen: Energieversorgung, demografische Entwicklung, Klimawandel, Medizintechnik – der Jahresbericht zeigt anschaulich, in welchen Bereichen unsere Forscherinnen und Forscher Lösungen entwickeln.

Werden wissenschaftliche Erkenntnisse und Ergebnisse in Technologien umgesetzt, kann das große Auswirkungen auf unsere Gesellschaft haben. Deshalb müssen wir uns ständig hinterfragen. Bearbeiten wir die richtigen Forschungsthemen, und ist das Forschungszentrum dafür gut aufgestellt? Was wollen wir 2025 erreicht haben? Schaffen wir Erkenntnisse und entwickeln wir nachhaltige Lösungen, die auch Wirkung in der Gesellschaft entfalten werden? Um das sicherzustellen, ist eine Strategie wichtig, die gemeinsam von uns allen entwickelt, getragen und umgesetzt wird. Daher haben wir einen Strategieprozess unter breiter Beteiligung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter begonnen.

Verantwortung in der Forschung bedeutet aber auch, Akteure außerhalb der Wissenschaft an Forschungs- und Innovationsprozessen teilhaben zu lassen. Als größter Arbeitgeber in der Region hat das Forschungszentrum Jülich vielfältige Berührungsfelder. Um stärker miteinander ins Gespräch zu kommen – regelmäßig und langfristig – haben wir im Frühjahr 2015 den „Jülicher Nachbarschaftsdialog“ gestartet. Wirtschaftsunternehmen, Schulen, Umweltverbände und viele mehr sind daran beteiligt. Gegenseitige Wünsche und Erwartungen sollen künftig in einem moderierten Dialog Gehör finden und zu gemeinsamen Aktivitäten führen.

Auch national und international stellt sich das Forschungszentrum Jülich seiner Verantwortung, beispielsweise durch die Koordination großer Forschungsprojekte, als gewichtiger Kooperationspartner oder durch die Bereitstellung von Forschungsinfrastrukturen für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt.

Alle diese Aktivitäten sind Teil der positiven Bilanz, die das Forschungszentrum Jülich ziehen kann.

*W. Clew, nA*

# Chronik

1. April 2014

## Atmung und Hirnfunktion

Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich und der Universität von Tennessee präsentieren Ergebnisse, die helfen sollen, die Rolle des Atems für die menschliche Gehirnfunktion besser zu verstehen. Die Forscher hatten entdeckt, dass bei Mäusen die Aktivitäten der Nervenzellen in einem Gehirnareal namens Whisker Barrel Cortex eng mit der Atmung verknüpft sind.

14. April 2014

## Überraschende Atmosphäre

Jülicher Forscher räumen in „Science“ mit der gängigen Vorstellung auf, die Salpetrige Säure sei eine bedeutsame Quelle für Hydroxyl(OH)-Radikale, das „Waschmittel“ für die Selbstreinigung der Luft. Sie stützen sich auf Luftmessungen, die mit einem Zeppelin gemacht wurden (s. a. „Neues zum OH-Waschgang“, S. 26).



17. April 2014

## Für Quantencomputer gerechnet

„Nature“ veröffentlicht Ergebnisse eines Experiments an der Yale-Universität, das die Entwicklung von Quantencomputern auf Basis von Supraleitern voranbringt. Der Jülicher Physiker Gianluigi Catelani hat die Resultate durch Berechnungen gestützt, die erklären, wieso der Energieverlust im elementaren Bauteil der supraleitenden Schaltkreise unterdrückt werden kann. Quantencomputer sollen zukünftig bestimmte Aufgaben wesentlich schneller lösen als herkömmliche Rechner.

14. Mai 2014

## Natürlich weniger Reibung

Dank einer speziellen Polymerschicht auf dem Knorpel bewegen sich natürliche Gelenke auch bei hohem Druck nahezu reibungsfrei. Mithilfe von Simulationen auf Jülicher Supercomputern haben Wissenschaftler des Forschungszentrums und der Universität Twente ein Verfahren entwickelt, das die biologische Schmierung technisch kopiert und durch den Einsatz zweier verschiedener Polymerarten sogar verbessert. Diese Schmierung ist etwa für die Kolben von Spritzen, für Scharniere und Achsenlager interessant.

16. Mai 2014

## Mit Algentreibstoff fliegen

Im Forschungszentrum geht das „Algen Science Center“ an den Start, in dem Algen gezüchtet und drei Produktionssysteme für diese Biomasse miteinander verglichen werden. Aus den Algen soll Biotreibstoff für Flugzeuge gewonnen werden (s. a. „Algentreibstoff“, S. 50).

23. Mai 2014

## Quarks im Sechserpack



109 Forschende, darunter rund 32 aus Jülich, veröffentlichen das Ergebnis eines Experimentes am Jülicher Teilchenbeschleuniger COSY. Es belegt, dass Quarks auch im Sechserpack existieren. Damit ist ein weiteres Puzzlestück gefunden für das Bild, das sich Physiker vom Aufbau der Welt machen (s. a. „Neues von den Bausteinen der Welt“, S. 18).

4. Juni 2014

## Neue FCKW nachgewiesen

Die Jülicher Wissenschaftlerin Corinna Kloss berichtet gemeinsam mit anderen Forschern über die Analyse von Luftproben, die zwischen 1978 und 2012 über der Insel Tasmanien nahe Australien gesammelt wurden. In diesen Proben haben die Forscher drei Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW) – davon einer teilhalogeniert (HFCKW) – entdeckt, die bis dahin in der Atmosphäre nicht nachgewiesen worden waren. FCKW dürfen seit 2010 weltweit nicht mehr eingesetzt werden, weil sie die Ozonschicht schädigen.

10. Juni 2014

## Kompetenzzentrum der Batterieforschung

Bundesforschungsministerin Johanna Wanka und NRW-Wissenschaftsministerin Svenja Schulze eröffnen das Helmholtz-Institut Münster. Es bündelt die Kompetenzen des Forschungszentrums, der RWTH Aachen und der Universität Münster in der Batterieforschung und wird als Jülicher Außenstelle betrieben (s. a. „Energiespeicher für die Energiewende“, S. 87).

1. Juli 2014

## Neuer Vorstandsvorsitzender



Prof. Wolfgang Marquardt tritt sein Amt als Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums Jülich an. Bei seiner offiziellen Amtseinführung vor über 400 Gästen aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft sagt Bundesforschungsministerin Johanna Wanka: „Prof. Marquardt wird mit seiner Leidenschaft für die Forschung den Fortschritt weiter vorantreiben.“ Der studierte Verfahrenstechniker Marquardt leitete zuvor den Wissenschaftsrat.

1. Juli 2014

## Nachhaltigkeitsbericht vorgestellt

Wie wird im Forschungszentrum gearbeitet, wie werden Werte gelebt? Woher kommt in den nächsten Jahrzehnten die Energie, die das Zentrum braucht? Und was passiert mit seinen Reststoffen? Der Jülicher Nachhaltigkeitsbericht – der erste innerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft – beantwortet solche Fragen und zeigt auf, wie sich das Forschungszentrum zukunftsfähig entwickeln kann (s. a. „Nachhaltig forschen“, S. 82).

2. Juli 2014

## Soziale Kontakte im Hirn belohnt

Beim Brötchenholen tratschen, in der Kneipe Karten spielen oder gemeinsam auf Fahrradtour gehen: Der Mensch ist ein soziales Wesen. Ein Grund dafür: Der Umgang mit anderen Menschen aktiviert das Belohnungssystem im Gehirn. Neurowissenschaftler aus Jülich, Köln und Aberdeen konnten dies durch Untersuchungen von Probanden im Magnetresonanztomografen (MRT) mit einem neuen Testverfahren nachweisen. Die Behandlung von Autisten könnte vom Verfahren und von den Erkenntnissen profitieren.

27. Juli 2014

## Wilde Gene gegen Stress

Um die Widerstandskraft der Wildtomate *Solanum pennellii* gegenüber Trockenheit und Stress zu nutzen, wurde sie schon häufig mit Kulturtomaten gekreuzt. „Nature Genetics“ publiziert die Ergebnisse eines internationalen Forscherteams, die helfen, die Unempfindlichkeit der aus den Anden stammenden Wildtomate zu verstehen. Das Team, zu dem auch Jülicher Wissenschaftler gehören, hatte das Erbgut von *Solanum pennellii* analysiert.

31. Juli 2014

## Forschung gegen Algenplage

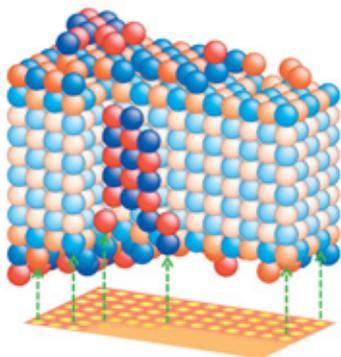


Die Ergebnisse einer Jülicher Studie weisen den Weg, wie man die Algenplage am Altmühlsee in Oberbayern in den nächsten Jahren wirksam bekämpfen kann. Ein Computermodell, entwickelt in Jülich, verrät, aus welchen Quellen und in welchen Mengen Phosphate in den See gelangen, die das übermäßige Algenwachstum verursachen. Demnach ist die Landwirtschaft im Einzugsgebiet des Sees für rund 60 Prozent der Phosphate im Wasser verantwortlich.

15. August 2014

## Solarzelle aus flüssigem Silizium

Jülicher Forscher haben in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen Evonik eine Solarzelle entwickelt, die aus einem sehr dünnen Film einer flüssigen Silizium-Verbindung besteht. Wie andere Zellen dieser Art ist sie prinzipiell sehr kostengünstig herstellbar, aber mit einem Wirkungsgrad von 3,5 Prozent siebenmal effizienter.



9. Oktober 2014

## Fließverhalten von Biopolymer-Fasern

Forscher aus Jülich und Amsterdam finden heraus, warum semiflexible Biopolymere, die weder völlig beweglich noch völlig steif sind, in einer Lösung fließen können, wenn man diese stark rührt: Normalerweise sind die Polymerfasern wie ein Haufen Spaghetti ineinander verschlungen. Im Fluss formen sie sich zu haarnadelähnlichen Gebilden um, die praktisch berührungslos aneinander vorbeigleiten.

21. September 2014

## Elektronenmikroskopie in neuer Dimension

Forscher aus Jülich und Xian, China, stellen in „Nature Materials“ eine Methode vor, mit der man nur eine einzige elektronenmikroskopische Aufnahme braucht, um den atomaren Aufbau von Kristallen räumlich zu erkennen (s. a. „Hingucker in neuen Dimensionen“, S. 12).

9. Oktober 2014

## Neues Kapitel der Neutronenforschung



Im schwedischen Lund wird der Grundstein für die Europäische Spallationsquelle ESS gelegt. Sie gehört zu einer neuen Generation von Neutronenquellen und kommt ohne Kernspaltung aus. Das Forschungszentrum Jülich ist an diesem europäischen Großprojekt beteiligt und koordiniert die deutschen Beiträge (s. a. „Jülicher Forschung für Neutronenquelle“, S. 55).

24. Oktober 2014

## Plattform für die Energiewende

Mit einer Investitionssumme von 22 Millionen Euro geht das Energy Lab 2.0 an den Start – eine intelligente Plattform, um das Zusammenspiel der Komponenten künftiger Energiesysteme zu erforschen. Das Karlsruher Institut für Technologie, das Forschungszentrum Jülich und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt sind an der neuen Forschungsinfrastruktur beteiligt.

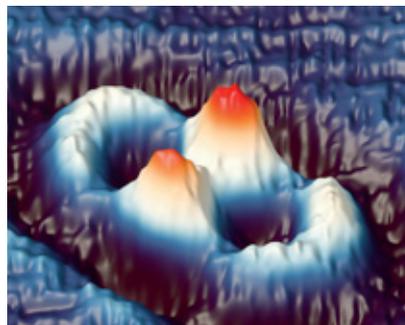
3. November 2014

## Lichtblick für Solarzellen

Jülicher Forschern ist es gelungen, einen direkten Blick auf die Lichtausbreitung in einer Dünnschicht-Solarzelle zu werfen, bei der periodische Nanostrukturen das Sonnenlicht besonders effizient einfangen. Die Wissenschaftler nutzten die optische Nahfeld-Mikroskopie und den quantenmechanischen Tunneleffekt des Lichts, um das eingefangene Licht von außen sichtbar zu machen. Die neue Methode könnte helfen, Solarzellen und optoelektronische Bauelemente zu verbessern.

11. November 2014

## Magnetische Paare mit Einfluss



Forscher aus Göttingen und Jülich haben Elektronenwellen sichtbar gemacht, die durch den sogenannten Kondo-Effekt um magnetische Störstellen herum in einem Kupferkristall entstehen. Sie entdecken, dass die Störstellen – Paare von magnetischen Eisenatomen – die Elektronen über weitere Strecken beeinflussen als bisher gedacht. Die Ergebnisse helfen, Eigenschaften von Materialien, die für eine künftige Informationstechnologie interessant sind, besser zu verstehen.

18. November 2014

## Aus Treibhausgas wird Kraftstoff

In Dresden wird eine Demonstrationsanlage des Unternehmens Sunfire eingeweiht, die aus Wasser und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) flüssige Kraftstoffe wie Diesel erzeugen kann und mit Ökostrom betrieben wird. Wichtigster Schritt dieses Power-to-Liquid-Verfahrens ist die Hochtemperatur-Wasserdampfelektrolyse. Das Forschungszentrum Jülich ist an deren Weiterentwicklung beteiligt, gefördert in einem Verbundprojekt des Bundesforschungsministeriums.

20. November 2014

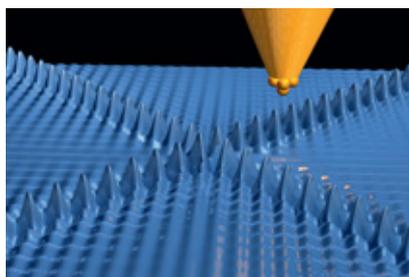
## Festvortrag zum Jahresende

Der Jülicher Leibniz-Preisträger Prof. Rainer Waser gibt rund 350 Gästen aus Politik, Wissenschaft und Industrie einen Einblick in seine Forschung: Zusammen mit seinem Team geht er elektronischen Phänomenen auf den Grund, die für neuartige Informationsspeicher, Logikbauelemente oder zur Energieumwandlung eingesetzt werden können. Die Forscher arbeiten dabei eng mit Unternehmen wie Intel und Samsung Electronics zusammen.

26. November 2014

## Riesiges Nanophänomen

Wenn die Dichte der Leitungselektronen in einem Metall rund um ein Fremdatom periodisch schwankt, so sprechen Fachleute von Friedel-Oszillationen. Jülicher Forscher finden heraus, wie man diese Oszillationen in einem dünnen Eisenfilm verstärken und in verschiedenen Richtungen bündeln kann. Sie hatten Elektronendichte-Schwankungen erzeugt, die mit 50 Nanometern viel weiter reichen als üblich. Das Phänomen lässt sich womöglich nutzen, um magnetische Informationen auszutauschen oder zu filtern.



26. November 2014

## Molekulare Haftkraft vermessen



In jedem Oberstufen-Chemiebuch werden die Van-der-Waals-Kräfte erläutert, die dafür verantwortlich sind, dass sich auch bindungsmäßig gesättigte Moleküle untereinander anziehen. Jülicher Forscher berichten, dass sie präzise vermessen haben, wie stark diese Kräfte größere Moleküle an eine Oberfläche binden. Sie nutzten dabei ein Rasterkraftmikroskop und ein neues Messverfahren.

27. November 2014

## Simulierte mikroskopische Verfahren

Verschiedene Varianten eines Jülicher Verfahrens, durch das Rastertunnelmikroskope detailreichere Bilder liefern, sorgen seit einigen Jahren für Aufsehen in der Fachwelt. Dabei werden einzelne kleine Moleküle an die Spitze des Mikroskops geheftet. Forscher aus Jülich und Prag stellen Computersimulationen vor, die einen umfassenden Einblick in die physikalischen Grundlagen der neuen Aufnahmeverfahren liefern (s. a. „Hingucker in neuen Dimensionen“, S. 12).

30. Januar 2015

## Simulierte Protein-Transporter

Einer Forschergruppe unter Jülicher Leitung gelingt ein Durchbruch im Verständnis von Glutamat-Transportern. Diese Proteine spielen eine bedeutende Rolle bei der Informationsübertragung im zentralen Nervensystem des Menschen. Mithilfe von Simulationen am Supercomputer haben die Forscher ein Strukturmodell entwickelt und in Experimenten bestätigt.

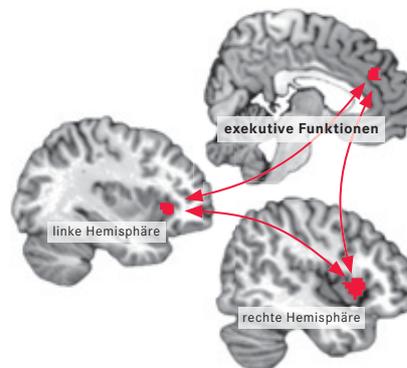
1. Februar 2015

## Besonderheit der Sprachareale

Es gibt einen molekularen Fingerabdruck, der die Sprachregionen im Gehirn charakterisiert. Das berichten Wissenschaftler aus Jülich und Leipzig. Die typischen Konzentrationen der Rezeptoren von Botenstoffen in den Sprachregionen unterscheiden sich deutlich von denen anderer Hirnareale (s. a. „Molekularer Code eint Sprachregionen im Gehirn“, S. 34).

11. Februar 2015

## Die Biologie der Psyche



Patienten mit unterschiedlichen psychischen Krankheiten wie Schizophrenie, Depression, Angststörungen und Abhängigkeitserkrankungen weisen eine überraschend ähnliche Verringerung der grauen Hirnsubstanz in drei bestimmten Hirnarealen auf. Das findet ein Team heraus, zu dem auch der Jülicher Hirnforscher Prof. Simon Eickhoff gehört. Die Wissenschaftler haben 193 Studien, bei denen bildgebende Verfahren eingesetzt worden waren, einer Meta-Analyse unterzogen, die deren Ergebnisse zu einem Gesamtergebnis zusammenfasst.

20. Februar 2015

## Nano-Magnetwirbel für die IT

Wissenschaftler aus Jülich, Dresden und Straßburg berichten, dass sie die Ausrichtung von Magnetwirbeln in Nano-Scheiben elektrisch ausgelesen haben. Sie haben dazu charakteristische Mikrowellen genutzt, die von zwei übereinanderliegenden Wirbeln ausgehen. Die Nano-Scheiben könnten somit als extrem kleine Bauteile für neuartige Speicher und drahtlose Datenübertragung eingesetzt werden.

27. Februar 2015

## Besser behandeln durch Pausen

Überaktive, synchron arbeitende Nervenzellverbände finden sich bei einigen neurologischen Störungen wie Parkinson oder Tinnitus. Jülicher Forscher stellen einen Ansatz vor, um die Behandlung mit desynchronisierenden Stimulationstechniken zu verbessern. Computersimulationen ergaben, dass sich das Fehlverhalten der Nervenzellen wohl auch mit eigentlich zu schwachen Stimulationen beseitigen lässt, wenn Pausen zwischen den Stimulationen eingelegt werden.

27. Februar 2015

## Ökobilanz von Großbatterien

Stationäre Großbatteriespeicher könnten künftig das Stromnetz schnell und präzise stabilisieren. Eine Studie von Wissenschaftlern des Forschungszentrums Jülich und des Unternehmens Younicos zeigt, dass sie im Vergleich mit Steinkohlekraftwerken auch ökologische Vorteile haben.

10. März 2015

## Passende Träger für Graphen



Wegen seiner ungewöhnlichen elektronischen und mechanischen Eigenschaften wird Graphen, eine spezielle Form des Kohlenstoffs, weltweit intensiv untersucht. Diese Eigenschaften gehen jedoch auf vielen Trägermaterialien verloren. Jülicher Physiker stellen gemeinsam mit Forschungspartnern ein einfaches Kriterium vor, mit dem Wissenschaftler gezielt nach geeigneten Unterlagen für Graphen suchen können.

11. März 2015

## Forschen für die Energiewende

Die Energiewende erfordert effektive und bezahlbare Energiespeicher, um die Kraft von Wind und Sonne ganzjährig bereithalten zu können. Staatssekretär Thomas Rachel überreicht im Forschungszentrum Förderbescheide des Bundesforschungsministeriums in Höhe von 6,5 Millionen Euro für fünf neue Projekte, in denen Jülicher Wissenschaftler geeignete Speicher-materialien erforschen.

27. März 2015

## Wie schädliche Eiweißfäden wachsen

Zu den Kennzeichen der Parkinson-Krankheit gehören winzige Fäden aus körpereigenem Eiweiß, die sich im Gehirn ablagern. Forscher aus Jülich und Düsseldorf zeigen, dass diese Alpha-Synuclein-Fibrillen nach einem Stop-and-go-Muster wachsen. Sie hatten erstmals direkt und zeitaufgelöst mit einem speziellen Mikroskopieverfahren beobachtet, wie die Fibrillen entstehen.

27. März 2015

## Supercomputer bestätigt Weltbild

Nur weil das Neutron ein ganz klein wenig schwerer ist als das Proton, haben Atomkerne genau die Eigenschaften, die unsere Welt ermöglichen. Ein europäisches Team, zu dem Jülicher Forscher gehören, hat diese winzige Massendifferenz auf dem Jülicher Supercomputer JUQUEEN berechnet. „Science“ präsentiert die Ergebnisse, die von vielen Physikern als Meilenstein und Bestätigung der Theorie der starken Wechselwirkung angesehen werden.





# Forschung

Seite 11–42

# Hingucker in neuen Dimensionen

Elektronen- und Rastersondenmikroskope gehören zu den wichtigsten Werkzeugen in den modernen Naturwissenschaften. Gleich mehreren Jülicher Forscherteams ist es 2014 gelungen, die Möglichkeiten dieser weitverbreiteten Methoden aufsehenerregend zu erweitern.

**S**tellen Sie sich vor, jemand wirft Ihren Schatten frontal an die Wand und behauptet, er könne Ihnen exakt sagen, wie groß Ihr Brustumfang ist. Etwa so wundersam kamen unsere Ergebnisse vielen Kollegen vor“, schmunzelt Physiker Andreas Thust. Er gehört zu einem Team, dem genau das im Nanomaßstab gelungen ist. Die Forscher haben eine Methode entwickelt, mit der sich aus einem einzigen „Schnappschuss“ eines Elektronenmikroskops rekonstruieren lässt, was auf den ersten Blick nicht sichtbar ist: die dreidimensionale Anordnung der Atome in der Probe.

Diese Probe, beispielsweise ein nanometerkleiner Kristall, wird dazu von Elektronen eines Transmissions-Elektronenmikroskops (TEM) durchstrahlt. Wenn der Elektronenstrahl auf die säulenförmig angeordneten Atome im Kristall trifft, wird anschließend auf einem Bildsensor oder Leuchtschirm der Aufbau des Kristalls als zweidimensionales Bild dargestellt, wobei die jeweiligen Atomsäulen als einzelne Punkte abgebildet sind. „Dabei handelt es sich aber nicht um eine simple zweidimensionale Projektion der dreidimensionalen Probe, denn die Elektronenmikroskopie folgt quantenmechanischen Regeln“, erklärt Thusts Kollege Chunlin Jia, der sowohl in Jülich als auch an der Jiaotong-Universität in der chinesischen Provinz Shaanxi forscht. „Auf dem Weg durch das Kristallgitter fungiert die Elektronenwelle des Mikroskops als hochempfindlicher Detektor für Atome und wird von jedem einzelnen Atom beeinflusst.“ Dieser Einfluss ist jedoch so gering, dass selbst innerhalb des erfolgreichen Teams zunächst umstritten war, ob winzige Unterschiede der Punkte untereinander in den elek-

tronenmikroskopischen Aufnahmen rein zufällig sind oder ob sich daraus Informationen über die dritte Dimension – Länge und Lage der Atomsäule – herauslesen lassen.

Thust vergleicht die Ausgangslage mit der Situation von Archäologen, die wissen, dass in einer bestimmten Region alte Schrifttafeln in einer kaum bekannten Sprache zu finden sind. Eines Tages kommt ein Teammitglied mit einer völlig verwitterten Steinplatte an und glaubt, darauf Schriftzeichen erkennen und eine Botschaft entziffern zu können. Die Kollegen sind skeptisch und halten es für möglich, dass es sich statt um vermeintliche Schriftzeichen auch um zufällige Verwitterungsspuren handeln könnte. Beim deutsch-chinesischen Team vom Jülicher Peter Grünberg Institut (PGI), dem Ernst Ruska-Centrum für Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen (ER-C) und der Xian-Jiaotong-Universität war es Jia, der seinen Kollegen eine elektronenmikroskopische





Dr. Andreas Thust vor einem der Höchstleistungs-elektronenmikroskope des Ernst Ruska-Centrums.

Aufnahme eines Nanokristalls vorlegte – gleichsam als verwitterte Steinplatte. Die Punkte in den Aufnahmen zeigten winzige Schwankungen in Intensität und Form. Lagen hier echte Informationen vor oder waren es nur Spuren des Zufalls?

### Eine Million simulierte Aufnahmen

Die Wissenschaftler gingen ähnlich vor wie Archäologen, die eine Million verschiedene Schriftplatten mit bekannten Inhalten herstellen und sie einem künstlichen Verwitterungsprozess aussetzen, bis sie nicht mehr von der echten alten Platte zu unterscheiden sind. Dann lassen sie die künstlichen Schriftplatten durch ein Computerprogramm automatisch entziffern und prüfen, wie gut es die beschädigten Schriftzeichen lesen kann. Wenn die Archäologen ermitteln, wie viel Prozent der Buchstaben und der Sätze sich korrekt identifizieren lassen, dann wissen sie, wie gut das Computerprogramm echte Informationen vom

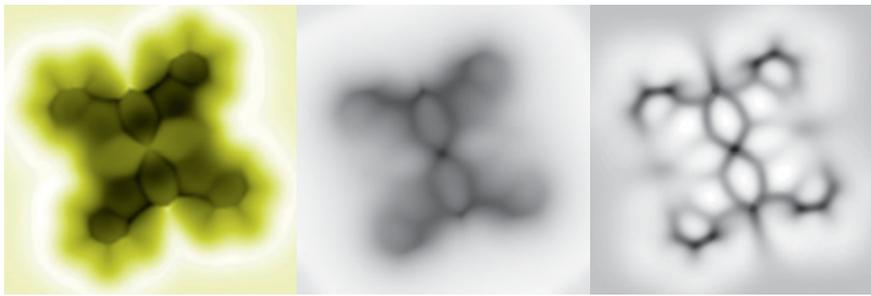
---

## Elektronenmikroskopie

---

Herkömmliche Lichtmikroskope können weder Atome abbilden noch Bauelemente im Nanometerbereich, wie etwa winzige Transistoren in heutigen Laptops. Der Grund: Die Wellenlänge des Lichts begrenzt das Auflösungsvermögen der Geräte. Dieses Auflösungsvermögen ist ein Maß dafür, wie weit Punkte voneinander entfernt sein dürfen, um noch getrennt voneinander abgebildet zu werden. Das in den 1930er Jahren erfundene Elektronenmikroskop (TEM) überwindet die Beschränkungen der Lichtmikroskopie. Denn es verwendet Elektronen statt Licht. Der Elektronenstrahl mit seiner extrem kurzen Wellenlänge wird dabei durch magnetische Felder gelenkt, die somit die Funktion der Glaslinsen im Lichtmikroskop übernehmen. Anders als die Rastersondenmikroskopie liefert die Elektronenmikroskopie auch Informationen über die innere Struktur von Materialien.

---



dynamische  
Rasterkraftmikroskopie

Rastertunnelmikroskopie

inelastische  
Rastertunnelspektroskopie

Drei simulierte Aufnahmen desselben organischen Moleküls. Die Bilder unterscheiden sich in der simulierten mikroskopischen Aufnahmetechnik.

## Rastersondenmikroskopie

Die Rastersondenmikroskopie umfasst eine Vielzahl von Verfahren. Die zwei wichtigsten sind die Rastertunnel- und die Rasterkraftmikroskopie (RTM, RKM). Beide wurden Anfang der 1980er Jahre entwickelt.

Rastertunnelmikroskope nutzen den quantenmechanischen „Tunnel-effekt“: Danach können Elektronen durch nicht leitende Barrieren – dazu zählt auch das Vakuum – „tunneln“, so dass ein Strom fließt. Bei einem Rastertunnelmikroskop fährt eine feine Nadelspitze mit extrem geringem Abstand über die Oberfläche einer Probe. Bewegt wird die Halterung der Spitze dabei mit einem Piezokristall, der sich ein wenig ausdehnt oder zusammenzieht, wenn man eine elektrische Spannung anlegt. Die Stromstärke steigt drastisch an, je näher die Spitze an der Oberfläche ist. Umgekehrt bedeutet das: Wenn man die Stromstärke auf einem bestimmten Wert hält, bleibt die Spitze immer im gleichen Abstand zur Oberfläche. Auf diese Weise gesteuert, hebt sich die Spitze bei jedem Buckel auf der Oberfläche. Das Rastertunnelmikroskop „ertastet“ sich somit Informationen über die Oberfläche. Bilder entstehen daraus, indem ein Oszillograf oder ein Computer diese elektronischen Informationen für unser Auge aufbereitet.

Mit Rastertunnelmikroskopen lassen sich nur Proben untersuchen, die metallisch leitend sind. Beim Rasterkraftmikroskop gilt diese Einschränkung nicht. Im einfachsten Fall ist die Tastspitze bei ihm an einer Tastfeder, dem sogenannten Cantilever, befestigt. Die Spitze erspürt die winzigen Kräfte, die von den Atomen der untersuchten Oberfläche ausgehen. Als Folge davon biegt sich der Cantilever nach unten oder nach oben. Die Auslenkung des Cantilevers wird gemessen, indem man einen Laserstrahl darauf richtet und die Richtungsänderung der Reflexion registriert. Daraus lässt sich ein Bild der Oberfläche gewinnen. Die Arbeitsgruppe von Stefan Tautz nutzt eine Variante der Rasterkraftmikroskopie. Hier ist die Tastspitze an einer Art Stimmgabel befestigt. Wenn die Tastspitze in die Nähe der Oberfläche kommt, ändert sich die Frequenz der Stimmgabel. Diese Frequenzverschiebung ist dann das Maß für die Kräfte, die an der Oberfläche auftreten.

Hintergrundrauschen des Zufalls unterscheidet – also auch, wie gut es zum Entziffern der echten alten Platte taugt.

„Wir stellten keine künstlich verwitterten Schriftplatten her, sondern simulierten am Computer eine Million Abbildungen von Kristallen“, überträgt Thust dieses Vorgehen auf sein eigenes Arbeitsgebiet. Hier wurde geprüft, wie gut ein Computerprogramm die – bekannte – dreidimensionale Struktur eines Kristalls korrekt berechnen und echte Informationen von zufälligen Abweichungen unterscheiden kann. Auf diese Weise wiesen die Forscher nach: Man kann die Information über die dritte Dimension eindeutig aus dem elektronenmikroskopischen Bild dechiffrieren und somit auch unbekannte 3-D-Strukturen mit hoher Wahrscheinlichkeit richtig erkennen.

### Sanft zur Probe

Zwar ließen sich auch bisher schon mit dem Elektronenmikroskop Proben räumlich erfassen, man benötigte dafür aber Dutzende oder gar Hunderte von Aufnahmen aus verschiedenen Perspektiven. Dass man nun nur noch eine einzige Aufnahme braucht, bringt nicht nur Zeitgewinn. Mit der neuen Methode wird es möglich, auch strahlungsempfindliche Proben zu untersuchen, die durch den energiereichen Elektronenstrahl der Mikroskope rasch zerstört werden. Die vergleichsweise kurze Aufnahmedauer könnte es künftig sogar ermöglichen, schnell ablaufende chemische Prozesse abzubilden. Außerdem erlaubt das sanfte Messverfahren, nicht nur schwere, sondern auch leichte chemische Elemente nachzuweisen – zum Beispiel Sauerstoff, der in vielen technisch wichtigen Materialien eine wesentliche Rolle spielt.

Denken abseits ausgetrampelter Pfade hat sich auch für eine andere Forschergruppe auf dem Gebiet der Elektronenmikroskopie ausgezahlt: Lothar Houben vom ER-C und PGI sowie zwei Wissenschaftler vom israelischen Weizmann Institute of Science haben ein bestimmtes von der Fachwelt „vergessenes“ Verfahren wieder ans Licht geholt, weiterentwickelt und damit die Untersuchung von Bakterien, Zellen und anderen biologischen Proben verbessert.

Solche Proben werden üblicherweise schockgefroren, um sie unversehrt dreidimensional abbilden zu können. Störend ist dabei ihr geringer Kontrast. Man kann sie einfärben, doch dadurch wird ihr natürlicher Aufbau häufig zerstört. Daher setzen Wissenschaftler meist auf die sogenannte Phasenkontrastmethode, die Unterschiede im Brechungsindex und der Dicke des Objekts zur Erzeugung eines Hell-Dunkel-Kontrasts nutzt. Der bessere Kontrast, der damit erreicht wird, hat seinen Preis: Das Auflösungsvermögen des Mikroskops und somit die Bildqualität nehmen ab.

### Mehr Kontrast durch Rastern

Prinzipiell gibt es eine Alternative, die zur Erforschung von Halbleitern und anderen Werkstoffen auch eingesetzt wird: die Raster-Transmissions-Elektronenmikroskopie (STEM, „scanning transmission electron microscopy“). Bei diesem Verfahren fährt ein sehr feiner Elektronenstrahl zeilenweise über die Probe. Auf diese Weise erscheinen im Bild keine störenden Streuelekttronen von anderen Gegenstandspunkten. Das verbessert den Kontrast.

Bis zu der Publikation des deutsch-israelischen Teams 2014 herrschte unter den Wissenschaftlern weltweit jedoch die Auffassung, dass außer der Phasenkontrastabbildung keine andere elektronenmikroskopische Methode – auch nicht die STEM – in befriedigendem Maße Kontrast bei biologischen Proben erzeugen würde. „Diese Auffassung hat sich schon sehr früh durchgesetzt. Man ging in der Folgezeit einfach davon aus, dass ungefärbte biologische Proben den Elektronenstrahl zu schwach streuen“, sagt Houben. Die STEM geriet für die Untersuchung biologischer Proben in Vergessenheit.

„Wir erkannten jedoch, dass es keine ausreichende theoretische Begründung und keinen ausreichenden praktischen Nachweis dafür gab, warum nur

## Uns war damals schon bewusst, dass wir da auf eine tolle Sache gestoßen waren.

Stefan Tautz | Professor am Peter Grünberg Institut

die Phasenkontrastabbildung infrage kommen sollte“, so Houben. Diese Erkenntnis ließ die Forscher nicht ruhen: Sie passten die STEM, wie sie in der Materialforschung eingesetzt wird, an die Messung biologischer Proben an – beispielsweise ordneten sie die Detektoren anders an. Und siehe da: Auf diese Weise lässt sich mit der „vergessenen“ Methode die räumliche Struktur vor allem von dickeren organischen Proben besser abbilden als mit dem Phasenkontrastverfahren.

Wie die Wissenschaftler des ER-C dachten auch die Jülicher Forscher um Stefan Tautz vom PGI kreativ und auf ungewöhnliche Weise – und entdecken dabei neue Möglichkeiten für die Rastertunnelmikroskopie (RTM). 2008 hatten sie Bilder von organischen Molekülen veröffentlicht, die in der Fachwelt für Aufsehen sorgten. Denn sie machten erstmals die Atomstrukturen im Inneren von Molekülen sichtbar. Bis dahin bildete die RTM beispielsweise ein Molekül aus sieben zusammenhängenden Ringen nur als einen runden Fleck ab. Die Jülicher Bilder ließen dagegen die innere wabenartige Struktur erkennen, die von den Ringen gebildet wird.

Der Trick der Jülicher Forscher, um das zu erreichen: Sie hatten ein winziges Wasserstoffmolekül als molekularen Sensor an die Spitze des Mikroskops gehängt, welches Strukturen nun mit einer deutlich besseren Auflösung abtasten konnte als eine nadelförmige metallische Spitze. „Meinem Mitarbeiter Ruslan Temirov und mir war damals schon bewusst, dass wir da auf eine tolle Sache gestoßen waren. Aber was inzwischen alles daraus geworden ist, hat uns schon sehr überrascht und erfreut“, sagt Tautz.

Tautz und seine Mitarbeiter versuchten, theoretische Physiker zu überzeugen, mit ihnen zusammen dem Phänomen der verbesserten Abbildung auf den Grund zu gehen. Außerdem hatten sie schon bald die Idee,



dass es sich um ein Phänomen handelt, das auch für weitere Varianten der Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskopie einsetzbar ist. „Denn das angehängte Molekül verschafft der Mikroskopspitze zusätzliche Möglichkeiten, die Eigenschaften der Probe sozusagen zu erfühlen“, so Tautz.

Inzwischen hat sich das bestätigt, und es gibt verschiedene rastersondenmikroskopische Verfahren, die sich des Tricks mit einem kleinen Molekül an der Spitze bedienen. Die Jülicher Forscher haben gemeinsam mit Theoretikern der Prager Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik ein Computermodell entwickelt, das detailliert die Funk-

tionsweise der verschiedenen neuen Mikroskopie-Varianten erklären kann, bei denen ein Molekül an der Spitze angehängt ist. „Die Entstehung der mikroskopischen Abbildungen lässt sich mit diesem Modell sehr gut nachvollziehen, denn die Simulationen stimmen mit den experimentell gewonnenen Darstellungen überein“, sagt Tautz. „Nur wenn man versteht, wie eine Methode funktioniert, kann man die Bilder richtig interpretieren.“

Der Jülicher Physiker freut sich vor allem darüber, dass es seinem Team kürzlich gelungen ist, noch eine weitere mikroskopische Variante zu entwickeln. Sie ermöglicht es, elektrische Felder in der Umgebung von Molekülen auf Oberflächen mit bisher nicht da gewesener Auflösung und Empfindlichkeit zu messen. Solche Kräfte sind häufig entscheidend dafür, wie sich die Moleküle auf einer Oberfläche verhalten. Als Sonde wird dabei nicht Wasserstoff oder ein anderes kleines Molekül an die Spitze des Mikroskops gehängt, sondern das flache und relativ große Halbleitermolekül PTCDa, bestehend aus sieben zusammenhängenden Ringen aus Kohlenstoff- und Sauerstoffatomen.

Doch die Forscher um Tautz sehen sich mit dem Rastertunnelmikroskop nicht nur Oberflächen und Moleküle an und verbessern dabei Auflösung und Abbil-



Dieser Schriftzug entstand Molekül für Molekül mithilfe der Spitze eines Rastertunnelmikroskops.



Matthew Green  
am Probeneinlass  
eines Rastertunnel-  
mikroskops

dungsqualität. Sie nutzen die Mikroskope auch, um größere Moleküle wie PTCDA aufzuheben und zu bewegen. Wer Doktorand Matthew Green dabei zusieht, könnte meinen, er wäre in der virtuellen Welt einer Spielekonsole versunken: Konzentriert steht Green im halbdunklen Raum – einzig sein Arm bewegt sich: hinunter, hinauf und dann zur Seite. An seiner Hand funkelt eine silbrig schimmernde Kugel. Sie reflektiert das Licht von zwei Infrarotkameras, die an Wand und Decke hängen.

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

Green greift mit der Spitze die halbleitenden Moleküle von der Oberfläche seiner Probe und hebt sie hoch. Das ist möglich, weil sich zwischen metallischer Spitze und den Sauerstoffatomen des Moleküls eine che-

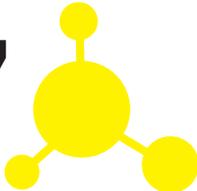
mische Bindung ausbildet. Wichtig ist dabei, wo genau die Spitze ansetzt: Packt man die Moleküle an der falschen Stelle, bleiben sie unbeeindruckt an der Oberfläche kleben. „Bei dieser Art Molekül muss man die Spitze an einer Ecke des Moleküls ansetzen und langsam im Bogen nach oben ziehen“, erklärt Green. An anderer Stelle legt Green die Moleküle wieder ab.

„Mit dieser Methode versuchen wir zu klären, wie viel Kontrolle man über vergleichsweise komplizierte Objekte wie organische Moleküle gewinnen kann. Anders als Atome können diese sich auf die verschiedensten Arten knicken, verbiegen oder auch Federkräfte aufbauen, wenn man an ihnen zieht“, erklärt Tautz den Zweck.

#### Molekulare Haftkraft gemessen

Mit dem Rasterkraftmikroskop konnte das Forscherteam um Tautz außerdem die sogenannten Van-der-Waals-Kräfte erstmals experimentell bestimmen, mit denen Moleküle an einer Oberfläche festgehalten werden. Diese Kräfte wurden schon vor rund 150 Jahren entdeckt, doch ihre Größe war zumindest bei Molekülen bislang nicht präzise zu bestimmen. Sie sind aber durchaus wesentlich für das Verhalten etwa von Biomolekülen, wie beispielsweise Proteinen.

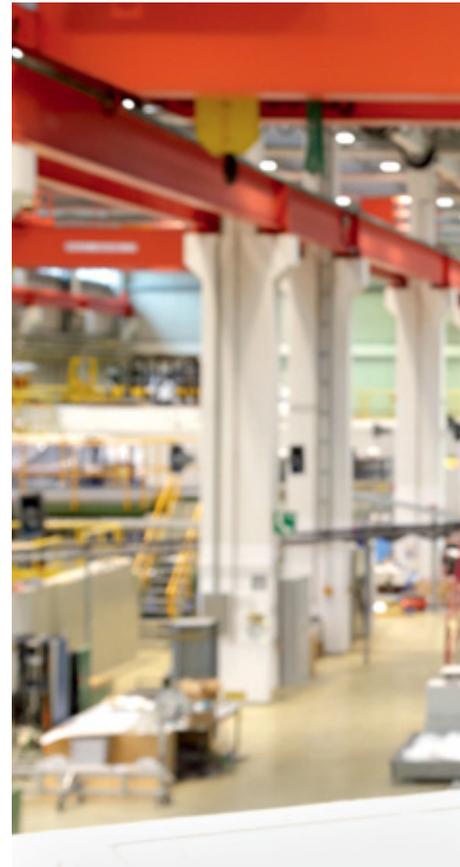
Die Fähigkeit, Moleküle kontrolliert von einer Oberfläche abzuheben und zu versetzen, benötigt man, wenn man sie zu molekularen Maschinen oder winzigen Geräten zusammenfügen will. „Das ist wie in unserer sichtbaren Welt: Objekte mit Händen zu greifen, sie zu positionieren und zusammenzubauen. Das ist die Grundlage jeglicher Ingenieurskunst“, sagt Tautz. Und ein bisschen Spielerei für einen nützlichen Zweck ist natürlich auch dabei, wenn Green aus einer einlagigen Schicht genau 47 Moleküle einzeln aufhebt, um den winzigen Schriftzug „JÜLICH“ auf eine Oberfläche zu schreiben. Und wie in der Archäologie sind dabei Fingerspitzengefühl und Geduld nötig.

47 

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

# Neues von den Bausteinen der Welt

2014 veröffentlichte ein Wissenschaftlerteam die Ergebnisse eines Experimentes am Jülicher Teilchenbeschleuniger COSY. Es belegt, dass Quarks auch im Sechserpack existieren. Damit liefert es ein weiteres Puzzlestück für das Bild, das sich Physiker vom Aufbau der Welt machen. Künftig wird COSY als Entwicklungs- und Testmaschine dienen für ein einzigartiges Projekt. Es soll das Rätsel lösen, warum es das Universum überhaupt gibt.



**E**s sei „ein grotesk bescheidener Name für eine der größten Leistungen der Menschheit“, merkte Physik-Nobelpreisträger Frank Wilczek einmal an. Gemeint ist das „Standardmodell“, eine Theorie, in der Physiker alle Grundbausteine der Materie und die dazwischen wirkenden Kräfte beschreiben. Eine wichtige Rolle darin spielen die Quarks: Elementarteilchen, die nach heutigem Wissen nicht weiter teilbar sind – und die ungebunden, also einzeln, noch nie beobachtet wurden. Jeweils drei solcher Quarks bilden zusammen jedoch Protonen und Neutronen, die Bausteine der Atomkerne. Und Atomkerne wiederum bilden zusammen mit ihrer Hülle aus Elektronen die chemischen Elemente, aus denen die Stoffe unserer Welt aufgebaut sind.

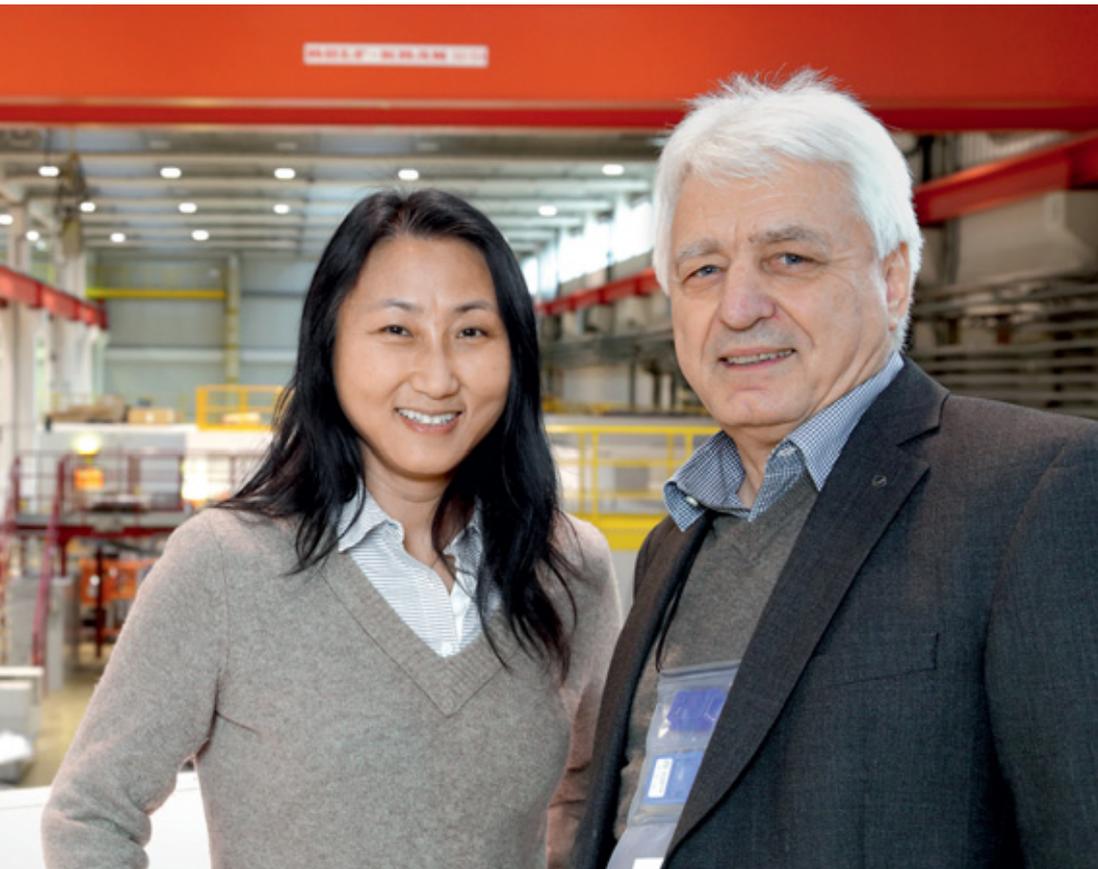
Physiker hatten bis vor kurzem Quarks stets nur zu dritt in einem Teilchen gefunden oder als Kombination eines Quarks mit einem sogenannten Antiquark. 2014 aber konnte ein Team von mehr als 120 Wissenschaftlern aus acht Ländern am Jülicher Teilchenbeschleuniger nachweisen, dass es einen Bindungszustand aus sechs Quarks gibt. Hinweise darauf hatten die Forscher erstmals 2011 bei einem anderen Experiment erhalten. Der Zustand existiert allerdings nur für einen unvorstellbar kurzen Moment, nämlich für eine hunderttrilliardstel (0.000 000 000 000 000 000 000 01) Sekunde. Diese

Zeitspanne ist so kurz, dass Licht darin gerade einmal eine Strecke zurücklegt, die dem Durchmesser eines kleinen Atomkerns entspricht.

Um zu verstehen, was an dieser Entdeckung bemerkenswert ist, muss man noch etwas mehr von der Weltvorstellung der Physiker wissen, dem Standardmodell. Danach besitzen Quarks eine elektrische Ladung. Daneben ordnet das Modell den Quarks eine sogenannte Farbladung zu, um die Kräfte – Fachsprache: Wechselwirkungen – zwischen den Quarks zu erklären. Es gibt drei Arten von Farbladungen, die als rot, grün oder blau bezeichnet werden.

## Bisher nur farbneutrale Teilchen

Physiker haben bislang nur Teilchen beobachtet, deren Farbladungen sich entsprechend der klassischen Farblehre zu Weiß addieren. Ein Beispiel dafür sind die Baryonen, zu denen auch Protonen und Neutronen zählen: Sie bestehen aus jeweils drei Quarks, deren Farbladungen rot, grün und blau sich zu einem farbneutralen Weiß kombinieren. Ein anderes Beispiel sind die Mesonen, die aus Quark-Antiquark-Paaren bestehen. Ein Antiquark hat die gleiche Masse wie sein korrespondierendes Quark, aber bei den Ladungen besitzt es das entgegengesetzte Vorzeichen.



Prof. Mei Bai und Prof. Hans Ströher, Direktoren am Jülicher Institut für Kernphysik, wollen eines der großen Rätsel der Physik lösen.

Mesonen sind ebenfalls farbneutral: Die Antiquarks kommen in Antirrot (Cyan), Antigrün (Magenta) und Antiblau (Gelb) vor. Kombiniert mit den entsprechenden Quarks ergibt sich Weiß (siehe Grafik rechts).

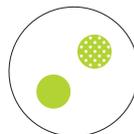
Das Standardmodell erlaubt aber auch noch weitere farbneutrale Teilchen, die mehr als drei Quarks oder mehr als ein Quark-Antiquark-Paar enthalten. Jahrzehntlang gab es trotz intensiver Suche allerdings keinen Hinweis, dass solche „exotischen“ Teilchen wirklich existieren. Doch aus den aktuellen Jülicher Ergebnissen folgt: „Zumindest eines der exotischen Teilchen, die vom Standardmodell vorhergesagt werden, gibt es tatsächlich“, sagt Dr. Volker Hejny vom Jülicher Institut für Kernphysik (IKP). Mit anderen Worten: Die Wissenschaftler haben eine weitere Bestätigung für das Bild gefunden, das sie sich von der Welt, der Materie und deren Entstehung machen.

Das Quark-Sechserpack wurde künstlich im Teilchenbeschleuniger erzeugt, in dem Protonen und andere Teilchen mit annähernder Lichtgeschwindigkeit aufeinanderprallen. „Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass der exotische Bindungszustand natürlicherweise zum Beispiel bei der Sternentstehung im Universum vorkommt und bei kosmischen Ereignissen eine Rolle spielt“, erläutert Hejny.

## Quark-Bindungszustände

Bekannte und neue Teilchen

### Alte Bekannte



#### Meson

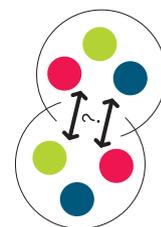
Lebensdauer:  
 $< 10^{-8}$  Sekunden



#### Baryon

Lebensdauer:  
von  $> 10^{30}$  Jahre  
bis  $< 10^{-10}$  Sekunden

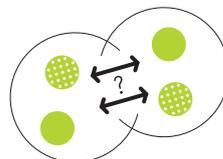
### Neuzugang aus Jülich



#### Dibaryon

Lebensdauer:  
 $< 10^{-23}$  Sekunden

### seit kurzem dabei



#### Tetraquark

Lebensdauer:  
 $< 10^{-23}$  Sekunden



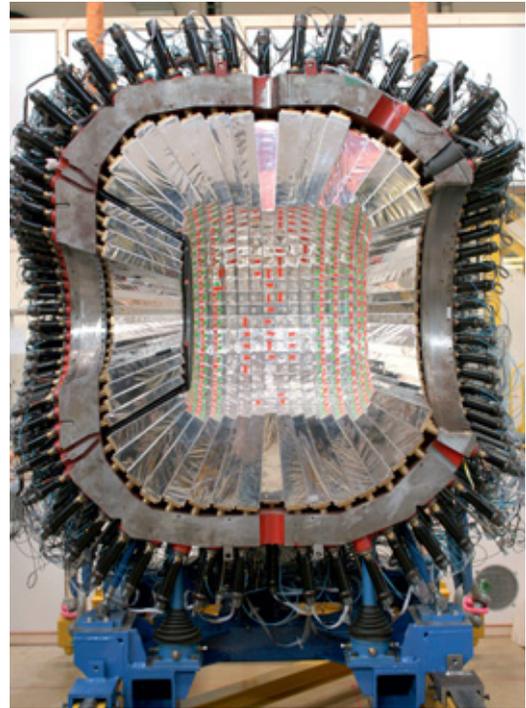
Art der Wechselwirkung unklar

Er gehört zu der sogenannten „WASA-at-COSY-Kollaboration“, wie sich das 120-köpfige Entdeckerteam nennt. Dieser Name hat seinen Ursprung darin, dass die Wissenschaftler den WASA-Detektor benutzt haben. Dies ist ein enorm komplexes Gerät, mit dem die Wissenschaftler die Zerfallsprodukte des Quark-Sechserpacks nachgewiesen haben, also das, was von ihm nach der hunderttrilliardstel Sekunde übrig bleibt. Das Sechserpack selbst ist wegen der ultrakurzen Zeit seiner Existenz nicht direkt zu beobachten.

Der WASA-Detektor war ursprünglich in Uppsala, Schweden, beheimatet, bevor er vor rund zehn Jahren nach Jülich umzog. Er besteht aus mehreren Sub-Detektorsystemen, mit denen sich jeweils unterschiedliche Zerfallsprodukte registrieren lassen. „Für jedes der Teile gab es eine spezialisierte Arbeitsgruppe, die es entwickelt und fortlaufend betreut hat“, sagt Hejny. So lässt sich auch die hohe Zahl der Wissenschaftler in dieser Kollaboration erklären. Rund ein Viertel der Forscher stammt dabei aus Jülich.

Wissenschaftler aus dem Forschungszentrum werden auch künftig nach weiteren exotischen Zuständen suchen, um das Standardmodell und damit das Verständnis vom Aufbau der Welt weiterzuentwickeln. Doch sie werden das nicht mehr am Jülicher Beschleuniger COSY tun, sondern am neuen internationalen Beschleunigerzentrum FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research) in Darmstadt. Das Forschungszentrum Jülich übernimmt innerhalb dieses Milliarden-Euro-Projektes den Bau des Hochenergie-Speicherrings HESR und beteiligt sich am PAN-DA-Detektor. Dabei bringt es sein Know-how ein, das Jülicher Wissenschaftler vor allem am COSY erworben haben.

Doch das bedeutet keineswegs das Aus für den Jülicher Beschleuniger. Stattdessen werden die Wissenschaftler ihn einerseits nutzen, um Detektoren und andere Geräte für FAIR zu testen und bestimmte Fra-



Blick in den WASA-Detektor, mit dessen Hilfe der Quark-Sechserpack nachgewiesen wurde.

gestellungen zu untersuchen, die für den Betrieb des neuen Beschleunigerzentrums wesentlich sind. Andererseits werden sie COSY einsetzen, um ein einzigartiges Experiment vorzubereiten. Dabei geht es um die Frage, warum das Universum überhaupt existiert. Denn beim „Big Bang“, dem Urknall, tobte nach den Vorstellungen der Physiker vor 13,8 Milliarden Jahren ein gewaltiger Vernichtungskampf: Materie gegen Antimaterie. Zu jedem Materieteilchen entsteht ein Zwillingsteilchen aus Antimaterie – gleiche Eigenschaften, aber verschiedene Ladung. Treffen die beiden aufeinander, zerstrahlen sie zu reiner Energie. Übrig bleiben sollte nichts. Stattdessen bildeten sich Planeten, Monde, Sonnensysteme.

**Zumindest eines der exotischen Teilchen,  
die vom Standardmodell vorhergesagt werden,  
gibt es tatsächlich.**

Dr. Volker Hejny | Jülicher Institut für Kernphysik

Aufgebaut ist unser Kosmos aus dem kümmerlichen Rest Materie, der die gegenseitige Vernichtung überstand. Aber wieso blieb diese Materie übrig? Gab es schon zu Beginn des Universums ein Ungleichgewicht, eine gestörte Symmetrie?

### Das Universum im Proton

Zur Beantwortung dieser Frage setzen die Jülicher Forscher auf ein knapp 2 billionstel Millimeter kleines Teilchen: das Proton, einen stabilen Baustein der Atomkerne. Denn grob vereinfacht sagen geltende physikalische Modelle: Was für das große Ganze gilt, muss sich auch im kleinsten Teilchen wiederfinden. Wenn also ein Überschuss an Materie Ursache für das Bestehen der Welt ist, muss diese Asymmetrie des Universums auch in den Eigenschaften des Protons und anderer kleinster Teilchen vorhanden sein. Ein Beweis für solch eine Asymmetrie im Proton wäre ein zwar winzig kleines, aber messbares Dipolmoment, also eine nichtsymmetrische Ladungsverteilung. Denn beim elektrischen Dipol sind elektrischer Minus- und Pluspol räumlich voneinander getrennt. Nach dem Standardmodell wäre solch ein Dipolmoment beim Proton oder Neutron eigentlich nicht erlaubt. Aber es gibt Vermutungen, dass es doch existiert. In diesem Fall müssten die physikalischen Theorien angepasst werden und würden dann vermutlich auch die Entstehung des Universums erklären.

„Die Existenz eines Dipols im Proton oder im Neutron konnte man bisher nicht nachweisen – womöglich aber nur deshalb, weil die bisherigen Messungen zu ungenau waren, um die winzigen und dicht beieinanderliegenden Pole gleichsam sichtbar zu machen“, so Prof. Hans Ströher, Direktor am IKP. „Denn wäre das Proton so groß wie die Erde, so läge das, was wir daran messen wollen, nur so weit auseinander wie ein menschliches Haar dick ist.“ Gemeinsam mit den anderen Wissenschaftlern der Sektion FAME der Jülich Aachen Research Alliance (JARA) hat er ein Konzept entwickelt, um die Genauigkeit der Dipolmessung an Elementarteilchen um mindestens das Tausendfache zu erhöhen. „Finden wir dann ein elektrisches Dipolmoment, so hätten wir damit auch eine Symmetrieverletzung nachgewiesen“, so Ströher. „Ist diese ausreichend groß, so würde sie den Materieüberschuss im Weltall erklären.“ Und damit auch unsere Existenz.

Grundlage dieses Plans ist die Tatsache, dass Protonen einen sogenannten Spin besitzen. Diesen Spin kann man sich vereinfacht vorstellen wie einen klei-

# 120

Wissenschaftler aus acht Ländern waren am Nachweis des neuen Teilchens beteiligt.

nen Stabmagneten. Dessen Ausrichtung würde sich in einem elektrischen Feld verändern, wenn die Protonen ein elektrisches Dipolmoment besitzen.

Um das zu messen, wollen die JARA-Forscher zunächst einen Protonenstrahl produzieren, bei dem sie die Spins aller Protonen in die gleiche Richtung zwingen. Oder fachsprachlich ausgedrückt: Sie wollen mithilfe von COSY einen polarisierten Protonenstrahl erzeugen. Die Protonen sollen dann in einen zweiten, weltweit einzigartigen Ring geschickt werden, in dem elektrostatische Felder die Protonen auf Kurs halten und – falls ein Dipolmoment existiert – deren Spin beeinflussen. „Ein solcher elektrostatischer Speicherring existiert bislang weltweit noch nicht“, sagt Prof. Mei Bai, seit Dezember letzten Jahres Direktorin am IKP. Die Chance auf die Realisierung dieses Ringes war es, die sie überzeugt hat, vom Brookhaven National Laboratory, New York, nach Jülich zu wechseln. Der Ring könnte frühestens in fünf Jahren in Jülich gebaut werden und soll nach den bisherigen Planungen Länge und Form einer 400-Meter-Bahn im Leichtathletikstadion aufweisen. Die Forscher wollen dann in mehr als 30.000 Wiederholungen eines 15-minütigen Experimentes messen, ob und gegebenenfalls wie weit sich die Ausrichtung des Spins der Protonen während des Umlaufs verändert hat, ob es also das elektrische Dipolmoment der Protonen gibt.

Bis es so weit ist, werden die JARA-Wissenschaftler gemeinsam mit Forschern aus zehn Ländern im Großprojekt JEDI notwendige Vorversuche mit COSY durchführen. Damit wollen sie einerseits das Messverfahren optimieren, andererseits erstmals eine obere Grenze für den Wert des elektrischen Dipolmoments bestimmen.

Die Forscher haben also mit COSY noch viel vor und stehen am Anfang eines neuen und langen Weges. Am Ende steht vielleicht die Lösung eines 13,8 Milliarden Jahre alten Rätsels.

# Messflüge in die Wolken

Für die Jülicher Atmosphärenforscher um Dr. Martina Krämer war 2014 ein besonderes und spannendes Jahr: Mehrwöchige Messkampagnen führten sie in die mehr oder weniger eisigen Wolken über der Arktis, Europa und den Tropen im Amazonasgebiet. Erste Auswertungen der gesammelten Daten bringen bereits neue Erkenntnisse über den Klimafaktor Wolken.

Jeder hat wohl schon einmal am eigenen Leib die Abkühlung gespürt, wenn sich beim Sonnenbaden eine Wolke vor die Sonne schiebt. Der Grund dafür ist, dass Wolken nicht die gesamte Sonnenstrahlung zur Erdoberfläche durchlassen. Andererseits erwärmen sie auch die unteren Luftschichten, denn Wolken halten Wärmestrahlen zurück, die vom Boden abgegeben werden. In der Bilanz dieser gegenläufigen Effekte überwiegt die Abkühlung, falls die Wolke aus flüssigen Wassertropfen besteht. In kalten Luftschichten kann sie aber auch aus Eispartikeln zusammengesetzt sein.

## Komplizierte Verhältnisse

Eispartikel reflektieren Strahlung nicht so wie Tropfen, so dass die Bilanz bei einer Eiswolke anders ausfallen kann. Wesentlich ist dabei, wie zahlreich und groß die Partikel in der Eiswolke sind und ob sie dicht gepackt oder weit voneinander entfernt sind. Noch komplizierter werden die Verhältnisse dadurch, dass es auch sogenannte Mischphasenwolken gibt. Sie enthalten sowohl flüssige Tropfen als auch Eispartikel.

Zahlreiche Faktoren wie Temperatur, Druck, Auftriebsgeschwindigkeit, Feuchtigkeit und Luftverschmutzung beeinflussen die Verhältnisse am Himmel – ein wichtiger Grund, warum die Wissenschaft die Prozesse noch nicht genau nachvollziehen kann,

die für die Bildung und die Eigenschaften von Wolken und vor allem von Eiswolken verantwortlich sind. Damit haben auch die Computermodelle zu kämpfen, die das Klima simulieren sollen. Dabei spielen Wolken eine wichtige Rolle im Klimageschehen. Der Weltklimarat IPCC geht davon aus, dass Wolken insgesamt die Erwärmung abschwächen, die infolge steigender Treibhausgas-Mengen in der Atmosphäre zu beobachten ist. Ohne Wolken wäre also ein noch stärkerer





Auch in Jülich den Wolken sehr nah: Dr. Martina Krämer, die 2014 mit ihrer Arbeitsgruppe an drei Messkampagnen teilnahm.

Um genauer als bisher zu simulieren, wie sich das globale Klima in Zukunft wandeln wird, benötigen Forscher weltweit exaktere Informationen: Welche Eigenschaften haben Eis- und Mischphasenwolken rund um den Globus, und wie sind diese klimawirksamen Eigenschaften mit den Bedingungen verknüpft, unter denen die Wolken entstehen?

2014 war ein Jahr, in dem Wissenschaftler besonders aktiv waren, um diese fehlenden Informationen in Form von Messdaten zu beschaffen. So auch die Jülicher Forscher um Martina Krämer, die an drei großen Messkampagnen teilnahmen: Die erste Mission Mid-Latitude-(ML-)Cirrus führte in die Eiswolken – Fachsprache: Zirren – über dem Nordatlantik und Europa, unter anderem über Portugal, Großbritannien, Deutschland und den Alpenraum. Denn ob Zirruswolken eher erwärmend oder kühlend wirken, ist gerade über diesen mittleren Breiten unklar. Ziel der zweiten Mission namens RACEPAC (Radiation-Aerosol-Cloud Experiment in the Arctic Circle) waren die Wolken über der Arktis, wo sich der globale Klimawandel mit überdurchschnittlich hohen Temperaturen und einem drastischen Rückgang der Meereisbedeckung noch deutlicher zeigt als anderswo auf der Welt.

#### Messflüge über dem Regenwald

Die dritte Kampagne schließlich widmete sich den hoch aufsteigenden Wolkentürmen über dem Amazonas-Regenwald. Ihr Kürzel ACRIDICON-CHUVA steht für „Aerosol, Cloud, Precipitation, and Radiation Interactions and Dynamics of Convective Cloud Systems“ und das brasilianische Wort für „Regen“. Die Regen- und Gewitterwolken in den Tropen sind besonders komplexe Gebilde, die viele Schwebeteilchen enthalten und sie rasch in die Höhe transportieren.

Bei der Messkampagne ML-Cirrus war die Flugplanung außergewöhnlich: Um die Zirruswolken über Europa gezielt mit dem Forschungsflugzeug HALO anfliegen zu können, nutzten die Forscher ein Computermodell, das solche Eiswolken vorhersagt. Entwickelt wurde es in Jülich und an der Universität Mainz. „Das hat erstaunlich gut geklappt. Eigentlich ist die großflächige Zirren-Vorhersage noch extrem schwierig“, sagt Krämer.

Aufregend verliefen die Flüge der RACEPAC-Kampagne in die Mischphasenwolken über dem Norden Kanadas, obwohl es hier nur höchstens 5 Kilometer hoch hinausging. „Vor allem, weil es in der Kabine des rund 70 Jahre alten Flugzeugs Polar 6 keinen

Temperaturanstieg zu erwarten. Der IPCC beziffert sogar die Größe dieses kühlenden Wolkenfaktors, stuft aber das Vertrauen in diese Angabe selbst als gering ein. Denn die Klimasimulationen, auf denen die Angabe beruht, kommen zu recht unterschiedlichen Ergebnissen. „Wolken sind der wesentliche Unsicherheitsfaktor in den Klimaprognosen des IPCC“, resümiert Martina Krämer vom Bereich Stratosphäre des Instituts für Energie- und Klimaforschung (IEK-7).

## Tropen oder Arktis

Wechselnde Wolkenhöhe



Druckausgleich gibt“, sagt die Jülicher Wolkenforscherin Dr. Anna Luebke, die bei den Flügen Messinstrumente an Bord betreute. Zum anderen knirschte und knackte es im Flugzeug, wenn es durch die Wolken flog, die in der Arktis selbst in geringer Höhe schon große Eispartikel enthalten.

Bei der dritten Kampagne flogen die Forscher mit HALO vom brasilianischen Manaus aus in 14 Messflügen von etwa sieben Stunden Dauer bis zu 15 Kilometer hoch in die Atmosphäre. Im unteren Teil der Wolkentürme über dem Regenwald trafen sie auf flüssige Tropfen. Diese verwandeln sich beim Aufsteigen innerhalb der Wolke in Eis. Der höchste Teil des Wolkenturms besteht daher aus Eiskristallen. Dazwischen liegen Mischphasen-Bereiche, die für Flugzeuge gefährlich sind: „Dort können innerhalb von Sekunden überall am Flugzeug sozusagen Weihnachtsmann-Bärte aus Eis wachsen, weil die Tropfen sofort gefrieren, wenn sie mit einer Oberfläche in Berührung kommen – das sind Flugbedingungen, die man normalerweise tunlichst meidet“, so Krämer.

### NIXE, FISH und HAI

Bei allen drei Kampagnen 2014 flog ein Messgerät mit, das die Jülicher Wissenschaftler NIXE-CAPS (New Ice eXperiment – Cloud and Aerosol Particle Spectrometer) getauft haben. Es dient dazu, Anzahl

und Größe der Wolkenteilchen zu messen und deren Zustand – flüssig oder gefroren – zu bestimmen.

Schon früher hatte das Jülicher Wolkenforscher-Team das Spektrometer als eines der weltweit ersten in einer Wolkenkammer sowie bei zwei Messkampagnen eingesetzt und konnte dem Hersteller anschließend Optimierungsvorschläge unterbreiten. Doch 2014 war das Jahr, in dem sich das Gerät erstmals unter den verschiedensten Bedingungen bewähren musste. „Unsere vorläufigen Auswertungen zeigen: NIXE hat uns tolle Datensätze über die Zusammensetzung der Wolken geliefert“, sagt Krämer.

Ein anderes Jülicher Instrument ist ein ausgewiesener Spezialist für die hohen Luftschichten, in denen Eiswolken auftreten. FISH (Fast In-situ Stratospheric Hygrometer) kann in dieser recht trockenen Atmosphäre den Gesamtwassergehalt und in den Zirruswolken den Eiswassergehalt messen. Für Luftschichten mit höherer Feuchtigkeit ist das Gerät nicht geeignet. Daher war es 2014 nur bei der ML-Cirrus-Kampagne dabei. Vor rund 20 Jahren von Jülicher Wissenschaftlern konstruiert, hat FISH bereits vielfach bewiesen, dass es besonders vertrauenswürdige Daten liefert. In einer aktuellen Veröffentlichung mit dem Titel „Two decades of water vapor measurements with the FISH fluorescence hygrometer: a review“ haben die Jülicher Forscher die Ergebnisse der zahlreichen

Messvergleiche mit ähnlichen Geräten zusammengestellt. Sie weisen nach, dass sich die Ergebnisse der anderen Instrumente denen von FISH deutlich angenähert haben, wobei FISH über zwei Dekaden hinweg immer auf gleiche Weise kalibriert und betrieben wurde.

„Auch bei ML-Cirrus hatten wir eine sehr gute Übereinstimmung mit den Geräten anderer Forschergruppen und mit unserem HAI“, freut sich Krämer. HAI ist ein neues Messinstrument, das zusammen mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt entwickelt und speziell auf das Forschungsflugzeug HALO angepasst wurde. Es bietet mehr Möglichkeiten als FISH und ist außerdem für die weit verbreiteten Mischphasenwolken geeignet. Denn es kann mit nur einem Messprinzip gleichzeitig bestimmen, wie viel Wasser Wolken enthalten und wie viel davon in gasförmigem, flüssigem oder festem Zustand vorliegt. „ML-Cirrus und ACRIDICON zählen zu den ersten Kampagnen, bei denen wir HAI eingesetzt haben – und wir können jetzt schon sagen: Das Instrument hat sich bewährt“, so Krämer.

Dass die Forscher solche Aussagen treffen und schon wenige Monate nach den Kampagnen erste aufsehenerregende Ergebnisse vorlegen können, ist eher ungewöhnlich in einem Metier, bei dem oft einige Jahre vergehen, bis Daten ausgewertet sind. „Hier macht es sich bezahlt, dass wir im Vorfeld außergewöhnlich viel Mühe darauf verwendet haben, Softwaretools zur Überprüfung der Datenqualität und zur Datenanalyse zu entwickeln“, erläutert Krämer.

### Brisante Ergebnisse

Ergebnisse liegen vor allem zu den Zirren vor, also zu den Wolken, die ausschließlich Eisteilchen enthalten. Die Fachwelt war sich bis vor kurzem sicher, dass sich Zirren nahezu ausschließlich bilden, indem einheitlich flüssige Tropfen zu Eipartikeln kristallisieren – ein Vorgang, der als homogenes Frieren bezeichnet wird. Demgegenüber bildet sich beim heterogenen Frieren das Eis um ein festes Teilchen herum, etwa um Mineralstaub oder Ruß. Die Messdaten aus der ML-Cirrus-Kampagne zeigen aber nun, dass die gängige Lehrmeinung zu überdenken ist. „Zirren entstehen überwiegend durch heterogenes Frieren“, sagt Krämer. Das ist brisant: Denn somit könnte sich vermehrter Partikel-Ausstoß durch Industrieanlagen oder durch veränderte Landnutzung auf die Zirrenbildung auswirken. Würden die Zirruswolken dagegen wie bislang gedacht homo-

gen gefrieren, hätten veränderte Partikelemissionen, bedingt durch menschliche Aktivitäten, keinen Einfluss.

Auch zu den Mischphasenwolken gibt es Neues. Bereits vor den Kampagnen in 2014 war unter anderem aufgrund von Jülicher Messungen klar, dass dieser Wolkentyp häufiger vorkommt, als Experten lange vermutet hatten. Bei den aktuellen Messkampagnen ging es nun unter anderem darum, die Unterschiede dieser Wolken über den verschiedenen Erdregionen zu vermessen. „Die Kampagne ACRIDICON hat gezeigt, dass die Mischphasenwolken über dem Regenwald mikrophysikalisch abweichen von denen in mittleren Breiten oder über der Arktis“, sagt Krämer. Sie meint damit, dass sich die Teilchen in den tropischen Mischphasenwolken anders verteilen als weiter nördlich und dass sie im Mittel eine andere Größe und Zusammensetzung haben.

Der Grund: Die Wolken in der Nähe des Äquators steigen wegen der starken Sonneneinstrahlung besonders schnell auf. Die flüssigen Tröpfchen bleiben daher in Höhen noch erhalten, in denen sie sich woanders längst in Eiskristalle umgewandelt hätten. „Über der Arktis oder in mittleren Breiten sind die Wolken bei Temperaturen unter minus 20 Grad Celsius immer komplett vereist. In den Tropen dagegen haben wir in Wolken bei minus 40 Grad Celsius neben Eiskristallen immer noch flüssige Tröpfchen gefunden“, so Krämer.

Die Ergebnisse der drei Kampagnen ML-Cirrus, RACEPAC und ACRIDICON liefern wichtige Puzzlestücke für künftige Klimamodelle. Sie helfen, weiter aufzuklären, wie sich Wolken regional und global – im Mittel – auf die Strahlungs- und Klimabilanz auswirken. Damit werden zuverlässigere Klimaprognosen möglich.



Das Forschungsflugzeug Polar 6 hatte seinen Einsatz bei der Messkampagne RACEPAC über dem Norden Kanadas.

# Neues zum OH-Waschgang

Im Himmel ist immer Waschtage. Als „Waschmittel“ sorgt besonders das sogenannte Hydroxyl (OH)-Radikal dafür, dass sich die Atmosphäre selbst von vielen Spurengasen reinigen kann, die Luftqualität oder Klima oder beides beeinträchtigen. Über diesen Waschvorgang haben Jülicher Wissenschaftler 2014 wichtige Neuigkeiten publiziert.

## Die neuen Erkenntnisse

- Weltweite Messungen, zusammengeführt von Jülicher Forschern, zeigen: Es gibt mehr Waschmittel (OH-Radikale) in der Atmosphäre als herkömmliche Computermodelle vorhersagen. Die atmosphärischen Selbstreinigungskräfte funktionieren selbst dann effizient, wenn die Luft stark mit Schadstoffen belastet ist. Veröffentlicht in „Nature Geoscience“, 13.6.2014.
- Die Salpetrige Säure, die vorwiegend über Ballungsgebieten aus Stickoxiden entsteht, ist – anders als vermutet – keine Quelle für OH-Radikale. Veröffentlicht in „Science“, 18.4.2014.

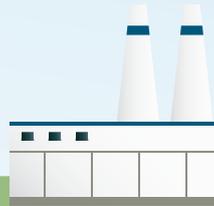


## Fragen, die sich daraus ergeben

- Woher kommt das zusätzliche Waschmittel?
- Welche unbekannteren Vorgänge gibt es im Waschprozess?
- Wie groß ist die Selbstreinigungskraft der Atmosphäre tatsächlich?
- Was passiert, wenn die Luftverschmutzung zunimmt?



Industrie und Verbrennung



biogene Quellen



Wald- und Savannenbrände



Rodung





## Das Waschmittel

- bildet sich vorwiegend aus Ozon, Wasserdampf und Sonnenlicht
- ist nur in winzigen Konzentrationen vorhanden: Im globalen Jahresmittel beträgt das Verhältnis OH zu Luft 1:25 Billionen
- reagiert mit fast allen Spurengasen in der Luft
- wird beim Abbau der Spurengase größtenteils recycelt



## Der Waschvorgang

OH-Radikale wandeln Spurengase um. Dabei entstehen auch Substanzen, die durch Niederschlag aus der Atmosphäre entfernt werden.

## Die Energiequelle

Die Sonne liefert die Energie für den gesamten Waschprozess

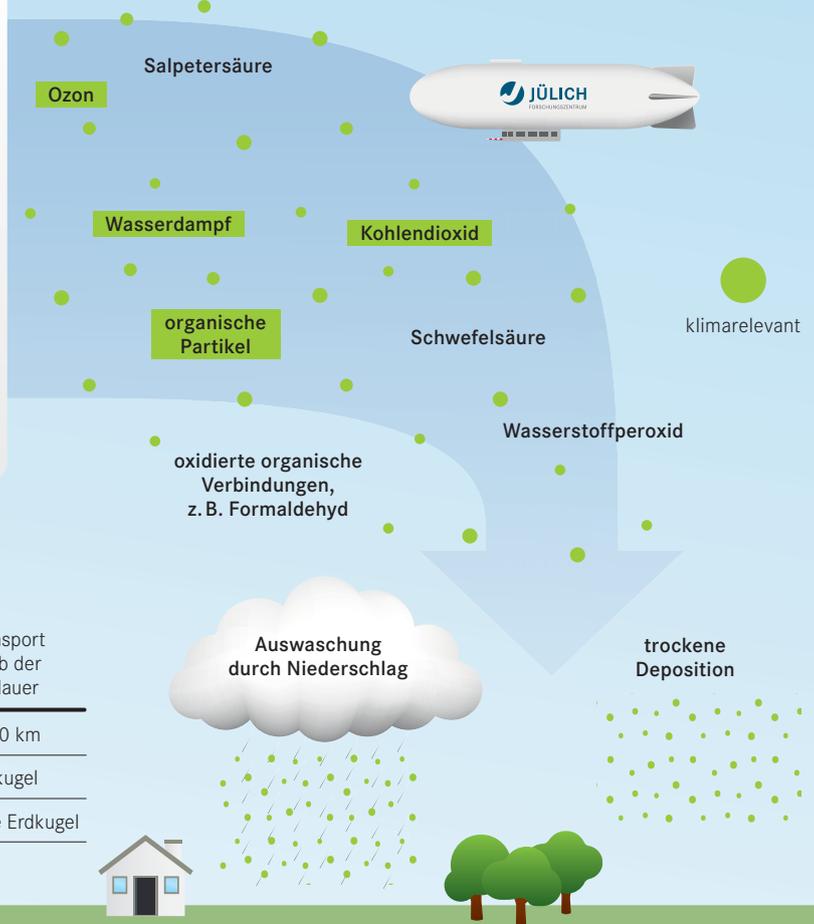
## Die Mess-Plattformen

des Instituts für Energie- und Klimaforschung:

**Zeppelin NT** kann in der entscheidenden Luftschicht (bis 1.000 m) messen und fliegen

**Saphir** 300 m<sup>3</sup> große Atmosphärens simulationskammer zur Überprüfung von chemischen Modellen

**Saphir Plus** Pflanzenkammer, gekoppelt an Saphir, berücksichtigt den Einfluss von pflanzlichen Emissionen



## ... und beispielhafte Waschprogramme

↑  
≈ 1.000 m  
↓

Spurengas	Prozentualer Abbau durch OH-Radikale	Atmosphärische Lebensdauer	Ferntransport innerhalb der Lebensdauer
NO <sub>2</sub>	50	1–2 Tage	ca. 1.000 km
CO	90	2–3 Monate	Erdhalbkugel
CH <sub>4</sub>	90	8 Jahre	gesamte Erdkugel

## Das Ziel

Die richtigen Maßnahmen treffen, um Luftqualität und Klima zu verbessern

OH ist direkt oder indirekt an Hunderten von chemischen Prozessen beteiligt, die gleichzeitig ablaufen und miteinander verzahnt sind. Nur wenn Forscher diese Zusammenhänge verstehen, können sie die Konsequenzen von Maßnahmen einschätzen. Denn nicht alles, was die Luftqualität verbessert, hilft auch dem Klima. Beispiel organische Partikel: Sie zu verringern, verbessert die Luftqualität – gleichzeitig nimmt die globale Erwärmung zu, da das Sonnenlicht weniger abgeschirmt wird.

# Neuer Laser für schnellere, effizientere Computer

Licht könnte Daten zwischen den Bauteilen eines Computers schneller und energieeffizienter übertragen als Strom. Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich stellten zusammen mit internationalen Partnern einen Halbleiterlaser vor, der sich direkt auf einen Siliziumchip aufbringen lässt. Damit ist eine wichtige Hürde auf dem Weg zu einem optoelektronischen Computer genommen.

**S**chon seit Jahrzehnten nutzt man Licht als ein ideales Medium, um Daten zu transportieren: Am Boden der Weltmeere liegen Glasfaserkabel, durch die Lichtsignale sausen. In dieser Form gelangen Telefonate, Dokumente und Videos von Kontinent zu Kontinent. Glasfasern – oder allgemeiner: Lichtwellenleiter – sind auch die Pulsadern der Datenkommunikation zwischen Städten oder in Rechenzentren. Pro Sekunde können durch eine einzige Glasfaser und mit einem einzigen Laser als Lichtquelle über 40 Terabit (40 Billionen Bit) Daten nahezu verlustfrei übertragen werden – das entspricht dem Inhalt von 8.500 DVDs.

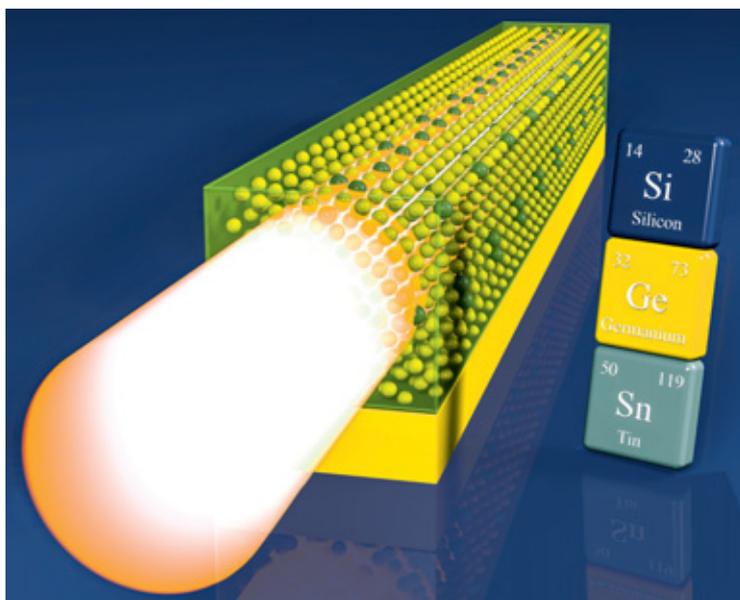
## Licht statt Elektronen

Da erstaunt es fast, dass im Computer Daten noch in Form von Elektronen durch Kupferverbindungen fließen. Tatsächlich gilt der Datentransfer zwischen Logik- und Speicherchips oder zwischen den verschiedenen Prozessorkernen eines Chips als Flaschenhals in der aktuellen Computertechnologie. Denn die Übertragungskapazität der Kupferverbindungen ist gering. „Außerdem produziert diese Art der Signalübertragung Wärme, die alle Bauelemente belastet. Das begrenzt die Möglichkeiten, größere und schnellere Rechner weiterzuentwickeln“, sagt Prof. Detlev Grützmacher, Direktor am Jülicher Peter Grünberg Institut. Da käme die Kommunikation mit Licht gerade recht. Sie könnte

auch helfen, den Energieverbrauch von Computern zu senken. „Bei der herkömmlichen Technologie verbraucht allein das Signal zur Synchronisation der Schaltkreise bis zu 30 Prozent der Energie – Energie, die sich durch die optische Übertragung einsparen lässt“, erläutert Grützmacher.

Die Schwierigkeit bislang: Trotz intensiver Forschung fehlte als Lichtquelle ein Laser, der sich problemlos in den Herstel-

lungsprozess von Silizium-Chips integrieren lässt. Halbleiterlaser, wie sie für die optische Übertragung in Glasfasern im Einsatz sind, eignen sich nicht. Sie haben andere Kristalleigenschaften als Silizium. Daher müssten sie separat produziert und nachträglich mit dem Silizium-Bauelement verklebt werden. Da sich diese vergleichsweise teuer hergestellten Laser bei Wärme anders ausdehnen als Silizium, käme es schnell zu Defekten.



Schematischer Aufbau des Germanium-Zinn-Lasers, der mittels einer Zwischenschicht aus reinem Germanium (gelb) direkt auf dem Silizium-Wafer (blau) aufgebracht wird.



Die erfolgreichen Jülicher Forscher im Reinraum vor einer Anlage, mit der sie Teile des neuen Lasers hergestellt haben.

Wissenschaftler des Jülicher Peter Grünberg Instituts haben 2014 gemeinsam mit internationalen Partnern das Problem weitgehend gelöst. Sie stellten Anfang 2015 im Fachmagazin „Nature Photonics“ einen Halbleiterlaser vor, der aus Germanium und Zinn besteht – Elementen, die wie Silizium der vierten Hauptgruppe im Periodensystem angehören und damit ähnliche Eigenschaften haben. Die neue Lichtquelle kann mit einem speziellen Verfahren direkt auf Silizium abgeschieden werden. Die Jülicher Wissenschaftler haben dieses Verfahren, das sie „Reaktive Gasquellen Epitaxie“ nennen, entwickelt und zum Patent angemeldet. Es lässt sich auf kommerziell erhältlichen Anlagen durchführen. Mit ihm gelang es, Zinnkonzentrationen von 12 bis 14 Prozent in das Kristallgitter von Germanium einzubauen, ohne dass dessen Anordnung zerstört wird. Unter normalen Umständen löst sich Zinn dagegen nur bis zu einem Anteil von einem Prozent.

„Der hohe Zinngehalt ist entscheidend für die optischen Eigenschaften des Ma-

terials“, erläutert der Jülicher Doktorand Stephan Wirths. Diese Eigenschaften wurden am Schweizer Paul Scherrer Institut (PSI) vermessen. „Wir konnten nachweisen, dass die Germanium-Zinn-Verbindung optische Signale verstärken kann und darüber hinaus in der Lage ist, Laserlicht zu erzeugen“, sagt Dr. Hans Sigg vom Labor für Mikro- und Nanotechnologie des PSI. Bislang allerdings muss das Material noch auf minus 180 Grad Celsius abgekühlt werden, um einen Laser zu erhalten. Für einen Betrieb bei Raumtemperatur muss der Zinn-Gehalt weiter erhöht werden. „Wir sind hier gemeinsam mit unseren internationalen Partnern auf gutem Weg, diese Hürde zu überwinden“, ist Detlev Grützmacher überzeugt.

#### Günstig auch als Sensor

Der Laser sendet Licht mit einer Wellenlänge von rund 3 Mikrometern aus, also im nahen bis mittleren Infrarot. Sehen kann man den Laserstrahl mit bloßem Auge nicht. Für die Datenübertragung ist das nicht wesentlich, in anderer Hinsicht

bietet dieser Wellenlängenbereich sogar neue Chancen. Denn in diesem Bereich absorbieren Klimagase oder Biomoleküle die Strahlung besonders stark. Daher könnten mithilfe des neuen Germanium-Zinn-Materials solche Substanzen nachgewiesen werden – und zwar besonders kostengünstig. Die Visionen reichen von implantierbaren Chips zur medizinischen Überwachung bis zu tragbaren Sensoren, die in ein Smartphone integriert sind und Stoffe in der Luft und im Boden analysieren können.

40 

Terabit pro Sekunde können durch eine einzige Glasfaser und mit einem einzigen Laser als Lichtquelle übertragen werden.

# Beste Kontakte im Körper

Cochlea-Implantate lassen allein in Deutschland rund 30.000 Gehörlose wieder hören; Netzhaut-Implantate für Erblindete werden weltweit erforscht. Wesentlich für die Funktion solcher Implantate ist, dass Gehirn und Elektronik Signale austauschen. Jülicher Wissenschaftler haben herausgefunden, wie man den Kontakt zwischen Zellen und Elektroden verbessert – und somit die Signalübertragung.

**N**ervenzellen leiten Steuerungssignale im Körper weiter und Erregungen, die durch Sinnesreize ausgelöst werden. Untereinander stehen sie dabei in engster Verbindung an den Synapsen – natürlichen Schnittstellen, an denen meist chemische Botenstoffe die Signale von einer Zelle zur anderen weiterleiten. An bioelektronischen Schnittstellen oder – anders ausgedrückt – künstlichen

Synapsen forschen Jülicher Wissenschaftler um Prof. Andreas Offenhäusser, Direktor des Bereichs Bioelektronik am Peter Grünberg Institut (PGI). „Auf der einen Seite der Schnittstelle befindet sich die Biologie, die Nervenzelle“, erläutert Offenhäusser. „Auf der anderen Seite befindet sich die winzige Elektrode. Sie besteht üblicherweise aus Silizium, Gold, Platin oder anderen Metallen, die für die Zelle

unproblematisch sind.“ Der Zwischenraum zwischen Zelle und Elektrode ist mit einer elektrisch leitenden Flüssigkeit gefüllt.

Wie gut an einer solchen bioelektronischen Schnittstelle Signale übertragen werden, hängt davon ab, wie nah Zelle und Elektrode sich kommen. „Schon ein zehntausendstel Millimeter Abstand führt dazu, dass man kein Signal mehr messen kann“, sagt Offenhäusser.

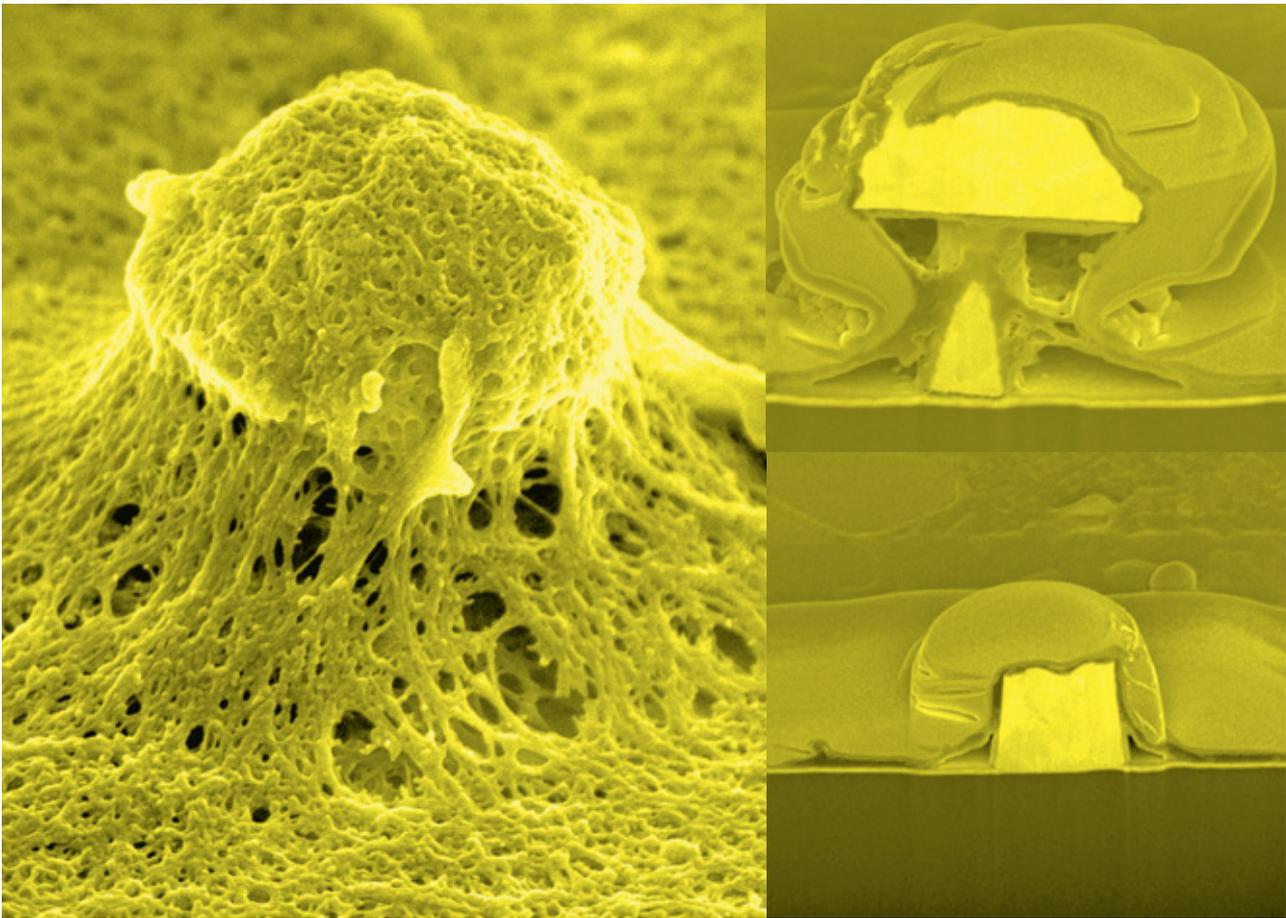


Prof. Andreas Offenhäusser, Bioelektronik-Experte am Jülicher Peter Grünberg Institut

## Nanoelektroden als Köder

Damit die Zelle möglichst dicht an die Elektrode kommt, tricksen die Forscher sie aus. Die meisten Zellen besitzen die Fähigkeit, Fremdkörper zu umhüllen, um sie sich anschließend einzuverleiben. Mithilfe dieses Prozesses nimmt die Zelle lebensnotwendige Nährstoffe sowie Botenstoffe auf – allerdings unter Umständen auch schädliche Viren und Bakterien. Dieses Verhalten, von Experten Phagozytose genannt, nutzen die Forscher. Sie entwerfen stattdessen flache Elektroden-Oberflächen, aus denen Elektroden in Nanometergröße (millionstel Millimeter) herausragen. Diese dreidimensionalen Elektroden wirken auf biologische Zellen wie ein Köder, der schließlich geschluckt wird.

Wie das Design des Köders, also der Nanoelektroden, gewählt werden muss, damit die Zellen besonders gut darauf ansprechen, fanden 2014 die Wissen-



Unter dem Rasterelektronenmikroskop wird sichtbar, wie die Zellmembran die Elektroden umhüllt.

schaftler um Offenhäuser zusammen mit Jülicher Kollegen des Bereiches „Theorie der weichen Materie und Biophysik“ vom Institute of Complex Systems heraus. Demnach ist ein einfacher zylindrischer Stiel als Elektrode nicht ideal. Weit besser ist eine pilzförmige Form: ein langer, dünner Stiel mit einer breiten, schirmförmigen Kappe.

#### **Geschickt kombiniert**

Zu diesem Ergebnis kamen die Forscher durch die geschickte Kombination zweier Methoden. Zum einen untersuchten sie die künstlichen Schnittstellen mithilfe der Elektronenmikroskopie. Dabei betrachteten sie Querschnitte der Zellen auf den Nanoelektroden und sahen, wie eng die Zellen an den Elektroden lagen. Zum anderen nutzten sie ein theoretisches Modell

der Zellmembran, um deren Deformation vorherzusagen. Ihre Erkenntnisse veröffentlichten die Forscher in der Fachzeitschrift „ACS Nano“.

„In früheren Versuchen haben wir mit anderen dreidimensionalen Strukturen experimentiert, dabei aber die falschen Dimensionen gewählt und die Zelle falsch eingeschätzt“, berichtet Offenhäuser. Die Zelle konnte die Nanoelektroden nicht umhüllen, wenn diese zu klein waren – und auch nicht, wenn die Elektroden zu eng nebeneinander auf einer Oberfläche angeordnet waren. Forscher weltweit hatten ebenfalls bereits verschiedene Formen von 3-D-Nanoelektroden hergestellt. Doch bislang fehlte eine systematische Untersuchung, die experimentelle Ergebnisse an solchen Elektroden mit Membraneigenschaften der Zelle verknüpft.

Möglichst perfekte bioelektronische Schnittstellen sind wichtig, um Retina-Implantate für Blinde oder Geräte für die sogenannte tiefe Hirnstimulation zu verbessern. Bei der tiefen Hirnstimulation werden Parkinson-Kranken Elektroden ins Gehirn eingepflanzt, um die Symptome der Krankheit – etwa starkes Zittern und Bewegungsstörungen – zu lindern. Auch für die Entwicklung künftiger Neuroprothesen könnten die Jülicher Erkenntnisse hilfreich sein. Von einer guten Verbindung zwischen einzelnen Zellen und Elektroden würden aber auch Sensorchips profitieren, mit denen sich zum Beispiel die Wirkung von Medikamenten preisgünstig, schnell und ohne Tierversuche überprüfen lässt.

# Langstreckenlauf zum Alzheimer-Medikament

Es ist ein weiter Weg: Bis aus einer Substanz, die in Tierversuchen gegen Alzheimer-Symptome wirkt, ein Medikament werden könnte, sind viele Hürden zu nehmen. Ein kleines Molekül, das in den Jülicher Labors entwickelt wurde, ist auf dieser Strecke ein gutes Stück vorangeschritten. Ein Interview mit seinem Erfinder, Prof. Dieter Willbold vom Institute of Complex Systems.

**In unserer alternden Bevölkerung werden Demenzerkrankungen häufiger; alle Welt wartet auf ein wirksames Medikament. Warum ist Ihre Substanz D3, die bei Mäusen so gut gegen Vergesslichkeit wirkt, nicht längst auf dem Markt?**

Tatsächlich konnten wir schon vor Jahren zeigen, dass Mäuse, die genetisch bedingt Demenzsymptome zeigen, vor Gedächtnisverlust geschützt werden, wenn man ihnen D3 verabreicht. D3 verringert die Menge gefährlicher Aggregate aus  $\beta$ -Amyloid-Molekülen. Dabei wirkt es vor allem gegen kleine lösliche Aggregate, sogenannte Oligomere, die eine Schlüsselrolle in der Entstehung und für das Voranschreiten der Krankheit spielen. Dennoch konnten wir keine Pharmafirma für unsere Substanz begeistern. Dabei ging es weniger um wissenschaftliche Bedenken als beispielweise um den Patentschutz. D3 wurde 2001 zum Patent eingereicht, also gilt die 15-jährige Schutzfrist nicht mehr allzu lange. Das schreckt Unternehmen verständlicherweise vor großen Investitionen ab.

**Welchen Ausweg haben Sie jetzt gefunden?**

Wir haben zum einen die Substanz weiterentwickelt – die neue Variante eliminiert  $\beta$ -Amyloid-Oligomere noch effizienter. Diesen verbesserten Wirkstoff haben wir neu zum Patent angemeldet, damit haben wir jetzt wieder neuen Pa-

tentschutz. Zum anderen haben wir uns entschlossen, die Weiterentwicklung zum möglichen Medikament selbst in die Hand zu nehmen. Vom Helmholtz-Validierungsfonds haben wir 2 Millionen Euro erhalten, um in einer klinischen Phase-I-Studie zu zeigen, dass unsere Substanz für Menschen verträglich und sicher ist. Letztlich denken wir daran, eine Firma auszugründen, die das Projekt weiterverfolgt. Wenn wir dabei Gewinne erwirtschaften, müssen wir übrigens die Mittel an den Validierungsfonds zurückzahlen. Das finde ich gut und richtig so, denn dann können daraus wieder andere Entwicklungen gefördert werden.

**Sie werden also vom Forscher zum Firmengründer?**

Auch wenn ich eine Firma gründen werde, bleibe ich ganz bestimmt Forscher. Die operative Geschäftsführung kann nicht nebenbei erledigt werden, das muss ein Geschäftsführer übernehmen.

**Wäre es nicht einfacher, erneut an die Industrie heranzutreten, und die Lizenz für den neuen D3-Wirkstoff zu verkaufen?**

Im Vergleich zu einer Ausgründung fände ich dies weniger attraktiv. Wir haben viel Arbeit in diese Entwicklung gesteckt, und die Ergebnisse sehen so gut aus, da will ich, dass unsere Substanz eine echte Chance bekommt. Das wäre bei einer Lizenzierung an ein großes Pharmaunter-

nehmen keineswegs gesichert. Innerhalb eines Konzerns gibt es oft konkurrierende Substanzen, und dann wird aus ökonomischen Gründen entschieden, nicht alle Ansätze weiterzuerfolgen. Dass unsere Substanz dadurch einfach in der Schublade verschwindet, möchte ich gerne vermeiden. Wir beauftragen jetzt Unternehmen mit der Produktion des Wirkstoffkandidaten und mit vorklinischen Toxikologie- und Sicherheitstests. Die sind vorgeschrieben, damit im kommenden Jahr eine klinische Studie der Phase I beginnen kann.

**Was muss zuvor noch untersucht werden?**

Vor allem mögliche Nebenwirkungen im Tier, auch wenn wir bislang in unseren Tests keine beobachten konnten. Unser Wirkstoff ist ein D-Peptid, ein kurzer Strang aus sogenannten D-enantiomeren Aminosäuren. Das sind Spiegelbilder der L-Aminosäuren, die natürlich in unseren Eiweißen vorkommen. Der Vorteil: Moleküle aus D-Aminosäuren sind sehr stabil und werden im Körper – wenn überhaupt – nur sehr langsam abgebaut. So können sie sehr lange ihre Wirkung entfalten. Außerdem werden sie vom Immunsystem meist nicht als fremd erkannt – sie fliegen quasi unter dem Radar des körpereigenen Alarmsystems. Ein theoretisch denkbarer Nachteil der Stabilität: Es könnte sein, dass der Wirkstoff im Körper auch schlecht abgebaut wird.



Prof. Dieter Willbold testet ein Molekül aus künstlichen Aminosäuren als möglichen Wirkstoff gegen die Alzheimer-Erkrankung.

#### **Er reichert sich also womöglich an?**

Bislang haben wir festgestellt, dass das Peptid einfach unverändert mit dem Urin wieder ausgeschieden wird. Aber wir müssen natürlich sichergehen, dass es sich nicht irgendwo im Körper unerwünscht anreichert. Doch es gibt wiederum noch einen weiteren Vorteil der Beständigkeit des D-Peptids: Es übersteht problemlos die Reise durch Magen und Darm, daher kann man es einfach als Tablette schlucken und muss es nicht spritzen.

**Sie wirken sehr zuversichtlich, dass Ihr D-Peptid wirklich die ganze Strecke bis zum Patienten schafft. Viele andere**

#### **Wirkstoffe, die anfangs erfolgversprechend schienen, sind nicht so weit gekommen. Woher der Optimismus?**

Wie viele andere Arbeitsgruppen auch haben wir die Wirksamkeit unserer Substanz an Tiermodellen getestet, also an Mäusen, die durch eine Mutation an Alzheimer-ähnlichen Symptomen leiden. Unser Plus: Wir haben D3 an mehreren unterschiedlichen Alzheimer-Mäusestämmen ausprobiert, und jedes Mal besserten sich die Symptome. Das macht uns zuversichtlich. Aber klar, ob es Menschen wirklich hilft, können erst die klinischen Studien zeigen, die nach einer erfolgreichen klinischen Phase I möglich werden.

#### **Manchmal schreitet die Alzheimer-Demenz schnell voran, manchmal langsam schleichend. Wäre Ihre Substanz, wenn sie denn wirkt, bei allen Erkrankungsformen einzusetzen?**

Auch das werden erst Studien am Patienten beantworten können. Vermutlich wird ein Medikament umso effizienter wirken, je früher im Krankheitsverlauf die Patienten es erhalten. Daher arbeiten wir parallel auch an Verfahren, eine Alzheimer-Erkrankung möglichst früh zu diagnostizieren. Dafür verknüpfen wir Antikörper gegen  $\beta$ -Amyloid-Moleküle mit fluoreszierenden Farbstoffen. Diese fluoreszierenden Antikörper binden an die löslichen Amyloid-Oligomere, die man dann mit ausgeklügelten mikroskopischen Bildgebungsverfahren in Körperflüssigkeiten aufspüren und messen kann. Wenn dieses Diagnoseverfahren sich in der Praxis bewährt, hätten wir ein Werkzeug für eine frühere und zuverlässigere Erkennung von Alzheimer. Damit könnte man gezielt die Patienten mit Frühstadien der Erkrankung für klinische Studien auswählen, bei denen die größten Erfolgschancen bestehen.

#### **Und wenn es dann doch nur einem Teil der Patienten hilft?**

Auch das wäre bereits ein riesiger Fortschritt. Denn derzeit gibt es leider noch überhaupt keine ursächliche Behandlungsoption. Optimistisch betrachtet, wird es am Ende wie bei den meisten anderen Krankheiten auch mehrere Therapien und Medikamente geben. Möglicherweise verstecken sich hinter der Bezeichnung Alzheimer verschiedene Erkrankungsformen. Deshalb ist es auch gut, dass derzeit so viele zum Teil sehr unterschiedliche Behandlungsstrategien und Wirkstoffkandidaten entwickelt werden.

# Molekularer Code eint Sprachregionen im Gehirn

Beim Sprechen und beim Sprachverständnis arbeiten im Gehirn verschiedene Gebiete zusammen. Der JARA-BRAIN Wissenschaftler Prof. Karl Zilles und ein Team aus Jülich, Aachen, Leipzig und Finnland konnten erstmals nachweisen, dass es einen einzigartigen molekularen Code gibt, an dem sich die sprachrelevanten Hirnregionen erkennen.

**W**örter und Sätze zu bilden und zu verstehen ist neuronale Teamarbeit. Laute müssen aufgenommen und Begriffen zugeordnet, Wörter im Satzzusammenhang erfasst werden und vieles mehr. Dabei arbeiten im Gehirn nicht nur nahe beisammenliegende, sondern auch weit entfernte Bereiche zusammen. So etwa das PSTG/STS-Areal in der sogenannten Wernicke-Region, das für das Sprachver-

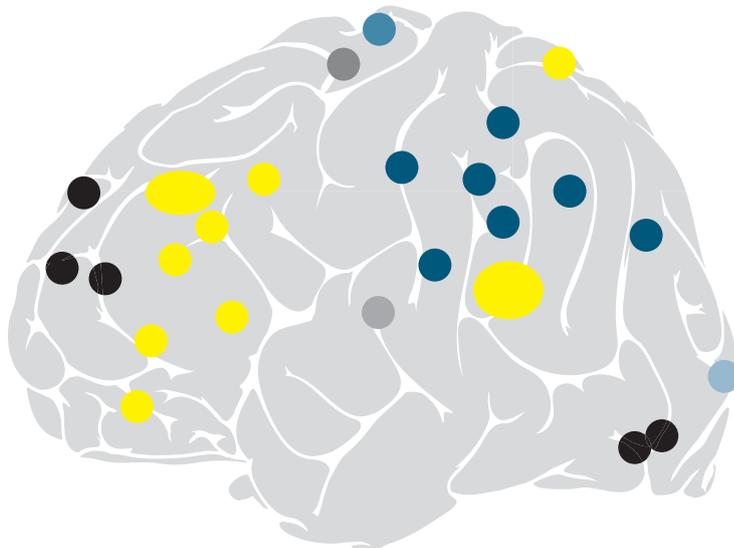
ständnis wichtig ist, und das Areal 45a im Broca-Areal, welches für eine flüssige Artikulation sorgt. Doch woher wissen die Areale, mit welchen Partnern sie zusammenarbeiten können? Der Neuroanatom Zilles und seine Kolleginnen und Kollegen erkannten die molekulare Partitur, die Einzeltöne zu einer Sprachsymphonie werden lässt: „Es gibt einen gemeinsamen molekularen Code der Sprachregionen“, berichtet Karl Zilles. „Dieser definiert sich

durch die Balance zwischen den Konzentrationen der verschiedenen Transmitterrezeptoren. Ihre typische Balance in den Sprachregionen unterscheidet sich deutlich von der anderer Regionen, die keine sprachrelevanten Aufgaben wahrnehmen.“

Rezeptoren sind Eiweißbausteine, die quasi als Andockstationen für Botenstoffe („Transmitter“) wie etwa GABA, Glutamat, Acetylcholin, Noradrenalin, Serotonin und Dopamin im Gehirn dienen. Diese Botenstoffe werden blitzschnell zwischen zwei Nervenzellen freigesetzt, wenn ein elektrisches Signal ankommt. Dazu müssen sie einen Graben – den sogenannten synaptischen Spalt – zwischen den Zellen überspringen. An der Zielzelle docken die Transmitter an einem bestimmten Rezeptor an. Für jeden dieser Botenstoffe gibt es nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip jeweils einen passenden Rezeptor.

## Untersuchte Hirnregionen

Die Hirnareale liegen weit auseinander und agieren trotzdem wie ein Team.



- sprachrelevante Hirnregionen
- Hören ● Tasten ● Sehen
- Objekterkennung, Arbeitsgedächtnis, Emotion, räumliche Orientierung
- Bewegungssteuerung
- Assoziation von Sehen und Tasten zur Aktionssteuerung



Prof. Karl Zilles und sein Team entschlüsselten die molekulare Grundlage von Sprachverarbeitungsprozessen.

### Biomarker als „Schleuserbande“

Die molekulare Grundlage der Sprach-Verarbeitungsprozesse war bis dato nicht bekannt. Karl Zilles und seinem Team gelang es, den Code zu dechiffrieren, indem sie in einem aufwendigen Prozess Hirnschnitte von Verstorbenen analysierten. Was einfach klingt, war Präzisionsarbeit über viele Wochen und Monate: Zunächst mussten die Gehirne in einem mehrstufigen Verfahren präpariert werden. Danach wurden sie an einem sogenannten Mikrotom in Tausende von 20 Mikrometer dünne Scheiben geschnitten. Dabei sind Fingerfertigkeit, Geduld, Stehvermögen und vor allem Konzentration gefragt. Denn 20 Mikrometer sind deutlich dünner als der Durchmesser eines Haares. Im Anschluss wurde jeder der einzelnen Gewebeschnitte zur weiteren wissenschaftlichen Analyse auf gläserne Objektträger montiert.

Um zu erkennen, wie die sprachbezogenen Signale im Gehirn kommunizieren, analysierten Karl Zilles und seine Kolleginnen und Kollegen, wie 15 verschiedene Rezeptoren in sprachbezogenen und sprachunabhängigen Hirngebieten verteilt waren. Dazu schleusten die Neurowissenschaftler radioaktiv markierte Moleküle in die Hirnschnitte ein, die genau an diese Rezeptoren und jeweils nur an einen Rezeptortyp binden. Durch Bestrahlung

von Filmen, die auf die Schnitte gelegt wurden, konnten die bis dahin unsichtbaren Rezeptoren – wie bei einer Geheimschrift – sichtbar gemacht und über Scanner in Computer eingelesen werden. Je mehr von jeweils einem Rezeptortyp an einer Stelle konzentriert war, desto stärker war der Film an der entsprechenden Stelle geschwärzt. „Mithilfe der quantitativen Rezeptorautoradiografie erhielten wir auf den Filmen eine sehr gute räumliche Vorstellung von der Verteilung und Konzentration der verschiedenen Rezeptortypen“, berichtet Karl Zilles. Die Stärke der Radioaktivität wurde in echte Rezeptorkonzentration umgerechnet und in verschiedenen Farbstufen abgebildet.

### Cluster der Sprachareale identifiziert

Um Ähnlichkeiten und Unterschiede in der Ausstattung mit Signalmolekülen in den funktionell und strukturell unterschiedlichen neuronalen Systemen des Menschen zu erkennen, müssen Areale, die eine gleiche Balance zwischen 15 verschiedenen Rezeptortypen („molekulare Fingerabdrücke“) aufweisen, als eine Gruppe – ein sogenanntes Cluster – erkannt und von funktionell anderen Arealgruppen unterschieden werden. Die mit Sprache assoziierte Arealgruppe sollte im Rahmen des Forschungsprojekts identifiziert und von

den Forscherinnen und Forschern durch das statistische Verfahren der hierarchischen Clusteranalyse klar von Clustern mit anderen Aufgaben abgegrenzt werden. Das Ergebnis: „Die molekularen Fingerabdrücke der sprachrelevanten Areale ähnelten sich, so dass sie ein Cluster bilden. Dieses unterschied sich deutlich von Clustern anderer Hirnregionen, die beispielsweise sensorische Signale aus den Augen, Ohren oder den Tastorganen weiterverarbeiten“, erläutert Zilles. Bei der Analyse zeigte sich außerdem, dass das Sprachcluster in der linken Hemisphäre mehr Regionen umfasst als in der rechten. Dies entspricht auf molekularer Basis der klinischen Erfahrung, dass die linke Hirnhälfte beim Sprechen und Sprachverständnis dominiert. Fazit: Alle, zum Teil weit voneinander entfernt liegenden, Areale der Hirnrinde, die der Sprache dienen, eint somit die gleiche Balance zwischen unterschiedlichen Transmitterrezeptoren. Jedes funktionelle System in der Hirnrinde scheint somit durch einen jeweils typischen, zahlreiche Areale vereinenden „molekularen Akkord“ charakterisiert zu sein.

# Forschen für die Energiewende

Bis 2050 sollen erneuerbare Energien rund 80 Prozent des Strombedarfs abdecken. Um die Energiewende voranzutreiben, werden unterschiedliche Speichertechnologien benötigt – von der Kurzzeitspeicherung im Bereich Sekunden bis Stunden bis zur Langzeitspeicherung für Tage, Wochen oder Monate.

**S**eit Tagen fegt der Wind über das norddeutsche Flachland, doch die Rotoren der Windkraftanlagen stehen still. Sie mussten abgeschaltet werden, weil sie sonst mehr Strom produzieren als gerade gebraucht wird. Ob Sturm, Flaute oder eine zu geringe Sonneneinstrahlung – die Stromgewinnung aus erneuerbaren Energien unterliegt naturgemäß starken Schwankungen.

## Speichertechnologien gefragt

Und je größer der Anteil von Wind- und Sonnenstrom in Deutschland wird, desto bedeutender wird dieser Effekt für die Stromversorgung. Nach den Plänen der Bundesregierung sollen bis 2030 rund die Hälfte und bis 2050 etwa 80 Prozent des Strombedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Dieses Ziel lässt sich aber ohne große stationäre Speicher nicht erreichen. Sie müssen überschüs-

sige Energie aufnehmen und später bei Bedarf wieder ins Netz einspeisen. „Speichertechnologien spielen heute schon im Energiesystem eine wichtige Rolle, die sich jedoch durch den Ausbau der fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen noch erheblich ändern wird“, ist Prof. Rüdiger Eichel, Leiter des Instituts für Energie- und Klimaforschung, Bereich Grundlagen der Elektrochemie (IEK-9), überzeugt. Benötigt werden Technologien, die – je nach Anwendung – von leistungsstarken Speichern für den Kurzzeitbetrieb zur Netzstabilisierung bis hin zur großskaligen saisonalen Speicherung reichen.

Geht es um die Energiespeicherung für mehrere Tage, sind derzeit Pumpspeicher- und Druckluftkraftwerke Stand der Technik: Sie gehören zur mechanischen Energiespeicherung. Die Jülicher Wissenschaftler verfolgen einen anderen Ansatz: Sie setzen auf die Speicherung von

chemischer Energie in Form von Wasserstoff: „Für die saisonale Speicherung bietet sich die Elektrolyse von Wasserstoff und die anschließende Rückverstromung mit Brennstoffzellen an. Damit lässt sich Energie im großen Maßstab über mehrere Monate bereithalten“, erklärt Eichel. Sind die energiegeladenen Wasserstoffmoleküle erst einmal erzeugt, können sie ohne weitere Energieverluste gelagert werden – beispielsweise im Erdgasnetz oder in Salzkavernen. Ein weiterer entscheidender Vorteil ist ihre hohe Energiedichte. So speichert ein Gasspeicher weitaus mehr Energie als ein Druckluftspeicherkraftwerk mit demselben Speichervolumen.

## Wasserstoff – der Energiespeicher

Als chemischer Energiespeicher kommt Wasserstoff deshalb infrage, weil er am einfachsten aus elektrischer Energie zu erzeugen ist: Produziert der Wind mehr Energie als genutzt wird, lässt sich mit dem überschüssigen Strom Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufspalten. „Das Problem bei chemischen Energiespeichern ist jedoch, dass bei der Herstellung noch erhebliche Energieverluste auftreten“, erklärt Eichel. Damit ist der Prozess wirtschaftlich nicht konkurrenzfähig.

Verantwortlich für die schlechte Effizienz ist der Elektrolyseschritt, jener Vorgang, bei dem mittels Strom eine chemische



Setzt auf chemische Energiespeicher: Rüdiger Eichel, Leiter des Instituts für Energie- und Klimaforschung, Bereich Grundlagen der Elektrochemie (IEK-9)



Windparks: Heute Wind, morgen Flaute, übermorgen Orkan – die Stromgewinnung aus Windkraft unterliegt starken Schwankungen.

Verbindung aufgebrochen wird. Für die Wasserelektrolyse stehen unterschiedliche Verfahren zur Verfügung, die entweder schon genutzt werden oder sich noch in der Entwicklung befinden und nur im kleinen Leistungsbereich kommerziell eingesetzt werden. „Die Hochtemperatur-Elektrolyse samt Festoxid-Brennstoffzelle für die Rückverstromung befindet sich noch in der Grundlagenforschung, bietet aber die höchste Effizienz aller Elektrolisetechniken“, sagt Eichel.

Diese Hochtemperatur-Brennstoffzelle (SOFC) steht im Mittelpunkt des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Jülicher Projektes: „SOFC-Degradation – Ursachen und Gegenmaßnahmen“. In dem Projekt soll die Lebensdauer der Brennstoffzelle auf bis zu zehn Jahre gesteigert werden. „Wir wollen zunächst die Alterungsphänomene einer solchen Festoxid-Brennstoffzelle verstehen“, erklärt Eichel. Untersucht werden zum Beispiel die Einflüsse von Temperatur oder Druck. Danach wollen die Projektpartner Gegenmaßnahmen entwickeln. Neben dem koordinierenden IEK-9 wirken die Institutsbereiche Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren und Werkstoffstruktur und -eigenschaften mit. Beteiligt sind zudem das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, das KIT, die Universität Oldenburg sowie die TU Clausthal: „Das

dreijährige Projekt bündelt das gesamte deutsche Know-how führender deutscher SOFC-Forschungsgruppen samt Industriepartnern“, sagt Eichel.

#### XXL-Akkus schonen die Umwelt

Geht es um leistungsstarke Speicher für den Kurzzeitbetrieb zur Netzstabilisierung, gewinnt der Einsatz von Großbatteriespeichern – sozusagen XXL-Akkus – zunehmend an Bedeutung. Zurzeit übernehmen überwiegend thermische Kraftwerke wie Steinkohlekraftwerke die Aufgaben: So kann es passieren, dass Windräder bei Sturm aberegelt werden und ältere Kraftwerke mit hohen Kohlendioxid-Emissionen weiter am Netz sind. Großbatteriespeicher auf Basis regenerativer Energien könnten künftig das Stromnetz schnell und präzise stabilisieren, indem sie ein Ungleichgewicht zwischen Stromerzeugung und -verbrauch innerhalb weniger Sekunden ausgleichen. Dass Großbatterien im Vergleich mit Steinkohlekraftwerken ökologische Vorteile bei der Netzstabilisierung haben, zeigt eine Studie von Jülicher Wissenschaftlern vom Institut für Energie- und Klimaforschung – Systemforschung und Technologische Entwicklung und dem Berliner Batteriespeicherexperten Younicos. So tragen Kohlekraftwerke je nach Randbedingungen bis zu 90-mal mehr zum Treibhauseffekt bei als Batterieparks. Zudem haben sie eine um den Faktor 50 höhere toxische Wirkung auf das Ökosystem,

und ihre krebserregende Wirkung fällt bis zu 90-mal höher aus. Die Daten für die Studie lieferte ein Großbatteriespeicher aus Schwerin: Dort errichtete Younicos mit einer 5-Megawatt-Lithium-Ionen-Anlage Europas ersten kommerziellen Großbatteriespeicher. „Die neue Studie bezieht erstmals ökologische Aspekte mit ein und ermöglicht damit eine vielschichtige Bewertung von stationären Großbatteriespeichern und modernen Steinkohlekraftwerken“, lautet das Fazit von Prof. Jürgen-Friedrich Hake, Leiter des Instituts. „Derartige Systemanalysen sind von enormer Bedeutung. Wissenschaftliche und technologische Entwicklungen werden viel stärker als bisher rückgekoppelt mit gesellschaftlichen, ökonomischen, politischen und rechtlichen Aspekten – nach dem Motto: nicht an der Gesellschaft vorbei!“, erklärt Eichel. Denn so viel steht fest: Die Energiewende ist nur durchzuführen, wenn Politiker, Wissenschaftler und Bürger Hand in Hand arbeiten.



-mal mehr als Batterieparks tragen Kohlekraftwerke zum Treibhauseffekt bei.

# Energie für unterwegs

Die Entwicklung des Lithium-Ionen-Akkus ist eine Erfolgsgeschichte. Doch für die Zukunft sind wiederaufladbare Energiespeicher für mobile Anwendungen gefragt, die nicht nur leistungsfähiger und haltbarer sind, sondern auch ressourcenschonender.

**E**r ist zurzeit unschlagbar: Der Lithium-Ionen-Akku ist Standard in allen mobilen Geräten. 2014 wurden über fünf Milliarden dieser Batterien verkauft – für Smartphones, Notebooks, Kameras oder Elektroautos. Geht es um die Weiterentwicklung, gehen Wissenschaftler davon aus, dass der klassische Lithium-Ionen-Akku in einigen Jahren an die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit stoßen wird. Die Forscher erwarten beispielsweise, dass die Reichweite eines Elektroautos mit Lithium-Ionen-Batterien niemals an die Reichweite eines Benzintanks herankommt. Und auch Smartphones werden immer energiehungriger und verlangen nach neuen Lösungen. Jülicher Wissenschaftler verfolgen in der Batterieforschung zwei Wege: Einerseits versuchen sie, die Lithium-Ionen-Technologie zu op-

timieren. Andererseits suchen sie nach neuen Ansätzen jenseits des begehrten Alkalimetalls.

## Sichere Festkörper-Batterien

Einen vielversprechenden Ansatz für eine neue, besonders sichere Generation von Lithium-Ionen-Akkus stellten Wissenschaftler vom Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-1) 2014 vor. In den handelsüblichen Versionen sind die Elektrolyte flüssig, teilweise sogar giftig, und sie können in Brand geraten. Der Elektrolyt ist das Medium in der Batterie, das den internen Ionen-Transport zwischen den beiden Elektroden übernimmt. Die Jülicher Forscher haben den flüssigen Elektrolyten durch einen keramischen Feststoff ersetzt. Der Ersatz durch einen

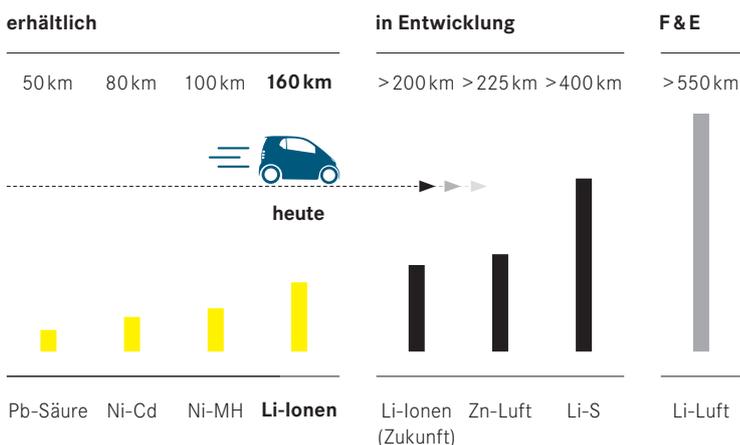
solchen Feststoff entschärft Probleme wie Auslaufen, Abbrand und Giftigkeit und ermöglicht zudem eine hohe Energiedichte. Sie ist die wichtigste Größe, um unterschiedliche Batteriesysteme zu vergleichen, und beschreibt, welche Energiemenge pro Masse oder Volumen in der Batterie gespeichert werden kann. Je größer die Energiedichte, umso kleiner und leichter wird der Akku bei gleicher Kapazität. „Im Labormaßstab funktioniert die Feststoff-Batterie bereits sehr gut“, sagt Dr. Sven Uhlenbruck.

## Gezielt Defekte einbringen

In dem 2014 gestarteten und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt DESIREE geht es ebenfalls um eine Verbesserung der Lithium-Ionen-Technologie: Projektleiterin Dr. Désirée van Holt und ihr Team vom IEK-9 konzentrieren sich auf die Entwicklung von Kathodenmaterialien für Lithium-Ionen-Hochleistungsbatterien, die die bisherigen Lithium-Ionen-Akkus in Laptops, Handys und Elektroautos ablösen sollen: „Überall dort, wo viel Leistung auf wenig Raum oder mit wenig Gewicht benötigt wird, sind solche Systeme gefragt“, sagt van Holt. Kathoden und Anoden sind wichtige Ansatzpunkte, um die Energie- und Leistungsdichte zu optimieren, weil in ihnen die Lithium-Ionen ein- und wieder ausgebaut werden. Vereinfacht ausgedrückt: Je mehr Elektrodenmaterial vorhanden ist, umso mehr Energie lässt sich speichern.

## Reichweite von Elektroautos

Welche Batterien sind auf dem Markt, welche in der Forschung – ein Überblick



Im Fokus von DESIREE stehen Hochvoltspinnelle: Das sind kristalline Materialien,



Die Zukunft des Autos ist elektrisch – welche Batterie langfristig das Rennen gewinnt, ist noch ungewiss.

sogenannte dotierte Lithium-Mangan-Oxide. Diese Spinelle besitzen von Natur aus auch Defekte – „Löcher“, die den Ionen die Möglichkeit geben, durch die gitterartige Struktur zu wandern. Indem die Wissenschaftler gezielt Atome aus dem Gitter entfernen und damit weitere Löcher schaffen, lässt sich die Leitfähigkeit der Lithium-Ionen erhöhen. Sind es jedoch zu viele, wird die Gitterstruktur zerstört. Hochvoltspinelle sind bekannt dafür, dass sie sehr hohe Leistungen erzielen – bis zu einer Spannung von 5 Volt. Diese hohe Spannung gewährleistet, dass die Lithium-Ionen schnell von der Anode zur Kathode wandern. „Je schneller dieser Transport funktioniert, umso zügiger lässt sich die Batterie laden und Strom entnehmen. Wir wollen die Leitfähigkeit der Lithium-Mangan-Oxid-Kathode weiter erhöhen, um eine noch bessere Leistung zu erzielen“, erklärt van Holt.

#### Anode aus reinem Lithium

Eine weitere Möglichkeit, die Energiedichte eines Lithium-Ionen-Akkus schlagartig um 50 Prozent zu erhöhen, ist die Verwendung einer reinen Lithium-Anode. Bisher wird Graphit eingesetzt, denn die Nutzung von Lithium ist mit einigen Herausforderungen verbunden, allen voran der Bildung von porösem Lithium an der Anode. Die

Ablagerungen können einen Kurzschluss verursachen oder Schutzschichten durchbrechen und den Akku zerstören. Die Entwicklung von Gegenmaßnahmen setzt voraus, dass Wissenschaftler die Prozesse im Detail nachvollziehen können: „Mit der Elektronenspinresonanz-Spektroskopie haben wir ein neues Verfahren gefunden, mit dem wir in Echtzeit verfolgen können, wie sich das poröse Lithium an der Anode bildet und teilweise wieder abgetragen wird“, erläutert Dr. Josef Granwehr vom IEK-9, der den experimentellen Aufbau mitentwickelt hat.

Das IEK-9 erhielt 2014 vom BMBF auch erhebliche Mittel für die Weiterentwicklung von neuartigen Post-Lithium-Batteriekonzepten. In AISiBat forschen die Wissenschaftler zu Metall-Luft-Systemen, insbesondere zu Aluminium- und Silizium-Luftbatterien. Theoretisch versprechen sie Energiedichten, die in der Größenordnung von Benzin liegen. Auch wenn sich diese in der Praxis bis auf Weiteres nicht erreichen lassen, ist AISiBat-Projektleiter Dr. Hans Kungl von den Metall-Luftsystemen überzeugt: „Realistisch sind Energiedichten, die um den Faktor 5 größer sind als die von Lithium-Ionen-Batterien.“

Für die Umsetzung bauen die Wissenschaftler auf neue Elektrolyte: niedrig

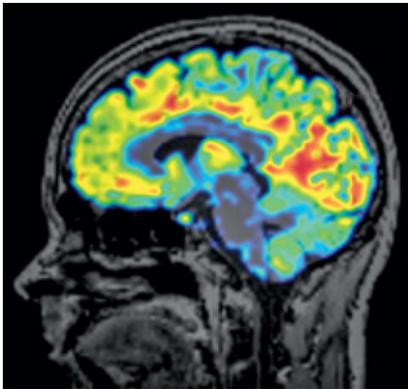
schmelzende Salze, sogenannte Ionische Flüssigkeiten. Bisher noch weitestgehend unverstanden sind die elektrochemischen Reaktionen, die den Lade-Entlade-Zyklus von Metall-Luft-Akkus stark einschränken: Eine Eisen-Luft-Batterie beispielsweise lässt sich zurzeit nur bis zu 20-mal aufladen – für eine marktreife Anwendung braucht man 1.000 Zyklen.

Neben der Energiedichte spricht die Ressourcenverfügbarkeit für Metall-Luft-Systeme und damit für AISiBat: Denn ob das Lithiumvorkommen reicht, um den globalen Energiemarkt langfristig abzudecken, ist umstritten. Die Metalle Aluminium, Silizium, Eisen, Zink und Magnesium hingegen stehen nahezu unbeschränkt zur Verfügung und lassen sich deutlich einfacher verarbeiten. „Wir befinden uns am Anfang einer möglichen Erfolgsgeschichte von Metall-Luft-Batterien. Die Wirkungsgrade sind zurzeit noch viel zu niedrig. Unsere Aufgabe ist es, die entsprechenden technischen Verbesserungen zu leisten“, sagt Kungl. Bis zur Marktreife gehen vermutlich noch Jahrzehnte ins Land. Doch Kungl bleibt optimistisch: Der Wirkungsgrad von Solarzellen in den 1990er Jahren wurde schließlich auch belächelt. Heute ist die Energiewende ohne eine effiziente Solartechnologie nicht denkbar.

# Projekte im Überblick

Hirnforschung

## Keine Panik – Risiko- und Schutzfaktoren



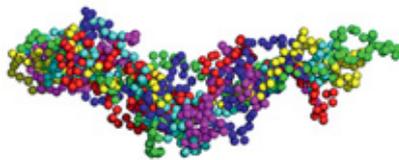
Höhenangst, unüberwindliche Scheu, einen großen Platz zu überqueren, oder auch Panikattacken ganz ohne erkennbaren Anlass – solche Angststörungen kennen viele Menschen. Sie zählen neben Depressionen zu den häufigsten psychischen Erkrankungen in Deutschland. Möglicherweise spielen hierbei spezielle Proteine im Gehirn, die Adenosin-A1-Rezeptoren, eine Rolle, fanden Jülicher Forscher um Prof. Andreas Bauer vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin in Kooperation mit Wissenschaftlern der Universitäten Münster und Würzburg heraus. Die Adenosin-A1-Rezeptoren wirken bei der Übertragung von Signalen mit, die beispielsweise Wachheit und Müdigkeit regulieren.

In einer Pilotstudie mit 28 gesunden Teilnehmern wurde die Verteilung dieses Moleküls im Gehirn mittels Positronenemis-

sionsstomografie untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass eine Genvariante, die zuvor als Risikofaktor für Angststörungen identifiziert worden war, mit einer erhöhten Konzentration von Adenosin-A1-Rezeptoren in verschiedenen Gehirnregionen einhergeht. Da die Probanden zwar ein erhöhtes genetisches Risiko für Angststörungen besaßen, aber dennoch keine entsprechenden Symptome zeigten, vermuten die Forscher: Die erhöhte Rezeptorkonzentration ist möglicherweise ein Kompensationsmechanismus, der den Angstsymptomen entgegenwirkt. Auch könne sie vielleicht helfen, eine Veranlagung für Angststörungen zu diagnostizieren. Wenn sich die Ergebnisse bestätigen, ergäbe sich zudem ein Ansatzpunkt für eine neue medikamentöse Therapie von Angststörungen.

Strukturbiochemie

## Einblicke in die Eiweißwelt



Auf die Form kommt es an, wenn es darum geht, was Eiweiße alles können. Je nach Struktur arbeiten sie als Enzyme, Antikörper, Muskelfasern oder übernehmen zahllose andere Aufgaben. Viele Eiweiße (Proteine) verändern zudem bei der Arbeit ihre Gestalt. Jülicher Forschern gelangen 2014 neue Einblicke in diese komplexe Welt.

Ein Team des Institute of Complex Systems entwickelte gemeinsam mit Kollegen vom Institut de Biologie Structurale (IBS) in Grenoble ein neues Verfahren auf Basis der Festkörper-NMR, mit dem sich kurzlebige Proteinzustände sichtbar machen

lassen. So konnten sie zeigen: Das Protein Ubiquitin, das dafür zuständig ist, fehlerhafte Eiweiße für den Abbau zu markieren, kann zwischen zwei Formen hin- und herspringen. Das Verfahren könnte beispielsweise nützlich sein, um bislang verborgene Angriffspunkte für neue Medikamente zu finden.

Verwandlungskünstler sind die sogenannten intrinsisch ungefalteten Proteine – äußerst flexibel nehmen sie immer wieder neue Formen an. Daher waren sie für Wissenschaftler, die ihre Struktur und Dynamik bestimmen wollten, bislang schwer zu fassen. Forschern des Jülich Centre of Neutron Science gelang das Kunststück. Sie beschossen ein solches Eiweiß – das basische Myelinprotein (MBP) – mit Neutronen und schlossen aus der Streuung der Neutronen: Anders als bislang angenommen ist MBP, das im Gehirn die Nervenzellen umhüllt, in Lösung nur an den Enden frei beweglich, hat aber einen relativ kompakten und steifen Kernbereich.

Neutronenstreuexperimente Jülicher und Münchener Forscher in Zusammenarbeit mit der Universität Leicester lösten auch das Rätsel, wie eine entscheidende Struktur im Enzym Cytochrom-Peroxidase beschaffen ist, berichtete das Fachmagazin „Science“. Das Eiweiß baut giftiges Wasserstoffperoxid aus dem Stoffwechsel im Körper ab. Dafür spielt ein Eisenatom im Enzym, das Sauerstoff bindet und überträgt, eine zentrale Rolle. Einen Zwischenzustand, den das Enzym dabei annimmt, konnten die Forscher aufklären, nachdem sie das Molekül auf minus 173 Grad schockgefroren und den Zwischenzustand so stabilisiert hatten.

## Hirnforschung

## Schlaflos für die Wissenschaft



Was geschieht im Gehirn, wenn ein Mensch ungewöhnlich lange wach bleiben muss, und wie rasch erholt er sich vom Schlafentzug? Jülicher Neurowissenschaftler untersuchten in Kooperation mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) im DLR-Versuchslabor :envihab die Wirkungen extremer Umweltbedingungen auf den Menschen und mögliche Gegenmaßnahmen. Ein Team um Dr. David Elmenhorst und Prof. Andreas Bauer vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin analysierte mittels Positronenemissionstomografie Veränderungen der Hirnchemie bei langen Wachzeiten bis zu 58 Stunden. Derart langer Schlafentzug führt dazu, dass sich im Gehirn das Stoffwechselprodukt Adenosin anreichert. Sobald es über den zugehörigen Rezeptor an Hirnzellen bindet, ist das für den Körper das Signal zum Einschlafen. Wenn Versuchspersonen aber daran gehindert werden, steigt die Zahl der Adenosinrezeptoren; es kann mehr Adenosin gebunden werden, und zugleich nimmt die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen ab. Die höhere Rezeptordichte könnte eine Erklärung dafür sein. Doch schon nach einer vergleichsweise kurzen Schlafphase von 14 Stunden sinkt die Dichte der Adenosinrezeptoren wieder auf den Normalzustand. Auch die Aufmerksam-

samkeit erholt sich wieder. Versuchspersonen schnitten nach der Schlafphase wieder so gut ab wie vor dem Experiment. Medizinisch interessant sind diese Ergebnisse unter anderem, weil es Hinweise darauf gibt, dass chronischer Schlafmangel zu ähnlichen Hirnveränderungen führt, wie sie von Patienten mit Demenzerkrankungen bekannt sind.

## Materialforschung

## Platin – preiswert im Oktaeder-Pack

Teures Platin wird benötigt, damit Brennstoffzellen Energie gewinnen können, indem sie Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser verbinden. Das Edelmetall dient als Katalysator. Deutlich preiswerter als Platin pur sind Nanokristalle, die neben Platin beispielsweise Nickel oder Kobalt enthalten. Solche Partikel, die die Form eines Oktaeders haben – zwei mit der Grundfläche verbundene Pyramiden – hatten Wissenschaftler des Peter Grünberg Instituts gemeinsam mit Kollegen der TU Berlin schon 2013 entwickelt. Sie erfordern nur ein Zehntel der sonst üblichen Platinmenge. Wie die nützliche Form der binären Nanokristalle zustande kommt, konnten Jülicher und Berliner Forscher nun gemeinsam mit Kollegen von der Tsinghua-Universität in China mittels ultrahochauflösender Elektronenmikroskopie verfolgen und in der Fachzeitschrift „Science“ beschreiben. Zunächst entsteht ein kreuzförmiges Grundgerüst mit sechs Spitzen, das so gut wie ausschließlich aus Platinatomen aufgebaut ist, danach lagern sich daran Nickel- oder Kobalt-Atome an, bis die Vertiefungen ausgefüllt sind. Sobald ein Oktaeder mit glatten Oberflächen entstanden ist, stoppt das Wachstum. Diese neuen Erkenntnisse sollen helfen, effizientere und haltbarere Katalysatoren für Brennstoffzellen zu entwickeln.

## Nanoelektronik

## Datentransport in der Nanowelt

Kleiner, schneller, energieeffizienter sollen die Prozessoren und Datenspeicher der Zukunft sein. Als erfolgversprechender Weg dorthin gilt die Spintronik, die Informationen mithilfe des Elektronen-Spins verarbeiten und speichern soll und nicht über die elektrische Ladung wie bisher. Der Spin ist eine quantenmechanische Eigenschaft von Teilchen, den man sich als einen winzigen Magneten vorstellen kann. Wissenschaftler des Peter Grünberg Instituts beschrieben bereits 2011 gemeinsam mit Kollegen der Universität Hamburg erstmals ein Skyrmionengitter – eine Ordnung aus magnetischen Wirbeln – an einer Oberfläche. 2014 konnten sie diese Struktur nun gezielt modifizieren. Auf einen Dünnsfilm aus Eisen-Iridium setzen sie einzelne wabenförmige Kohlenstoffverbindungen, zum Beispiel winzige „Inseln“ aus Graphen. An diesen Stellen bildeten sich Hybridverbindungen aus Metall und organischem Molekül, die die magnetischen Eigenschaften der Oberfläche drastisch verändern. Das Skyrmionengitter koppelt diese „molekularen Magnete“ untereinander, so dass diese sich gezielt umschalten lassen. Dabei kann das magnetische Moment oder die Feldstärke beeinflusst werden. Da die magnetische Kopplung relativ weit reicht, könnten sich mit der neuen Materialkombination auch Informationen in Nano-Dimensionen übertragen lassen, erwarten die Forscher.



Nanoelektronik

## Beweglicher als gedacht

Metallische Nanopartikel sind in Gasen und Flüssigkeiten mobil, in Festkörpern sitzen sie weitgehend fest, besonders wenn es sich um nichtleitende Materialien handelt – so war die bisherige Lehrmeinung. Doch Jülicher Physiker brachten zusammen mit US-Forschern Bewegung in dieses festgefügte Weltbild. Mit dem In-situ-Transmissionselektronenmikroskop untersuchten sie das Innere sogenannter resistiver Speicherzellen – Schaltele-

mente für eine künftige Nanoelektronik. Dabei stellte sich heraus: Sie bewegen sich doch. Cluster aus Metallatomen wie Silber oder sogar Platin können unter dem Einfluss eines starken elektrischen Felds in Materialien wie Siliziumdioxid wandern und dabei Brücken zwischen den gegenüberliegenden Elektroden eines Schaltelements bilden. Dadurch ändert sich dessen elektrischer Widerstand – aus dem nichtleitenden Material wird ein Leiter, ein Phänomen, das sich zur Speicherung von Informationen nutzen lässt.

Und damit wird diese Erkenntnis interessant für die Entwicklung der Nanoelektronik: Resistive Schaltelemente gelten hier als Hoffnungsträger, da sie mit we-

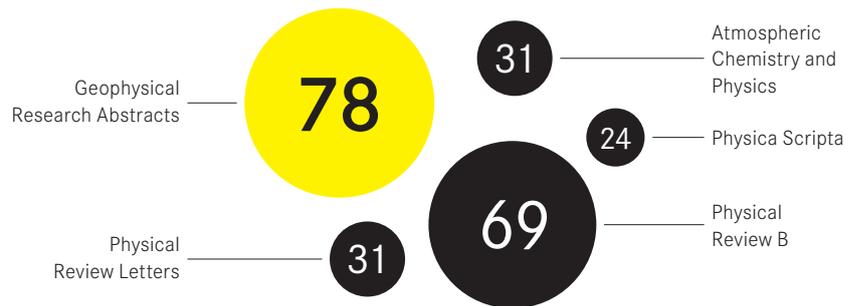
nig Energie auskommen und schnell zwischen verschiedenen Zuständen hin- und herschalten können. Zugleich vereinen sie, ähnlich wie Nervenzellen, Logik- und Speicherfunktionen. Aus ihnen hoffen die Forscher eines Tages lernfähige Schaltungen nach dem Vorbild der Natur bauen zu können. Die Beobachtung der beweglichen Atome liefert erstmals eine Erklärung, wie die zuvor schon bekannten unterschiedlichen Zustände von resistiven Zellen zustande kommen – eine Einsicht die helfen kann, diese Prozesse gezielt zu beeinflussen.

## Publikationen

Neue Erkenntnisse sind erst dann wirklich in der Welt, wenn sie für andere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zugänglich gemacht wurden – durch die Veröffentlichung in einer wissenschaftlichen Zeitschrift. Erst so können andere das neue Wissen überprüfen, gegebenenfalls korrigieren und ergänzen und schließlich nutzen. Nicht zufällig gelten daher Veröffentlichungen als wichtiger Maßstab für die wissenschaftliche Leistung einer Forschungseinrichtung. Besonders bedeutsam sind dabei Publikationen in Zeitschriften, die von Fachkollegen sehr häufig herangezogen und zitiert werden, allen voran die renommierten Fachzeitschriften „Nature“ und „Science“. 2014 haben es gleich fünf Artikel Jülicher Forscher in das Forschungsmagazin „Nature“ geschafft, und drei in „Science“. Auch die Gesamtzahl der Jülicher Fachpublikationen ist erneut gestiegen.

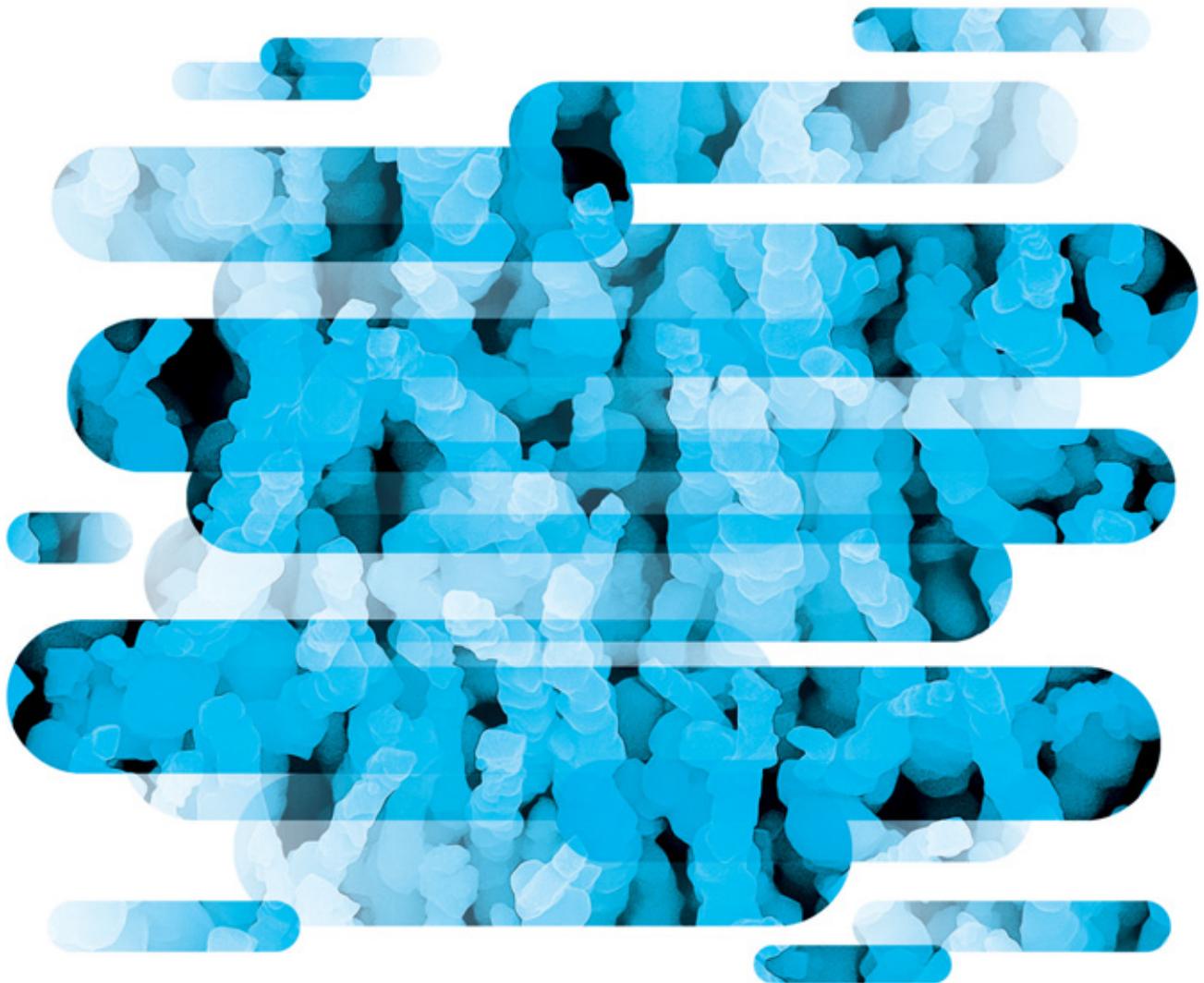
### Fachzeitschriften, in denen Jülicher Forscher am häufigsten veröffentlichen

2014



### Jülicher Publikationen

Jahr	Summe	Zeitschriften	dav. mit Forschern anderer Einrichtungen	Bücher, sonst. Publikationen	Dissertationen, Habilitationen
2010	1.834	1.048	770   73,50 %	686	100
2011	2.115	1.363	1.013   74,30 %	651	101
2012	2.233	1.452	1.100   75,80 %	688	93
2013	2.414	1.485	1.175   79,10 %	825	104
2014	2.449	1.614	1.337   82,84 %	713	122



# Kooperation

Seite 43 – 64

# Regionale Lösungen für globalen Wandel

Große Forschungsvorhaben und teure Infrastrukturen sind für eine einzelne Einrichtung kaum zu realisieren. Das Forschungszentrum Jülich kooperiert daher national und international mit Einrichtungen aus Wissenschaft und Wirtschaft. TERENO ist ein Beispiel dafür, dass viele Partner gemeinsam Großes erreichen können.

**V**ögel zwitschern, Sonnenstrahlen durchdringen die dichten Baumkronen am Rande der großen Lichtung in der Nordeifel. Mitten durch die Kahlfläche schlängelt sich der Wüstebach durch sein Bett. Bei jedem Schritt knacken vertrocknete Fichtenzweige unter den Schuhen. Noch bis vor zwei Jahren standen Fichten eng an seinem Ufer. Nach deren Rodung ist es lichter geworden, erste Kräuter und junge Laubbäume bedecken jedoch schon wieder die offene Fläche. Weiter geht es wieder tiefer in den Wald – bis plötzlich ein mannshoher Metallzaun den Weg versperrt, dahinter ein gerüstartiger Turm, der weit die Wipfel der Bäume überragt. „Das ist unser Messturm“, erklärt Dr. Heye Bogena, Forscher am Jülicher Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG). „Den konnten wir im Rahmen des Großprojekts TERENO aufbauen.“ TERENO steht für TERrestrial ENVIRONMENTAL Observatories und ist zunächst vor allem eines: eine Ansammlung von Geräten, um in der Luft und am Boden Umweltdaten zu sammeln.

## Observatorien zur Erdbeobachtung

So steckt auch der Turm voller Instrumente. Damit erfassen die Forscher Treibhausgase wie Kohlendioxid und Lachgas, die zwischen Wald und Atmosphäre ausgetauscht werden. „Wälder schützen unser Klima: Sie können unter bestimmten Bedingungen solche Gase speichern und somit deren Konzentration in der Atmosphäre verringern“, sagt Heye Bogena. Auch andere Einrichtungen, wie etwa die Universitäten aus Trier, Köln, Bonn und Aachen, haben am Messturm



Installation und Ausbringung von Regensammlern im Buchenmischwald

Geräte angebracht – vom Regenscanner bis zum Fleckermausdetektor. „Das ist ein wichtiges Anliegen von TERENO: Wir wollen gezielt mit anderen Institutionen zusammenarbeiten“, verdeutlicht Prof. Harry Vereecken vom Forschungszentrum Jülich, der das Großprojekt koordiniert.

Denn TERENO ist ein Netzwerk von vier Observatorien zur Erdbeobachtung, die sich von der nordostdeutschen Tiefebene bis zu den Bayrischen Alpen erstrecken. „Auch wenn die Initiative von Jülich ausging, TERENO ist keine lokale Initiative einer einzigen Einrichtung“, betont Harry Vereecken, Direktor des Institutsbereichs Agrosphäre am Forschungszentrum.



## Die umfangreiche Infrastruktur, die wir errichtet haben, steht der gesamten Umweltforschung zur Verfügung.

Prof. Harry Vereecken | Direktor des Institutsbereichs Agrosphäre

Zurück im Fichtenwald: Ein paar Schritte hinter dem Messturm tauchen die nächsten Instrumente auf. Auf den ersten Blick sehen sie recht unscheinbar aus: große, kreisrunde Stahlringe von einem Meter Durchmesser schauen aus dem Boden. Darunter verbergen sich allerdings wahre Datensammel-Wunder. „Jeder dieser rund 1,50 Meter hohen Metallzylinder – Lysimeter genannt – ist gefüllt mit Erde und mit zahlreichen Sensoren ausgestattet“, erläutert Dr. Thomas Pütz vom IBG, der für diese Instrumente im TERENO-Projekt zuständig ist. Die ganze Anlage arbeitet vollautomatisch und übermittelt funkgesteuert Daten zu Verdunstung, Niederschlag, Temperatur, Gehalt an Kohlendioxid und vielen weiteren Parametern. „Spannend daran ist: Gemeinsam mit unseren Partnern im TERENO-Projekt können wir mithilfe der Lysimeter ein Stück weit den Klimawandel simulieren“, berichtet Pütz.

### Klimawandel simuliert

„Mit 126 Lysimetern in allen Observatorien haben wir mit SoilCan das weltgrößte Netzwerk dieser Art aufgebaut“, ergänzt Thomas Pütz. Die unterschiedlichen Standorte haben den Forschern ganz neue Möglichkeiten eröffnet: „Wir haben die gefüllten Lysimeter von einem TERENO-Untersuchungsgebiet in ein anderes versetzt“, so Pütz. Und das nicht zufällig, sondern nach einem bestimmten Muster: Lysimeter aus den

Sechs Helmholtz-Zentren sind an dem Großvorhaben beteiligt, das 2008 von der Helmholtz-Gemeinschaft gestartet wurde und rund 15 Jahre laufen soll. Es vereint Hydrologen, Bodenforscher, Biologen, Klimatologen und Sozioökonomien. Gemeinsam untersuchen sie, welche lokalen Folgen der globale Klimawandel mit sich bringt – für den Boden, das Wasser, die Vegetation und letztendlich den Lebensraum des Menschen. „Die umfangreiche Infrastruktur steht der gesamten Umweltforschung zur Verfügung. Sie ermöglicht es, Daten in einem bislang nicht bekannten Ausmaß zu sammeln. Für eine einzelne Universität oder Forschungseinrichtung wären solche Geräte einfach zu teuer“, beschreibt Harry Vereecken den Nutzen.

15 

Jahre wird das Forschungsprojekt mindestens laufen.

klimasensiblen kalten und feuchten Alpen wanderten beispielsweise in die regenreiche, aber wärmere Niederrheinische Bucht mit Atlantikklima. Aus der Eifel wiederum wurden die Bodenkerne in das mitteldeutsche Tiefland mit kontinentalem Klima entsendet.

„Dort gab es in den letzten Jahren vermehrt Trockenperioden und feuchtere, wärmere Winter. Wir haben die Böden jeweils in das Klima versetzt, das aufgrund des Klimawandels für ihre Ursprungsgebiete in der Zukunft prognostiziert wird. Dadurch erhalten wir Eindrücke, wie Böden auf künftige Klimaänderungen reagieren könnten“, verdeutlicht Pütz.

### Zurück zum Laubmischwald

„Die nahezu identische technische Ausstattung in allen Observatorien ist das Besondere an TERENO“, hebt Vereecken hervor. Das ermöglicht die Vergleichbarkeit von Ergebnissen. „Dazu muss man wissen, dass die terrestrische Umweltforschung früher in Deutschland stark zersplittert war. Es gab selbst in einer Disziplin zahlreiche individuelle Messansätze“, blickt er zurück. Eine große Herausforderung des Projekts war es daher, die unterschiedlichen Disziplinen zu vereinen. Doch TERENO hat alle an einen Tisch gebracht: Gemeinsam wurde festgelegt, welche Pa-

rameter und Fragestellungen untersucht werden, welche Messmethoden und Instrumente benötigt werden und wie sichergestellt wird, dass Austausch und Vergleich von Daten funktionieren.

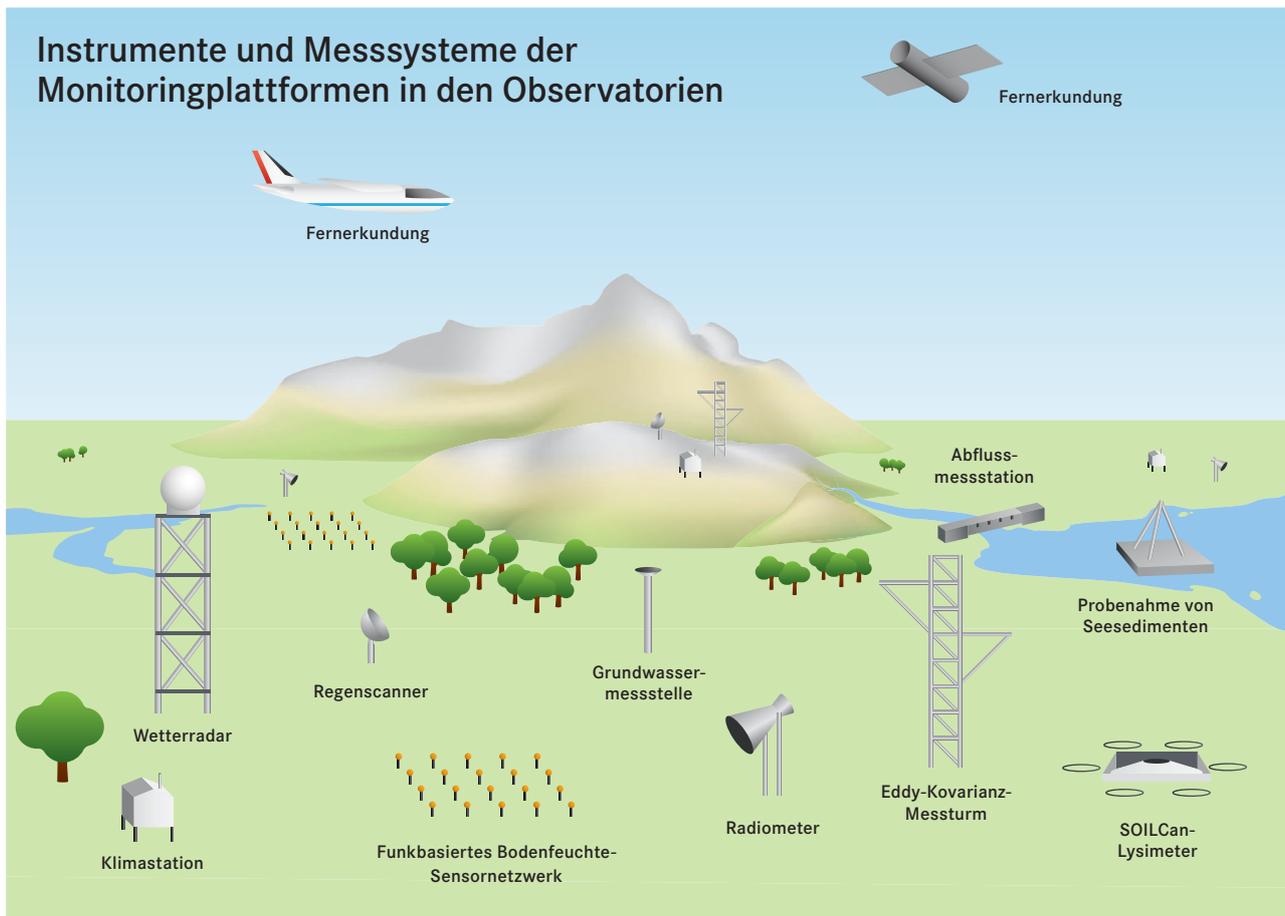
Am Beispiel Wüstebach im Nationalpark Eifel lassen sich die Vorteile der Kooperation deutlich erkennen. 8 Hektar Fichtenwald hat der Nationalpark Eifel hier 2013 roden lassen. Die Kahlfäche soll aber nur eine Zwischenstufe sein. Erste zarte Ebereschen- und Buchensämlinge strecken schon ihre grünen Blätter hervor. In 30 Jahren sollen hier wieder Auenwälder mit heimischer Birke, Buche und Erle stehen und sich unbeeinflusst von Mensch und Forstwirtschaft entwickeln dürfen. „Gemeinsam mit den Universitäten Bonn und Trier begleiten wir diese Umwandlung vom Fichten- zum naturnahen Laubmischwald“, erklärt Thomas Pütz. Die Forscher wollen herausfinden, welche Auswirkungen die Rodungen auf den Boden, die Artenvielfalt, die Wasserqualität und die Austauschprozesse mit der Atmosphäre haben. „Durch die Abholzung ist der Boden größeren Temperaturschwankungen und Austrocknung ausgesetzt, was aber wiederum förderlich für die Ansiedlung von Mikroorganismen ist, die es etwas wärmer mögen“, erklärt Pütz. „Dadurch könnte sich der Stoffumsatz im Boden verändern.“ Doch erste Ergebnisse zeigen, dass bislang kein größerer Austrag von Stickstoff und Kohlenstoff aus dem Boden stattgefunden hat.

Das können die Wissenschaftler auch mit einem weitverzweigten Netzwerk von Sensoren im Boden beobachten, die kontinuierlich Daten über Bodenfeuchte und -temperatur erfassen. Wie kleine Wegmarkierungen ragen zahlreiche Stäbe aus dem Boden. „Es sind in der Tat Markierungen, aber nicht für Wanderer. An diesen Stellen sind Sonden im Boden vergraben“, stellt Heye Bogena klar. Sie stecken in 5, 20 und 50 Zentimeter Tiefe und leiten ihre Messdaten nahezu in Echtzeit per Funk über eine Empfangsstation an das Forschungszentrum Jülich weiter. „Dieses Sensornetzwerk mit Namen SoilNet haben wir im Rahmen von TERENO in Jülich entwickelt“, erklärt Bogena. Rund 900 Messsensoren sind allein um den Wüstebach vergraben, weitere gibt es am Standort Rollesbroich in der Eifel. Auch in den anderen Observatorien wird SoilNet eingesetzt.

Kooperationen im Rahmen von TERENO beschränken sich aber nicht nur auf Aktivitäten am Boden. Mithilfe von Forschungsflugzeugen und Weltraumsatelliten sammeln die Forscher wichtige Erkenntnisse aus der Luft und aus dem All. So startete Anfang 2015 eine



Klimastation  
in Selhausen



neue Satellitenmission der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA. Der Satellit SMAP („Soil Moisture Active Passive“) erfasst aus rund 670 Kilometern Höhe weltweit die Bodenfeuchte, die eine wichtige Klimavariablen für die globalen und regionalen Klimamodelle ist. Jülicher Forscher überprüfen im Rahmen von TERENO, wie genau die Berechnungen der Bodenfeuchte aus den Satellitendaten sind. Dazu vergleichen sie die Ergebnisse mit ihren Bodenmessungen aus dem TERENO-Observatorium Eifel/Niederrheinische Bucht. Gibt es Abweichungen, kann die NASA ihre Rechenalgorithmen korrigieren.

### Musterbeispiel TERENO

Von Beginn an war es die Idee von TERENO, sich nicht auf die einzelnen Prozesse in den Kompartimenten zu beschränken. „Wir konzentrieren uns auch auf die Wechselwirkungen zwischen Boden, Pflanze und Atmosphäre“, macht Vereecken klar. So ein anspruchsvoller Ansatz kann nur gelingen, wenn alle beteiligten Disziplinen zusammenarbeiten – national wie international. Für die europäische Forschungsinfrastruktur ICOS „Integrated Carbon Observation System“ – eine Infrastruktur zur Messung von Treibhausgasen –

ist TERENO beispielsweise einer der wichtigsten Kooperationspartner, der für Deutschland Messdaten zu Treibhausgasen und Kohlenstoffbilanzen erfasst. Auch im weltweiten Netzwerk für ökologische Langzeitforschung LTER (Long Term Ecological Research) ist TERENO aktiv. „Kooperation und Abstimmung sind dabei unerlässlich. Umso mehr freut es uns, wenn Kooperationspartner aus dem In- und Ausland TERENO hierfür als ein Musterbeispiel loben“, freut sich Harry Vereecken.

Mustergültig ist auch die enge Kooperation der Jülicher Forscher mit den umliegenden Universitäten Bonn, Aachen und Köln in einem Sonderforschungsbereich der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Ende 2014 hat die DFG „Transregio 32“ ein weiteres Mal um vier Jahre verlängert. Im dem Projekt untersuchen die Wissenschaftler, wie beispielsweise Kohlendioxid und Wasserdampf zwischen Boden und Atmosphäre ausgetauscht werden in Abhängigkeit von dem Landschaftsprofil. Dazu nutzen die Forscher die Infrastruktur im TERENO-Observatorium Eifel/Niederrheinische Bucht, gemeinsam entwickeln sie Modelle für Hochwasservorhersagen und Wetterprognosen.

Nicht nur Universitäten, Wasserbehörden und die Landwirtschaft profitieren von TERENO. Auch der Deutsche Wetterdienst nutzt die Daten des TERENO-Wetterradars, das unweit von Jülich auf der 290 Meter hohen Sophienhöhe steht. Damit können die Jülicher Forscher Niederschläge im Umkreis von 100 Kilometern auf 200 Meter genau eingrenzen und zwischen Regen, Hagel oder Schnee unterscheiden. Diese Daten helfen bei der Prognose von Hochwasserereignissen, auf die sich die umliegenden Wasserverbände an den zahlreichen Talsperrern der Eifel einstellen können.

Alle Beteiligten sind von dem Projekt so überzeugt, dass TERENO bis heute ohne einen formalen Kooperationsvertrag auskommt. „Natürlich war es am Anfang auch erst mal eine Interessensgemeinschaft“, erinnert sich Vereecken. Denn für das Großprojekt gab es viel Geld, 3,4 Millionen allein in den ersten drei Jahren, insgesamt mehr als 20 Millionen Euro. „So viel Geld für einen grundlagenorientierten Bereich zu erhalten, ist ein Riesengewinn für alle, denn in die Bodenforschung investieren keine großen Industrieunternehmen“, so Vereecken weiter.

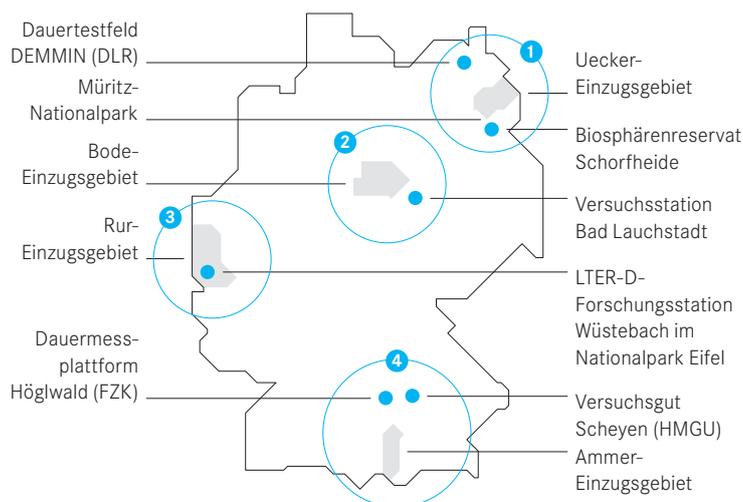
### Extreme Wetterlagen willkommen

„Für Ergebnisse ist es aber noch zu früh, denn es gibt hohe Schwankungen im Klimageschehen. Dafür brauchen wir Langzeitmessungen. Nur dann können wir langfristige Trends von kurzzeitigen Schwankungen oder von Zufallsergebnissen unterscheiden“, erklärt Vereecken. Besonders freuen sich die Forscher über extreme Wetterlagen, wie etwa eine Trockenperiode im Frühjahr 2011. „Das hatte es seit 100 Jahren nicht gegeben. Bei solchen Extremereignissen lernen wir am meisten, denn dann sehen wir die konkreten Auswirkungen im Boden und der Biosphäre“, ergänzt Heye Bogena. TERENO ist eine Erfolgsgeschichte, die noch eine interessante Zukunft verspricht. Dies zeigte sich auch in der ersten internationalen Konferenz zu TERENO, die im Oktober 2014 vom Forschungszentrum Jülich in Bonn ausgerichtet wurde. „Wir haben aus dem Nichts etwas aufgebaut, was mittlerweile zu einer großen internationalen Sichtbarkeit geführt hat“, fasst Vereecken zusammen. „Das ist der Verdienst aller mit ihren gemeinsamen Planungen und den sehr guten wissenschaftlichen Beiträgen.“



Wetterradarstation auf der Sophienhöhe bei Jülich

## TERENO-Observatorien



**1 Observatorium Nordost-deutsches Tiefland**

Koordination: GFZ

**2 Observatorium Harz/Mitteldeutsches Tiefland**

Koordination: UFZ

**3 Observatorium Eifel/Niederrheinische Bucht**

Koordination: FZJ

**4 Observatorium Bayerische Alpen/Voralpen**

Koordination: KIT/HMGU

# Kooperationen im Überblick



ORPHEUS – mehr Sicherheit für unterirdische Verkehrsadern

15 Mio. Euro

## Fusionsforschung

Mit dem Konsortium EUROfusion, das 29 nationale Fusionszentren aus 26 Ländern umfasst, gab sich die europäische Fusionsforschung 2014 eine neue Struktur. Damit sollen die Ressourcen der nationalen Fusionsforschungszentren Europas effizienter auf das gemeinsame Ziel – das erste Fusionskraftwerk – ausgerichtet werden. Rund die Hälfte des Fünfjahresbudgets (2014 – 2018) von 857 Millionen Euro trägt die EU, davon entfallen circa 15 Millionen Euro auf das Forschungszentrum Jülich.

Der Schwerpunkt der beteiligten Jülicher Forscher liegt in den Bereichen Plasma-Wand-Wechselwirkung und Materialforschung und umfasst die Jülicher Testeinrichtungen sowie Beteiligungen an den Großexperimenten JET, Wendelstein 7-X und ITER.

11,5 Mio. Euro

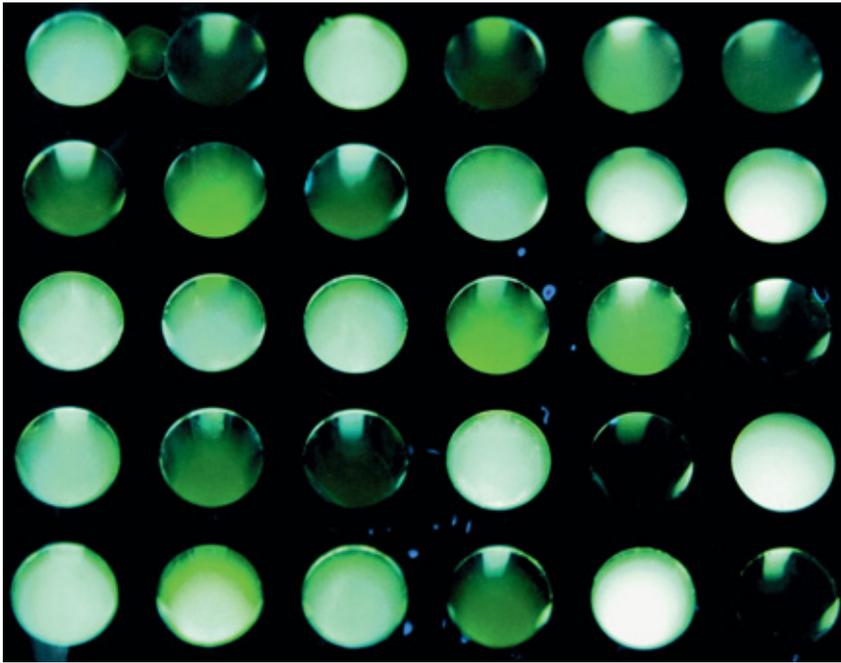
## Boden – Pflanzen – Atmosphäre

Im November 2014 wurde die dritte Phase des Sonderforschungsbereichs Transregio 32 (TR 32) „Muster und Strukturen in Boden-Pflanzen-Atmosphären-Systemen: Erfassung, Modellierung und Datenassimilation“ bewilligt. Hier werden neue Methoden entwickelt, die helfen, mehr über den Austausch von Energie und Stoffen – insbesondere Wasser und Kohlenstoff – zwischen Landoberfläche, Vegetation und Atmosphäre herauszufinden. Dafür werden dynamische Modelle entwickelt, die diese Flüsse besser vorhersagen sollen. Der TR 32 stärkt die regionale Kooperation zwischen dem Forschungszentrum und den Universitäten Aachen, Bonn und Köln. Die dritte Phase des Projekts wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) von 2015 bis 2018 mit 11.549.800 Euro gefördert, davon stehen 24,5 Prozent für die Arbeiten des Jülicher Instituts für Bio- und Geowissenschaften zur Verfügung.

2,6 Mio. Euro

## Biotech-Werkzeuge

Im Helmholtz-Netzwerk „Molecular Interaction Engineering“ (MIE) arbeiten Wissenschaftler aus dem Forschungszentrum Jülich, dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und dem Helmholtz-Zentrum Geesthacht seit November 2014 an neuartigen Technologien für die Bioproduktion. Dazu gehören biotechnologische Werkzeuge, die als „druckbare Biologie“ in dünnen Schichten auf technischen Oberflächen realisiert werden, analog zu gedruckten Schaltkreisen in der Elektronik. Einsatzgebiete wären die pharmazeutische Industrie und die Lebensmitteltechnik ebenso wie die Molekularbiologie und die medizinische Diagnostik. Die BMBF-Förderung für das auf fünf Jahre angelegte Projekt beträgt 2,6 Millionen Euro.



Reaktionsgefäße einer Mikrotiterplatte mit Kulturen des Bakteriums *Escherichia coli*, die unterschiedliche Fluoreszenzproteine enthalten

▼  
1,1 Mio.  
Euro

## Sicherheitsforschung

Im Februar 2015 startete das Projekt ORPHEUS zum Thema Optimierung der Rauchableitung und Personenführung in U-Bahnhöfen. Gemeinsam mit Partnern aus Universitäten und der Industrie untersuchen Wissenschaftler des Jülich Supercomputing Centre (JSC), wie die Sicherheit bei Bränden in komplexen mehrstöckigen U-Bahnstationen erhöht werden kann. Das BMBF fördert das Vorhaben mit insgesamt 3,2 Millionen Euro, davon 1,1 Millionen Euro für Arbeiten des JSC.

▼  
1,36 Mio.  
Euro

## Optogenetik

Im Verbundprojekt „Neue Optosensoren und Photoregulatoren zur Licht-vermittelten Steuerung und Analyse molekularer Systeme“ (OptoSyS) sollen optogenetische Verfahren entwickelt werden, um biologische Prozesse in lebenden Zellen und Organismen gezielt zu steuern und zu überwachen. Mit solchen Methoden lassen sich zum Beispiel bestimmte Abschnitte des Erbguts allein durch farbiges Licht an- oder abschalten. Forscher der federführenden Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, der RWTH Aachen und des Forschungszentrums Jülich wollen diese Methodik für biotechnologische Produktionsverfahren erschließen. Das BMBF fördert das Projekt mit knapp 3,3 Millionen Euro, von denen 1,36 Millionen auf das Forschungszentrum entfallen.

▼  
8 Mio.  
Euro

## Algentreibstoff

Im Jülicher „Algen Science Center“ arbeiten Forscher des Instituts für Bio- und Geowissenschaften mit rund einem Dutzend Industriepartnern und Forschungsinstitutionen daran, bestehende Technologien zur Herstellung von Kerosin aus Algen zu vergleichen und die Machbarkeit zu prüfen. Hintergrund ist das Interesse der Luftfahrtindustrie, den Luftverkehr klimafreundlicher und nachhaltiger zu gestalten. Dafür stellen zwei Bundesministerien Forschungsmittel zur Verfügung:

Im Projekt AUFWIND wird die gesamte Wertschöpfungskette von der Biomasseproduktion bis zur Kerosinherstellung untersucht. In Jülich werden insbesondere drei Algenzuchtssysteme miteinander verglichen, um zu ermitteln, in welcher Anlage CO<sub>2</sub>, Licht und Nährstoffe am effektivsten in Biomasse umgewandelt werden. Das Bundeslandwirtschaftsministerium stockte 2014 die über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe bereitgestellten Mittel von 5,75 Millionen Euro auf gut 6 Millionen Euro auf, das Gesamtbudget beträgt damit annähernd 8 Millionen Euro. Die Laufzeit wurde von zweieinhalb auf drei Jahre bis August 2016 verlängert. Im Projekt OptimAL werden unterschiedliche Algenstämme getestet, um möglichst ertragreiche Algen für die Produktion von Biokerosin zu finden. Seit dem 1. Februar 2014 werden diese Arbeiten vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit 1,4 Millionen Euro für drei Jahre gefördert.

## DFG-geförderte Projekte

koordiniert, 2014

Projekte	Anzahl
<b>Gesamt</b>	<b>43</b>
davon Graduiertenkollegs	4
davon DFG-Schwerpunkte	7
davon Sonderforschungsbereiche	28

## Nationale Kooperationen

 Forschungszentrum Jülich als Koordinator 

laufende Projekte 2014 mit einer Fördersumme ab 2 Millionen Euro im jeweiligen Projektzeitraum, in Euro

Akronym	Projekttitel	Förderer	Vertragsvolumen Jülich
–	Aufbau eines Petaflop-Rechners	MIWF	44.200.000
<b>PetaGCS</b>	Beschaffung und Betrieb von Supercomputern für das GCS als Beitrag zum nationalen Versorgungskonzept für Tier 0/1 im Rahmen eines europäischen HPC-Ökosystems	BMBF	42.423.000
<b>HESR</b>	High-Energy Storage Ring of the future international Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR)	BMBF	38.220.000
 <b>DPPN</b>	Deutsches Pflanzen Phänotypisierungs-Netzwerk	BMBF	18.342.495
 <b>BioSC</b>	Bioeconomy Science Center	MIWF	17.872.137
–	Ausbau eines Petaflop-Rechners	MIWF	16.000.000
<b>ITER</b>	Entwicklung und Test von Prototyp-Komponenten für ITER im Forschungszentrum Jülich	BMBF	11.659.446
 <b>IAGOS-D</b>	In-service Aircraft for a Global Observing System Hauptphase	BMBF	7.250.534
–	Charakterisierung von lokaler Mikrostruktur und ortsaufgelöster Zusammensetzung für strukturelle und funktionale Materialien neuartiger Energiewandlungs- und Speichersysteme	BMBF	6.506.553
<b>GRS</b>	German Research School for Simulation Science	HGF	6.200.000
 <b>ESS</b>	Mitwirkung der Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft an der Redesign-Phase der ESS	BMBF	6.000.372
<b>MeMo</b>	Elektrochemische Metall-Metalloxid-Hochtemperaturspeicher für zentrale und dezentrale stationäre Anwendungen	BMBF	4.421.590
 <b>AUFWIND</b>	Algenproduktion und Umwandlung in Flugzeugtreibstoffe: Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit, Demonstration	BMEL	3.070.952
<b>VITI</b>	Virtual Institute for Topological Insulators	HGF	2.900.000
<b>SABLE</b>	Skalenübergreifende, multi-modale 3-D-Bildgebung elektrochemischer Hochleistungskomponenten	BMBF	2.900.000
<b>MIE</b>	Molecular Interacting Engineering	BMBF	2.588.276
<b>MEET HI-END</b>	Materialien und Komponenten für Batterien mit hoher Energiedichte	BMBF	2.516.692
<b>HITEC</b>	Helmholtz Interdisciplinary Doctoral Training in Energy and Climate Research	HGF	2.400.000
<b>CROP.SENSE</b>	Kompetenznetze in der Agrar- und Ernährungsforschung TP: Komplexe Sensorik für Nutzpflanzenforschung, Züchtung und Bestandssteuerung (PhenoCrops)	MIWF, BMBF	2.252.739
 <b>IAGOS-D</b>	In-service Aircraft for a Global Observing System Pilotphase	BMBF	2.224.595
 <b>METPORE II</b>	Nanostrukturierte, metallgetragene Keramikmembranen für die Gastrennung in fossilen Kraftwerken	BMWi	2.029.906
<b>MetAPU</b>	Metallgestützter SOFC-Leichtbaustack für die Bordstromversorgung in Nutzfahrzeugen	BMWi	1.997.269
 <b>LIST</b>	Großflächiger Lichteinfall in der Silizium-basierten Dünnschichtsolarzellen-Technologie TP: Optische Funktionsschichten und transparente Kontakte	BMU	1.956.628
<b>AttendPredict</b>	Wie das menschliche Gehirn die Zukunft vorhersagt: Neuronale und neurochemische Korrelate aufmerksamkeitsbasierter Erwartungen im gesunden Gehirn und nach Schlaganfall	BMBF	1.954.627

2014 war das Forschungszentrum Jülich an 378 national geförderten Projekten beteiligt, davon 127 mit mehreren Partnern. 18 Verbünde wurden von Jülich koordiniert.

# Internationale Kooperationen

## Kooperationen in der Europäischen Union

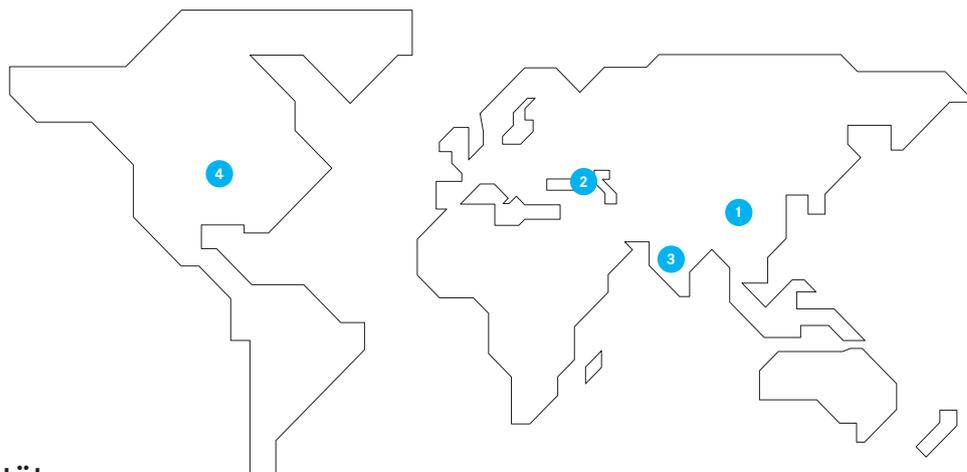
EU-geförderte Projekte mit Jülicher Beteiligung 2014, in Euro –  
Fördersumme über 1 Million Euro

Akronym	Projekttitel	Vertrags- volumen Jülich
<b>EURO-Fusion</b>	European Consortium for the Development of Fusion Energy	<b>6.800.000</b>
<b>HBP</b>	Human Brain Project	<b>3.618.200</b>
<b>K</b> <b>ESMI</b>	European Soft Matter Infrastructure	<b>2.774.539</b>
<b>K</b> <b>FAST-TRACK</b>	Accelerated Development and Prototyping of Nano-technology-based High-Efficiency Thin-Film Silicon Solar Modules	<b>2.178.251</b>
<b>K</b> <b>IMAGINE</b>	Imaging Magnetism in Nanostructures using Electron Holography	<b>1.984.340</b>
<b>K</b> <b>EPPN</b>	European Plant Phenotyping Network	<b>1.615.852</b>
<b>K</b> <b>POLPBAR</b>	Production of Polarized Antiprotons	<b>1.509.900</b>
<b>PEGASOS</b>	Pan-European Gas-Aerosols-Climate Interaction Study	<b>1.329.993</b>
<b>PRACE-3IP</b>	Third Implementation Project Phase	<b>1.284.042</b>
<b>K</b> <b>DEEP-ER</b>	Dynamical Exascale Entry Platform – Extended Reach	<b>1.247.449</b>
<b>K</b> <b>GREEN-CC</b>	Graded Membranes for Energy Efficient New Generation Carbon Capture and Storage Process	<b>1.178.580</b>
<b>K</b> <b>DEEP</b>	Dynamical Exascale Entry Platform	<b>1.108.495</b>
<b>K</b> <b>PRACE-2IP</b>	Second Implementation Phase of the European High-Performance Computing Service	<b>1.037.155</b>
<b>K</b> <b>MAO-ROBOTS</b>	Methylaluminoxane (MAO) Activators in the Molecular Polyolefin Factory	<b>1.001.862</b>

Beteiligung an EU-Programmen innerhalb des 7. Forschungsrahmenprogramms, in Euro

EU-Programm	Anzahl bewilligter Projekte	von Jülich koordiniert	Förder-summe Jülich
<b>Health</b>	7	1	<b>2.190.000</b>
<b>Food</b>	16	–	<b>3.085.000</b>
<b>ICT</b>	16	3	<b>9.715.000</b>
<b>NMP</b>	16	3	<b>9.022.000</b>
<b>Energy</b>	15	2	<b>6.750.000</b>
<b>Environment</b>	10	2	<b>4.892.000</b>
<b>Space</b>	4	–	<b>1.420.000</b>
<b>ERC</b>	3	2	<b>4.077.000</b>
<b>People</b>	15	4	<b>4.957.000</b>
<b>Infrastructure</b>	31	7	<b>24.527.555</b>
<b>ERA-NET</b>	17	6	<b>4.530.000</b>
<b>Joint Techn. Initiatives</b>	11	4	<b>3.393.000</b>
<b>EURATOM</b>	14	1	<b>4.000.000</b>
<b>COST</b>	2	–	<b>360.000</b>
<b>EU-Russia</b>	1	1	<b>315.500</b>
<b>Science in Society</b>	1	–	<b>325.000</b>
<b>Research for the Benefit of SME</b>	1	–	<b>280.000</b>
<b>Regions of Knowledge</b>	1	–	<b>72.000</b>
<b>Transport</b>	1	–	<b>62.000</b>
<b>FRP7 gesamt</b>	<b>182</b>	<b>36</b>	<b>83.973.005</b>

**K** Forschungszentrum Jülich als Koordinator



## Internationale Aktivitäten

(Auswahl)

Ort	Projekttitlel	Zeitpunkt
<b>1</b> China	<p><b>Ausbau der Kooperationen mit chinesischen Partnern</b></p> <p>Das Forschungszentrum Jülich und das Shanghai Institute of Microsystem and Information Technology (SIMIT) kooperieren beim Ausbau der Forschung im Bereich Quantenmaterialien: Vorstandsmitglied Prof. Sebastian M. Schmidt und Prof. Detlev Grützmacher, Direktor des Peter Grünberg Instituts für Halbleiter-Nanoelektronik, vereinbarten bei einer Chinareise die Gründung eines zweiten gemeinsamen Labors. – Mit dem Institute of Semiconductors an der Chinese Academy of Sciences (ISCAS) in Peking unterzeichneten sie ein Memorandum of Understanding zum gemeinsamen Ausbau der Halbleiterforschung.</p> <p>Prof. Wolfgang Marquardt besuchte mit einer Jülicher Delegation strategisch wichtige Kooperationspartner in China. Dabei wurde in Peking ein Memorandum of Understanding zum Aufbau eines „Joint International Lab“ in der Atmosphärenphysik beschlossen und in Shanghai ein Abkommen zur Kooperation in der Nanoelektronik mit der Universität Fudan unterzeichnet.</p> <p>Die Jiaotong-Universität Xi'an verlieh Prof. Sebastian M. Schmidt anlässlich eines Workshops mit Wissenschaftlern des Ernst Ruska-Centrums eine Ehrenprofessur. Gemeinsam mit Prof. Andreas Offenhäuser vom Peter Grünberg Institut besuchte er das SIMIT in Shanghai. Am Institute of Automation der CAS in Peking wurde eine verstärkte Zusammenarbeit in den Neurowissenschaften vereinbart.</p>	<p><b>April 2014</b></p> <p><b>August 2014</b></p> <p><b>März 2015</b></p>
<b>2</b> Georgien	<p><b>Langjährige Kooperation fortgeführt</b></p> <p>Bei einer Festveranstaltung zum zehnjährigen Bestehen des wissenschaftlichen Austausches zwischen Georgien und Jülich kamen Prof. Sebastian M. Schmidt und die georgische Ministerin für Bildung und Wissenschaft Tamar Sanikidze überein, die Zusammenarbeit weiter auszubauen. Die Vereinbarung sieht ein bilaterales Austauschprogramm für Bachelor- und Masterstudenten vor sowie das sogenannte Cotutelle-Programm, ein binationales Promotionsverfahren.</p>	<b>Juli 2014</b>
<b>3</b> Indien	<p><b>Indien-Büro in Neu-Delhi</b></p> <p>Das neue Indien-Büro des Forschungszentrums in Neu-Delhi wurde bei einer Festveranstaltung, an der auch der EU-Botschafter in Indien teilnahm, offiziell vorgestellt. Unter einem Dach mit dem Jülicher Büro haben auch die Universität zu Köln und die EURAXESS-Links-Initiative der EU-Kommission neue Repräsentanzen in der indischen Hauptstadt bezogen. Gemeinsam wollen die drei Institutionen Kontakte zu Entscheidungsträgern und Kooperationspartnern in Politik, Forschung und Wissenschaft ausbauen. Zusammen mit mehreren deutschen Universitäten wurden Workshops zu Werkstoffstruktur und -eigenschaften, bildgebenden Verfahren und kognitiver Neurologie durchgeführt.</p>	<b>November 2014</b>
<b>4</b> USA	<p><b>Energie-Workshop am Oak Ridge National Laboratory</b></p> <p>Der Vorstandsvorsitzende Prof. Wolfgang Marquardt besuchte vier enge Kooperationspartner in Oak Ridge, Berkeley, San Jose und Stanford. Mit dem Oak Ridge National Laboratory (ORNL) wurde ein Vertrag unterzeichnet, der die Forschungsk Kooperation fortschreibt. Am ORNL eröffnete Marquardt einen Workshop zum Projekt „Hochtemperatur- und Energiematerialien“, das vom BMBF seit 2013 mit jährlich etwa 600.000 Euro für drei Jahre gefördert wird.</p>	<b>Oktober 2014</b>

# Forschung international

## Energieforschung

### Membranen senken Energiebedarf



Keramische Membranen, die Gase voneinander trennen können, versprechen vielfachen Nutzen. Stand bei dem 2014 abgeschlossenen Projekt Mem-Brain zunächst die Abscheidung von CO<sub>2</sub> aus Kraftwerksabgasen im Vordergrund, erweitert sich mit dem im Herbst 2013 gestarteten EU-Projekt Green-CC das Blickfeld: 14 europäische und australische Partner aus Wissenschaft und Industrie entwickeln Membranen weiter, die Sauerstoff für den sogenannten Oxyfuel-Prozess bereitstellen. Ziel ist es, den Energiebedarf industrieller Prozesse, etwa in der Stahl-, Glas- oder Zementindustrie, deutlich zu senken. Das Projekt mit einem Gesamtvolumen von 8,275 Millionen Euro, davon 5,463 Millionen aus EU-Fördermitteln, und einem Jülicher Anteil von 1,3 Millionen Euro wird vom Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung koordiniert.

## Pflanzenforschung

### Nachhaltiger Nährstoffkreislauf

Pflanzenabfälle sinnvoll zu nutzen – darum geht es bei dem deutsch-brasilianischen Kooperationsprojekt PURESBio, das im Januar 2015 begonnen hat. Organische Reststoffe aus Ackerbau und Biogasproduktion sollen auf nährstoffarmen Böden die Erträge verbessern. Auf deutscher Seite ist neben dem Forschungszentrum Jülich das Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung beteiligt, in Brasilien die staatliche landwirtschaftliche Agrarforschungsgesellschaft EMBRAPA sowie drei weitere Forschungseinrichtungen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert das auf drei Jahre angelegte Vorhaben mit 850.000 Euro, davon gehen 485.000 Euro an das Jülicher Institut für Bio- und Geowissenschaften.

## Hirnforschung

### Verbund für Alzheimer-Diagnostikum

Im Rahmen einer Kooperation mit der Firma Piramal war das Institut für Neurowissenschaften und Medizin Prüfzentrum bei klinischen Studien für die Zulassung eines neuen Alzheimer-Diagnostikums. 18 weitere internationale Bildgebungszentren waren ebenfalls an der Prüfung des Wirkstoffs <sup>18</sup>F-Florbetaben beteiligt. Mit diesem lässt sich im Gehirn von Patienten die Dichte von Amyloidablagerungen bestimmen, die auf eine Alzheimer-Erkrankung hinweisen. In einer Phase-II-Studie wurde die Sicherheit der Substanz getestet, in einer Phase-III-Studie ihr Nutzen klinisch erprobt. Nach dem erfolgreichen Abschluss der Prüfungen ließ die europäische Arzneimittel-Behörde EMA das Diagnostikum 2014 zu.

## Hirnforschung

### Die Außenwelt sehen und verstehen

Wie das visuelle System des Gehirns die sichtbare Welt erkundet und aus den aufgenommenen Wahrnehmungen rekonstruiert, untersuchen Jülicher Wissenschaftler unter Leitung von Prof. Sonja Grün vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin gemeinsam mit der Gruppe um Ichiro Fujita von der Universität Osaka. Das Projekt „Neural mechanism of active vision studied by combining large-scale sampling of neural activity and advanced computational analysis“ läuft vom Oktober 2013 bis September 2016 und setzt die in früheren gemeinsamen Forschungsvorhaben begonnene deutsch-japanische Kooperation fort.

## Supercomputing

### Die Datenflut speichern und managen

Wo Forscher große Datenmengen sammeln und erzeugen, müssen Speicherung, Zugang, Bereitstellung, Archivierung und Wiederauffindbarkeit sichergestellt werden. Im EU-Projekt EUDAT2020 wird hierfür eine europäische Dateninfrastruktur aufgebaut, die den Anforderungen unterschiedlicher Nutzer aus vielfältigen Disziplinen gerecht wird. Diese „Collaborative Data Infrastructure“ (CDI) soll ein vertrauenswürdiges Netzwerk bilden, in dem viele Zentren, darunter das Jülich Supercomputing Centre, zusammenarbeiten. Für dieses Projekt mit 33 Partnern stehen ab März 2015 für drei Jahre 18 Millionen Euro zur Verfügung.

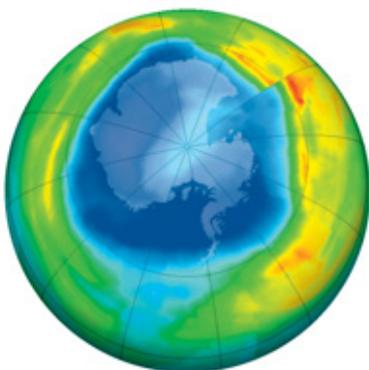


So soll es einmal aussehen auf dem Gelände der ESS – der Neutronenquelle, die im schwedischen Lund entsteht.

#### Klimaforschung

## Ozonschicht und Klimawandel

Seit Entdeckung des Ozonlochs im Jahr 1985 berichtet die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) gemeinsam mit dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) alle vier Jahre über den Zustand der Ozonschicht. Aktuelle Analysen zeigen, dass sich die Ozonschicht bei mittleren Breiten und über der Arktis bis Mitte des 21. Jahrhunderts erholen wird. Voraussichtlich wird das antarktische Ozonloch einige Jahrzehnte danach vollständig verschwinden. Jülicher Klimaforscher trugen im 2014 veröffentlichten Bericht, der in Zusammenarbeit von 300 Wissenschaftlern aus aller Welt entstand, Erkenntnisse dazu bei, wie sich Ozonschicht und globale Erwärmung wechselseitig beeinflussen.



#### Neutronenforschung

## Jülicher Forschung für Neutronenquelle

Als im Oktober 2014 im schwedischen Lund der Grundstein für die Europäische Spallationsquelle ESS gelegt wurde, war das auch in Jülich ein wichtiger Tag. Denn hier war der deutsche Anteil der Design-Update-Studie koordiniert worden. Vier der bereits akzeptierten Instrumentenvorschläge für die künftig stärkste Neutronenquelle der Welt stammen aus Deutschland, davon zwei vom Jülich Centre for Neutron Science (JCNS). Drei weitere Vorschläge des JCNS sind im Begutachtungsprozess. Darüber hinaus erhielten Jülicher Forscher gemeinsam mit Projektpartnern rund 4 Millionen Euro aus dem EU-Rahmenprogramm Horizon 2020 für das Projekt SoNDe: Innerhalb von vier Jahren soll gemeinsam mit dem Laboratoire Léon Brillouin in Frankreich, der ESS in Schweden, der schwedischen Universität Lund sowie dem norwegischen Unternehmen Integrated Detector Electronics ein Detektor entwickelt werden, der an der ESS Schnappschüsse von biologischen und chemischen Prozessen möglich macht.

#### Strukturbiochemie

## Parkinson-Impfung im Test

Im EU-Projekt SYMPATH wird die Sicherheit von zwei potenziellen Impfstoffen gegen Parkinson und eine weitere neurodegenerative Erkrankung in einer Phase-I-Studie geprüft. Die Impfstoffe sollen verklumpte Eiweiße im Gehirn beseitigen, die die Nervenzellen schädigen. Wissenschaftler des Jülicher Institute of Complex Systems entwickelten einen hochempfindlichen Test, der die Aggregate nachweist. Insgesamt sind acht Institutionen aus Österreich, Frankreich und Deutschland an der Studie beteiligt. Koordiniert wird das 2014 gestartete Projekt durch das österreichische Unternehmen AFFiRiS, die EU fördert SYMPATH mit rund 6 Millionen Euro.



#### Supercomputing

## Gehirn im Computer simulieren

Um im Human Brain Project (HBP) das menschliche Gehirn auf der Ebene einzelner Nervenzellen zu simulieren, wird gewaltige Rechenleistung und Speicherkapazität benötigt. Darüber hinaus sollen die Hirnsimulationen visualisiert werden und sich interaktiv steuern lassen. Experten des Jülich Supercomputing Centre (JSC) koordinieren dafür in dem europäischen Großprojekt mit über 100 Forschungseinrichtungen aus mehr als 20 Ländern den Aufbau einer sogenannten High Performance Computing (HPC) Plattform. Mehrere Hersteller konkurrieren bei der Entwicklung geeigneter Rechnertechnologien und werden 2016 Testsysteme am JSC installieren.

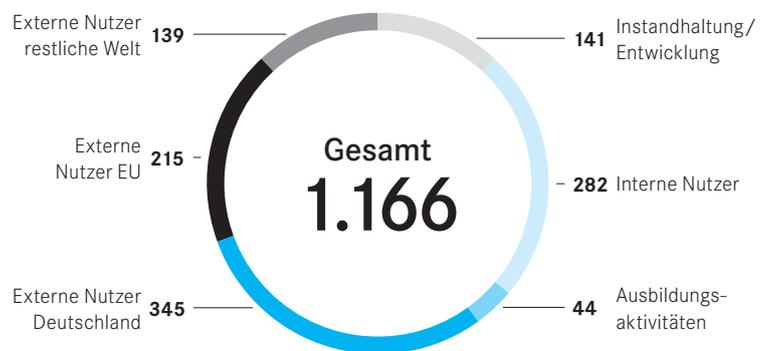
# Exzellente Plattformen

## Jülich Centre for Neutron Science (JCNS)

Das JCNS betreibt Instrumente der Neutronenforschung an den international führenden Neutronenquellen. So bündelt das JCNS die Konstruktions- und Betriebsaktivitäten der Jülicher Instrumente an der Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz (FRM II) in Garching bei München. Diese Instrumente stehen auch externen Wissenschaftlern zur Verfügung. Außerdem betreibt das JCNS Instrumente am Institut Laue-Langevin, Grenoble, Frankreich, an der Spallationsquelle in Oak Ridge, USA, sowie am CARR-Reaktor in der Nähe von Peking. 15 Messgeräte für die Neutronenforschung wurden innerhalb von acht Jahren an den vier führenden Neutronenquellen in Deutschland, Frankreich, den USA und China auf- oder umgebaut.

### Vergebene Strahlzeit

Tage, gerundet, 2014



### Nutzung der JCNS-Neutroneninstrumente durch externe Forscher

2014

Instrument	Anwendungen	Tage
<b>BIODIFF<sup>1)</sup></b>	Diffractionmeter for large unit cell	76
<b>DNS</b>	Flugzeitspektrometer mit diffuser Neutronenstreuung	47
<b>HEIDI<sup>2)</sup></b>	Heißes Einkristalldiffraktometer (Single Crystal Diffractometer on Hot Source)	60
<b>J-NSE</b>	Jülich Neutronen-Spin-Echo-Spektrometer	60
<b>KWS-1</b>	Kleinwinkelstreuanlage 1	57
<b>KWS-2</b>	Kleinwinkelstreuanlage 2	65
<b>KWS-3</b>	Kleinwinkelstreuanlage 3	45
<b>MARIA</b>	Magnetisches Reflektometer	52
<b>PANDA</b>	Kaltes Drei-Achsen-Spektrometer	70
<b>POLI<sup>2)</sup></b>	Polarized Hot Neutron Diffractometer	22
<b>SPHERES</b>	Rückstreuungsspektrometer mit hoher Energieauflösung	69
<b>ILL</b>	Institute Laue-Langevin, Grenoble	51
<b>SNS</b>	Spallationsneutronenquelle, Oak Ridge	29

1) in Kooperation mit der TU München, 2) betrieben von der RWTH Aachen

# Helmholtz Nanoelectronic Facility (HNF)

Die Helmholtz Nanoelectronic Facility am Forschungszentrum Jülich ist die zentrale Technologieplattform der Helmholtz-Gemeinschaft für Nanoelektronik. Aufgabe der HNF ist die Erforschung, Herstellung und Charakterisierung von Nano- und atomaren Strukturen für die Informationstechnologie. Das Nanoelektronik-Labor eröffnet Universitäten, Forschungsinstitutionen und der Industrie den freien Zugang zu Know-how und bietet Ressourcen für die Fabrikation von Strukturen, Geräten und Schaltungen – von der atomaren Skala bis zu komplexen Systemen. Schwerpunkt der Arbeit an der HNF ist die ressourcenschonende „Grüne Informationstechnologie“.

## HNF in Zahlen

Stichtag 31.12.2014

Erteilung der Betriebserlaubnis	<b>4. 4. 2014</b>
Nutzerzahlen intern extern	<b>220 32</b>
Nutzungstage	<b>220</b>
Wartungstage	<b>33</b>
Hook-up (Aufstellung und Anschluss der Maschinen)	<b>90 Tage</b>
Gesamte Nutzungszeit aller Geräte	<b>20.477 Stunden</b>
Externe Besucher	<b>1.680</b>

## Nutzungszeiten

2014

Geräte	Zeit [h/a]
Aufdampfanlagen	<b>452</b>
Dektak 150 Profilometer	<b>390</b>
Abzüge	<b>160</b>
Wafersäge	<b>479</b>
Mask Aligner (Kontaktbelichter)	<b>812</b>
Nanoimprint Lithography	<b>97</b>
Vistec Elektronenstrahlbelichter	<b>4.353</b>
Reactive-Ion-Etching-Anlagen	<b>1.499</b>
Rasterelektronenmikroskope	<b>3.280</b>
Focused Ion Beam	<b>1.224</b>
Oxidationsöfen	<b>242</b>
Wafer-cleaner SSEC	<b>144</b>
Charakterisierung	<b>717</b>
Nassbänke	<b>6.628</b>

# Ernst Ruska-Centrum (ER-C)

Mit dem ER-C betreiben das Forschungszentrum Jülich und die RWTH Aachen auf international höchstem Niveau eine Einrichtung für atomar auflösende Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen. Zugleich ist es das erste nationale Nutzerzentrum für höchstaflösende Elektromikroskopie.

Die nach dem Erfinder des Elektronenmikroskops benannte Gemeinschaftseinrichtung auf dem Jülicher Campus ermöglicht Wissenschaftlern einen einzigartigen Einblick in die Welt der Atome und entwickelt neue Methoden für die Materialforschung. Im Januar 2014 bestand das ER-C zehn Jahre.

Rund 50 Prozent der Messzeit an den fünf Mikroskopen der Titan-Klasse (CREWLEY, HOLO, PICO, STEM und TEM) des ER-C werden Universitäten, Forschungseinrichtungen und der Industrie zur Verfügung gestellt. Diese Zeit wird von einem Gutachtergremium vergeben, welches die Deutsche Forschungsgemeinschaft benennt.

## Vergebene Messzeit

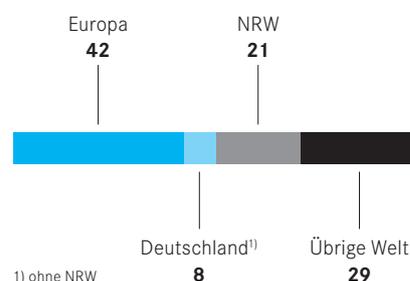
an elektronenmikroskopischen Instrumenten des ER-C<sup>1)</sup> in Tagen

<sup>1)</sup> davon fünf der Titan-Klasse

	2009	2010	2011	2012	2013	<b>2014</b>
Forschungszentrum Jülich	244	298	297	420	480	<b>455</b>
RWTH Aachen	164	138	161	138	156	<b>190</b>
Externe Nutzer	284	294	266	463	412	<b>471</b>
Service und Wartung	132	132	178	150	220	<b>373</b>
<b>Summe</b>	<b>824</b>	<b>862</b>	<b>902</b>	<b>1.171</b>	<b>1.268</b>	<b>1.489</b>

## Nutzer

nach Region, in Prozent, 2014



# Jülich Supercomputing Centre (JSC)

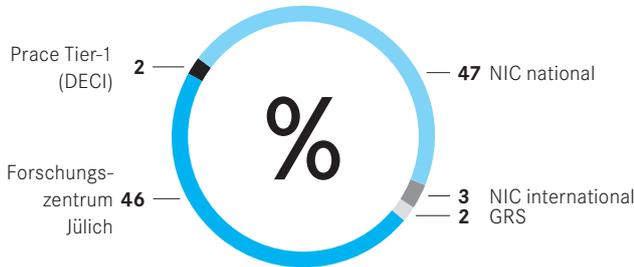
Das Jülich Supercomputing Centre stellt Wissenschaftlern und Ingenieuren am Forschungszentrum Jülich, an Universitäten und Forschungseinrichtungen in Deutschland und in Europa sowie der Industrie Rechenkapazität auf Supercomputern der höchsten Leistungsklasse zur Verfügung, um hochkomplexe Probleme mit Simulationsrechnungen lösen zu können. Die wissenschaftliche Begutachtung wird durch das John von Neumann-Institut für Computing durchgeführt.

Der Jülicher Supercomputer JUQUEEN belegte auf der TOP500-Liste, der halbjährlich aktualisierten Liste der schnellsten Rechner der Welt, im November 2014 als schnellster deutscher Rechner den achten Platz. Das Forschungszentrum Jülich betreibt JUQUEEN im Forschungsprogramm Supercomputing unter anderem für die Helmholtz-Gemeinschaft. Rund 70 Prozent des Rechners sind Teil des nationalen Verbundes Gauss Centre for Supercomputing (GCS); die Rechenzeit wird über

etablierte Peer-Review-Verfahren an nationale und europäische Projekte vergeben. Weitere 30 Prozent der Rechenzeit stehen Nutzern des Forschungszentrums Jülich und der Jülich Aachen Research Alliance (JARA) zur Verfügung.

## JUROPA – Relative Zahlen nach Nutzern

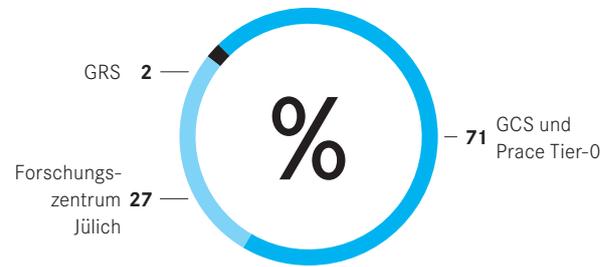
2014



Basis sind die GCS-Bewilligungszeiträume 11/2013–10/2014 und 5/2014–4/2015

## JUQUEEN – Relative Zahlen nach Nutzern

2014



Basis sind die GCS-Bewilligungszeiträume 11/2013–10/2014 und 5/2014–4/2015

## Überbuchungsfaktor

2014

Supercomputer	Faktor
JUQUEEN	2
JUROPA	3

## Nutzerstatistik

in Millionen Rechenkernstunden (Core-h), 2014

Supercomputer	Core-h
JUQUEEN	3.200
JUROPA	185

## JUQUEEN – Forschungsfelder laufender europäischer Projekte

PRACE Tier-0, 2014



Basis sind die PRACE-Bewilligungszeiträume 9/2013–8/2014 und 3/2014–2/2015. 2014 wurden im Rahmen des Supercomputerverbundes „Partnership for Advanced Computing in Europe“ (PRACE Tier-0) elf europäische Projekte auf JUQUEEN gerechnet. Die meiste Rechenzeit – 52 Prozent – entfiel dabei auf den Forschungsbereich „Fundamental Constituents of Matter“, gefolgt von „Condensed Matter Physics“ mit 23 Prozent.

JÜLICH AACHEN RESEARCH ALLIANCE

# JARA expandiert

Die seit 2007 bestehende enge Zusammenarbeit der RWTH Aachen und des Forschungszentrums Jülich in der Jülich Aachen Research Alliance, kurz JARA, hat 2014 weitere Früchte getragen: Es wurde eine neue Sektion gegründet und die Gründung von spezialisierten JARA-Instituten in Aachen und Jülich beschlossen.



Prof. Ernst Schmachtenberg, Rektor der RWTH Aachen (rechts), und Prof. Wolfgang Marquardt, Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums Jülich (links), unterzeichnen den Rahmenvertrag zur Gründung gemeinsamer Institute.

**M**it JARA-SOFT entstand eine neue Sektion, die sich der Erforschung weicher Materie widmet. Mit dieser Neugründung hat sich die Zahl der Sektionen von ursprünglich drei beim Start der Forschungsallianz auf nunmehr sechs erhöht. Mit JARA-SOFT verstetigt sich eine bereits im Vorfeld bestehende enge Kooperation zwischen dem Forschungszentrum und der RWTH, die ihre Kompetenzen auf diesem Feld wirkungsvoll ergänzen; einbezogen ist dabei auch das mit der RWTH Aachen assoziierte DWI – Leibniz-Institut für In-

teraktive Materialien. Ähnlich wie frühgeschichtliche Zeitalter von Stein, Bronze oder Eisen als vorherrschenden Materialien geprägt wurden, spielt in der Moderne weiche Materie – dazu zählen auch Kunststoffe – eine herausragende Rolle. In JARA-SOFT geht es darum, deren Eigenschaften zu verstehen und gezielt zu beeinflussen. Ziel der neuen Sektion ist es, Kompetenzen in diesem Forschungsfeld zu bündeln, die gemeinsame Arbeit langfristig anzulegen und dabei auch die internationale Sichtbarkeit dieser Forschung zu erhöhen.

Das Inkrafttreten des neuen NRW-Hochschulzukunftsgesetzes war die Voraussetzung dafür, dass am 1. Oktober 2014 ein Rahmenvertrag zur Gründung der JARA-Institute unterzeichnet werden konnte. Diese Institute werden sich auf bestimmte Themen innerhalb der JARA-Kooperation fokussieren und kollegial von drei bis fünf JARA-Professoren geleitet, die Teile ihrer Ressourcen aus Aachen und Jülich einbringen und zudem Mittel aus der Exzellenzinitiative erhalten. Zunächst werden jeweils zwei Institute in den Sektionen JARA-BRAIN und JARA-FIT gegründet:

## JARA in Zahlen

Budget	Mio. Euro
Gesamt	500
Investitionssumme	60
Mittel aus Exzellenzinitiative <sup>1)</sup>	13,6
1) Laufzeit 2012 – 2017	
Berufungen	seit 2006
Gemeinsame Berufungen <sup>2)</sup>	47
2) Stichtag 31.12.2014	
Veröffentlichungen	2014
Veröffentlichungen von JARA-Mitgliedern	1.917 <sup>3)</sup>
Gemeinsame Veröffentlichungen	919
3) Referierte Publikationen	

### Neue Projekte und Institute

Neue Forschungsinitiativen gibt es auch in den schon länger bestehenden JARA-Sektionen. So starteten in der Sektion JARA-ENERGY 2014 sechs sogenannte Seed-Fund-Projekte mit einem Fördervolumen von insgesamt etwa einer Million Euro. In diesen Projekten arbeiten Wissenschaftler beider Standorte gemeinsam an neuen Forschungsvorhaben, die langfristig die strategische Ausrichtung der Sektion mitbestimmen sollen. Bewilligt wurden unter anderem das Projekt „Power-2-Fuel“, das „Competence Center for Self-Reliant Power Generation from Volatile Renewable Energy Sources“ sowie ein Projekt zur „technikbasierten Energiesystemanalyse“. In der Sektion JARA-HPC werden seit 2014 fünf Seed-Fund-Projekte gefördert, für die Jülich und Aachen insgesamt 750.000 Euro bereitstellen.

- In **JARA-BRAIN** entstehen die Institute „Brain structure-function relationship: Decoding the human brain at systemic levels“, das neuronale Grundlagen von gesundem und pathologisch verändertem Verhalten untersucht, sowie das Institut „Molecular neuroscience and neuroimaging“.
- In der Sektion **JARA-FIT** wird das Institut „Green-IT“ gegründet, das neue Architekturkonzepte und Zuverlässigkeitsanalysen für nanoelektronische Schaltungen entwickelt, sowie das Institut „Quantum Information“, das an Konzepten für das Quantencomputing arbeitet. Unter der Federführung von Prof. Hendrik Bluhm und Prof. David DiVincenzo wurde 2014 der Sonderforschungsbereich „Skalierbarkeit der Quanteninformationsverarbeitung“ beantragt. Weitere JARA-Institute in anderen Sektionen sollen folgen.

# JARA im Überblick

JARA, die Kooperation der RWTH Aachen und des Forschungszentrums Jülich, blickte 2014 auf sieben Jahre erfolgreicher gemeinsamer Forschung zurück. Ende 2014 kam zu den etablierten Sektionen mit JARA-SOFT ein weiteres Forschungsfeld hinzu. Damit umfasst JARA die Sektionen:

1

Translational Brain Medicine

## JARA-BRAIN

JARA-BRAIN trug wesentlich zum Erfolg eines Antrags im BMBF-geförderten Forschungsnetz zu psychischen Erkrankungen bei. Koordiniert durch JARA-BRAIN-Direktor Prof. Frank Schneider erforschen JARA-Wissenschaftler im Verbund „APIC – Antipsychotika-induzierte strukturelle und funktionelle Gehirnveränderungen“ mit Kollegen der Universitäten Köln und Düsseldorf, wie sich Medikamente langfristig auf die Hirnstruktur auswirken.

2

Sustainable Energy Research

## JARA-ENERGY

JARA-ENERGY lud im Oktober 2014 Vertreter aus Politik, Forschung und Industrie zum JARA-FORUM „Zukunftsperspektiven – Die Transformation des Energiesystems“ nach Berlin ein. Der frühere Umweltminister Prof. Klaus Töpfer betonte, JARA leiste als „Hybrid“ aus universitärer und außeruniversitärer Forschung wichtige Beiträge zur Bewältigung der Energiewende.

3

Forces and Matter Experiments

## JARA-FAME

JARA-FAME erforscht im AMS Projekt die kosmische Strahlung mithilfe eines Teilchendetektors, der an der Internationalen Raumstation ISS installiert ist. Dabei geht es unter anderem darum, die Existenz dunkler Materie nachzuweisen. Im September 2014 stellte der Nobelpreisträger Prof. Samuel C. C. Ting die neuesten Ergebnisse der Vermessung hochenergetischer Elektronen und Positronen vor. Unter der Leitung von Prof. Stefan Schael sind daran Wissenschaftler der Sektionen JARA-FAME und JARA-HPC beteiligt.

4

Fundamentals of Future Information Technology

## JARA-FIT

JARA-FIT umfasst seit 2014 auch das neue Graduiertenkolleg „Quantenmechanische Vielteilchenmethoden in der kondensierten Materie“. Unter der Leitung von Prof. Volker Meden sollen in den nächsten viereinhalb Jahren über die Wechselwirkungen komplexer Systeme Erkenntnisse gewonnen werden, die Rückschlüsse auf Einsatzmöglichkeiten der Materialien in der Nanoelektronik zulassen.

5

High-Performance Computing

## JARA-HPC

JARA-HPC hat eine Visualisierung (Viz-NEST) entwickelt, mit deren Hilfe der Zusammenhang zwischen Hirnstruktur und -funktion in 3-D interaktiv visualisiert und erlebt werden kann. Basis hierfür sind Simulationsergebnisse aus Forschungsprojekten wie beispielsweise dem Human Brain Project der EU oder dem Helmholtz Portfoliothema „Supercomputing and Modeling for the Human Brain“.

6

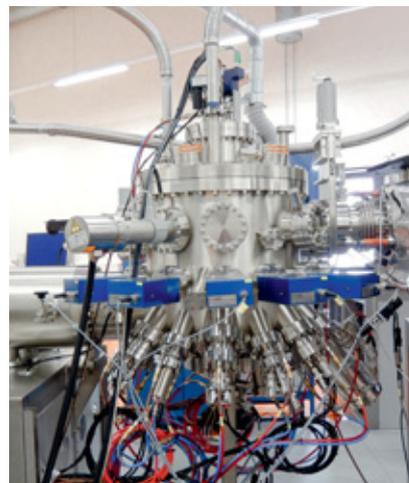
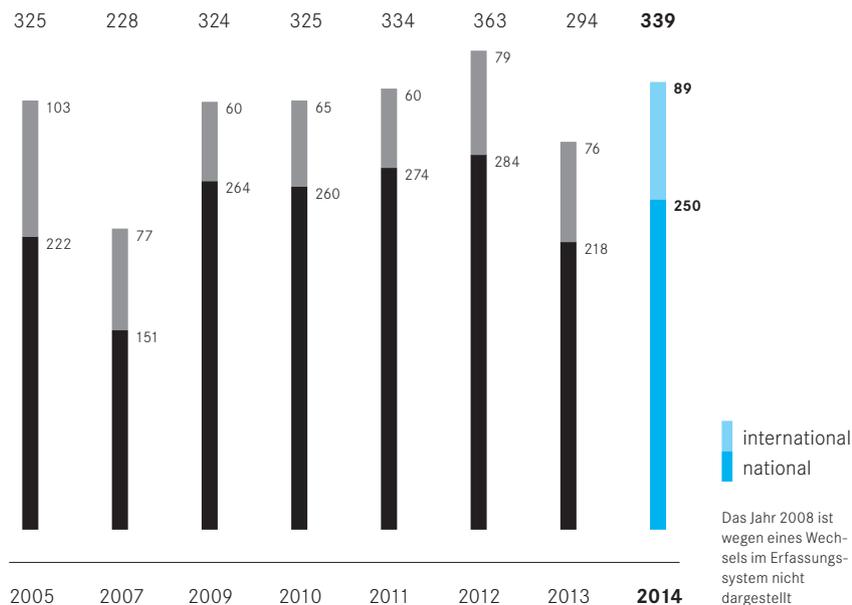
Soft Matter Science

## JARA-SOFT

JARA-SOFT ging im Dezember 2014 als jüngste der JARA-Sektionen an den Start. Das JARA-Portfolio wird damit um die Erforschung weicher Materie erweitert. Unter diesen Begriff fallen Polymere, kolloidale, amphiphile (fett- und wasserlösliche) Strukturen und Emulsionen, die beispielsweise in der Kunststoffindustrie und der Biotechnologie bedeutsam sind. Die JARA-Wissenschaftler erforschen deren Eigenschaften, um neue Einsatzmöglichkeiten zu entwickeln.

# Industriekooperationen

## Anzahl der Industriekooperationen



Das Molekularstrahlepitaxiesystem gehört zum Nanocluster, einer vom Peter Grünberg Institut und der RWTH Aachen gemeinschaftlich betriebenen Ultrahochvakuum-Anlage, die von Omicron® entwickelt und gebaut wurde.

## Wichtige Industriekooperationen

2014

Industriepartner	Projekt
MTU Aero Engines GmbH	Lebensdauermodellierung von Flugtriebwerksschaufeln
Ansaldo Energia	Nächste Generation von Wärmedämmschichten
DSM Advanced Surfaces	Bewertung der Auswirkungen von MAXRAY-Folie auf Photovoltaik-Technologien
Dataport	Fortführung und Weiterentwicklung der Nährstoffmodellierung
Omicron Nanotechnology	Kooperation zum HNF-Clustertool
Kawasaki Heavy Industries	Activity Plan of Hydrogen Recombination for the Application on Hydrogen Carrying Vessels
Siemens AG	Laufzeitanalyse von parallelen Anwendungen für industrielle Software-Entwicklung
Plansee	Oxidationsverhalten von chrombeschichteten Werkstoffen
Bayer CropScience AG	Mehrdimensionale gekoppelte Modellierung von Wurzelwachstum, Wasser- und Stoffaufnahme durch Wurzeln mit Wasserfluss und Stofftransport im Boden
Sulzer Metco	Untersuchung des Spitting-Phänomens beim PS-PVD
MAN Diesel & Turbo	Untersuchungen von Vorkammerlegierungen in Kraftwerksvorkammern
Grünenthal GmbH	Kombination von molekularer Modellierung und Experimenten zum Verständnis der Struktur-Aktivitäts-Beziehung von Opioid-Analgetika auf molekularer Ebene für die Entwicklung neuer Analgetika mit optimiertem pharmakologischem Profil
Piramal	Klinische Studien zur Prüfung des neuen Arzneimittels Neuraceq

# Forschung für die Praxis

Manche Ergebnisse der Jülicher Forschung finden auf sehr direkte Weise den Weg vom Labor in unseren Alltag. Zwei aktuelle Beispiele zeigen das.

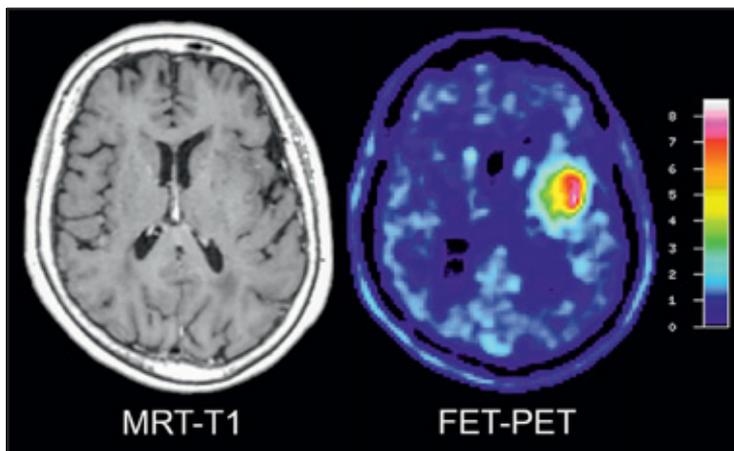
## Hirntumore besser diagnostizieren

Hirntumore können mithilfe der Positronenemissionstomografie (PET) und einer radioaktiv markierten Aminosäure, die in Jülich entwickelt wurde, besser von umgebendem Gewebe abgegrenzt werden als mit herkömmlichen Methoden. Das haben zahlreiche Studien gezeigt, die Jülicher Forscher in Kooperation mit benachbarten Universitätskliniken über viele Jahre hinweg durchgeführt haben. 2014 wurde diese Aminosäure namens <sup>18</sup>F-Fluorethyltyrosin (FET) in der Schweiz offiziell für den Klinikalltag zugelassen.

In Deutschland steht diese Zulassung noch aus. Die Jülicher Neurowissenschaftler sind jedoch an weiteren nationalen Multicenterstudien beteiligt, die helfen sollen, das FET-PET-Verfahren weiter zu

bewerten und eine Zulassung der Aminosäure zu erreichen. „Dann käme FET-PET auch hierzulande nicht mehr nur Patientengruppen in klinischen Studien zugute, sondern könnte im Alltag in jedem Krankenhaus in Deutschland eingesetzt werden“, sagt Prof. Karl-Josef Langen vom Jülicher Institut für Neurowissenschaften und Medizin. Er freut sich, dass die Schweiz nun als erstes Land mit der Zulassung praktische Konsequenzen aus den positiven Ergebnissen der bisherigen Forschung zieht, die bis ins Jahr 1994 zurückreicht, als ein Jülicher Doktorand das Radiopharmakon FET erstmals herstellte. Inzwischen wurden allein in Jülich rund 3.000 Patienten damit untersucht – bundesweit liegen für etwa 12.000 Patienten Daten vor.

Zwar gibt es für Patienten mit bösartigen Hirntumoren der Grade II, III und IV nur äußerst geringe Heilungschancen, doch kann ihre Lebenszeit mithilfe von neurochirurgischen Eingriffen, Chemo- und Strahlentherapie verlängert werden. „Es ist offensichtlich: Für eine schonende und zugleich möglichst effektive Operation oder Bestrahlung muss man den Hirntumor und spätere Tumorrezidive von unspezifischen Gewebeveränderungen sehr gut unterscheiden können“, so Nuklearmediziner Langen. Hier bietet FET-PET gegenüber der üblicherweise eingesetzten Magnetresonanztomografie (MRT) deutliche Vorteile: PET-Aufnahmen machen – anders als die anatomischen MRT-Aufnahmen – biochemische Prozesse sichtbar, die bei Tumoren gegenüber gesundem Gewebe deutlich verändert sind. Mit der FET-PET-Methode lassen sich Lage und Ausdehnung eines Tumors mit über 90-prozentiger Gewissheit erfassen.



Der Hirntumor ist mittels FET-PET (rot-gelbes Areal im Bild r.) besser zu erkennen und abzugrenzen als mittels MRT.

### Praktische Vorteile

FET wiederum hat gegenüber anderen Radiopharmaka vor allem zwei Pluspunkte: Mit einem Verfahren, das in Jülich optimiert wurde, lässt es sich in großen Mengen herstellen. Vor allem aber hat FET eine längere Halbwertszeit als andere markierte Aminosäuren. Daher übersteht es auch längere Transportzeiten, so dass von einem Herstellungsort aus Kliniken und Arztpraxen in weitem Umkreis beliefert werden können.

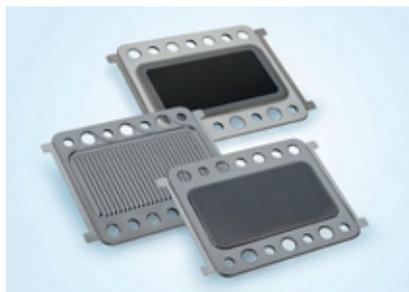
# Robustere Brennstoffzellen für Trucker

Brennstoffzellen, die Lastwagen mit Bordstrom versorgen können, sollen langlebiger und kostengünstiger werden – das ist das Ziel von Jülicher Wissenschaftlern, die mit der TU Wien und zwei österreichischen Unternehmen im Anfang 2015 eingeweihten Christian Doppler Labor am Forschungszentrum Jülich zusammenarbeiten.

## Energiefressende Ruhepausen

Fernfahrer nutzen ihren Lkw auch als Schlafkabine und Wohnraum. Dort machen sie es sich in den Ruhepausen, so gut es geht, gemütlich und wollen dabei nicht auf Klimatisierung und Kommunikationstechnik verzichten. Den Strom, den sie benötigen, liefert ein kleiner zusätzlicher Verbrennungsmotor. Jeder Trucker in den USA verbraucht auf diese Weise jährlich Diesel für 5.000 bis 9.000 US-Dollar. Der Wirkungsgrad bei dieser Art der Stromerzeugung liegt bei nur rund 10 Prozent.

Die beste Alternative wäre der Einbau eines neuartigen Brennstoffzellen-Generators. Er kann prinzipiell einen Wirkungsgrad von mehr als 35 Prozent erreichen, was den Dieserverbrauch um 75 Prozent senken würde. Der Automobilzulieferer AVL List testet seit 2002 unterschiedliche Arten von Brennstoffzellen für solche Generatoren. Das Grazer Unternehmen sieht eine metallgestützte Variante der



Kassette mit metallgestützter Hochtemperatur-Brennstoffzelle und Gasverteilerstruktur (Mitte)



Dr. Daniel Röhrens gehört zu den Forschern, die im Christian Doppler Labor an metallgestützten Brennstoffzellen arbeiten.

Hochtemperatur-Festoxid-Brennstoffzelle als besonders erfolgversprechend an: Sie kann grundsätzlich billiger hergestellt werden als ihr konventionelles vollkeramisches Pendant und ist weniger anfällig gegenüber Stößen und Vibrationen.

## Zusammenarbeit mit Unternehmen

Das österreichische Unternehmen Plansee SE entwickelt zusammen mit dem Forschungszentrum Jülich derartige Zellen, die ohne teure Platin-Katalysatoren auskommen. Um grundlegende Fragen bei dem neuen Zelltyp zu erforschen, initiierten die Partner die Einrichtung eines Christian Doppler Labors in Jülich, wobei sie die TU Wien in das Projekt einbanden. Die österreichische Christian Doppler Forschungsgesellschaft fördert mit den Laboren die Zusammenarbeit von hervorragenden anwendungsorientierten Grundlagenforschern mit Unternehmen. Die Finanzierung des Jülicher Labors übernimmt zur Hälfte das österreichische Wissenschafts-, Forschungs- und Wirtschaftsministerium und zur anderen Hälfte AVL List und Plansee.

Die Leistung der neuen metallgestützten Zellen fällt derzeit noch nach einigen Hundert Betriebsstunden deutlich ab – zu schnell für einen praktischen Einsatz für das Zuhause im Truck. „Ein wichtiger Grund ist, dass man die keramischen Funktionsschichten der metallgestützten Zellen anders herstellen muss als bei konventionellen Zellen, damit das Metallsubstrat nicht geschädigt wird“, sagt Dr. Martin Bram. Der Leiter des Jülicher Christian Doppler Labors weiter: „Großes Verbesserungspotenzial besteht derzeit noch bei der Mikrostruktur der Elektroden und bei der Schichthaftung an den Grenzflächen. Außerdem können im Langzeitbetrieb Atome an den Grenzflächen ausgetauscht werden, was die Eigenschaften der Zelle verändert.“ Die Forscher wollen diese Mechanismen im Detail verstehen und Maßnahmen gegen den vorzeitigen Leistungsabfall entwickeln. Dann könnten künftig mit dem neuartigen Generator die unerwünschten Begleiter des Laster-Standbetriebs – Lärm, Ruß und klimaschädliche Abgase – deutlich vermindert werden.

# Patente und Lizenzen

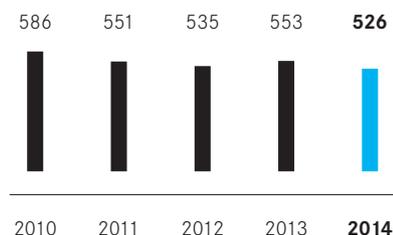
Die Jülicher Forschung beschäftigt sich mit grundlegenden Themen und bringt dabei Innovationen hervor, von denen Wirtschaft und Gesellschaft profitieren und die in Schutzrechte und Lizenzverträge münden. Schutzrechte umfassen dabei zum Patent angemeldete Erfindungen (Patentanmeldungen) sowie darauf erteilte Patente.

## Patentportfolio

Stichtag 31.12. 2014

### Patentfamilien

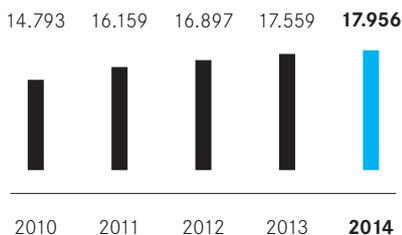
2010 – 2014



Das Patentportfolio wird durch die Anzahl der Patentfamilien und dem Gesamtbestand an Schutzrechten beschrieben. (Patentfamilie: ein oder mehrere Patente im In- oder Ausland, die sich auf eine patentierbare Technologie beziehen.)

### Schutzrechte

Gesamtbestand, 2010 – 2014



Im Gesamtbestand sind europäische Patentanmeldungen und internationale Anmeldungen nach dem Patent Cooperation Treaty enthalten, die jeweils ein Bündel von einzelnen Schutzrechten umfassen.

## Aktuelle Patentaktivitäten

### Neue Patentanmeldungen

2014



### Erteilte Patente

2014



## Lizenzen

### Anzahl der Lizenzen

Gesamtbestand 78			
davon Neuabschlüsse	Anteil KMU	Anteil Ausland gesamt	Anteil USA
5	61	21	8

Die Erlöse aus Lizenz- und Know-how-Verträgen betragen **783.000** Euro.



# Menschen

Seite 65 – 80

# Hohe Erwartungen, kluge Entscheidungen

Was wir wahrnehmen, hängt nicht nur davon ab, was in unserem Umfeld vorhanden ist, sondern auch von unseren Erwartungen. Doch was passiert im Gehirn, wenn wir mit bestimmten Ereignissen rechnen, mit anderen aber nicht? Und wie nimmt das Gehirn das Unerwartete auf? Damit beschäftigt sich die Psychologin und Neurowissenschaftlerin Dr. Simone Vossel.

**D**as Gehirn muss ständig entscheiden, was es von seiner Umgebung aufnimmt, also welche der vielen Dinge da draußen wirklich ins Bewusstsein vordringen. Und ich will wissen, wie das geschieht“, fasst die 35 Jahre junge Wissenschaftlerin ihr Arbeitsgebiet zusammen. Viele kluge Entscheidungen musste auch Simone Vossel selbst treffen, bevor sie im Frühjahr 2014 am Forschungszentrum Jülich die Leitung einer eigenen Arbeitsgruppe übernehmen konnte. Am Anfang stand die Wahl des Studienfachs Psychologie. „Ich hatte während der Schulzeit auch mal ein Physikstudium gedacht“, erzählt sie. Aber dann fand sie menschliches Verhalten doch noch interessanter. „Wobei ich schon von Anfang an auch ein starkes Interesse an der naturwissenschaftlichen Seite hatte. Gerade das Interdisziplinäre in der Hirnforschung – von Mathematik bis Medizin – finde ich ungeheuer spannend. Man weiß immer noch so wenig darüber, wie das Gehirn arbeitet. Nur in der Zusammenarbeit verschiedener Fächer kann man da weiterkommen.“ Besonders nützlich im Studium findet Simone Vossel im Rückblick die intensive Befassung mit statistischen Verfahren.

## Die ausgeblendete Seite

Nach dem Abschluss an der Universität Mainz entschied sie sich für eine Doktorandenstelle am Forschungszentrum Jülich. „Das schien mir zwar eine etwas abgelegene Gegend. Aber das Thema und die Forschungsumgebung waren einfach zu interessant.“ Schon in ihrer Doktorarbeit beschäftigte sich Simone Vossel mit dem Phänomen des „Neglects“. So nennen Neurologen und Neuropsychologen das Phäno-

men, dass manche Patienten nach einer Hirnschädigung, etwa nach einem Schlaganfall, eine Seite der Welt völlig ausblenden: Sie können, rein physiologisch betrachtet, zwar alles sehen, was beispielsweise vor ihnen auf dem Tisch liegt oder auf einem Bildschirm gezeigt wird. Aber eine Seite erscheint dem Gehirn so unwichtig, dass es sie einfach nicht ins Bewusstsein dringen lässt, und nur das Geschehen auf der anderen Seite zur Kenntnis nimmt. Bei einigen Betroffenen legt sich das Problem mit der Zeit von selbst wieder, bei anderen aber nicht. Simone Vossel untersuchte, ob diesen Patienten zu helfen ist, etwa mit Medikamenten oder mit geeigneten Hinweisen auf die vernachlässigte Hälfte der Welt. „Es ist nicht so, dass diese Menschen gar nicht lernen können, die ausgeblendete Seite wieder einzubeziehen. Aber die Reorientierung der Aufmerksamkeit gelingt oft nur sehr langsam“, erläutert Vossel.

Mit dem Dokortitel in der Tasche war eine weitere Entscheidung fällig. „Ich wollte neue Techniken lernen, spezielle bildgebende Verfahren, mit denen man den Informationsfluss im Gehirn verfolgen kann“, erläutert die Psychologin. Der beste Platz dafür war London, befand die frisch Promovierte und arbeitete folglich für zweieinhalb Jahre am Wellcome Trust Centre for Neuroimaging des University College London.





Dr. Simone Vossel leitet seit dem Frühjahr 2014 eine BMBF-Nachwuchsgruppe am Institut für Neurowissenschaften und Medizin.

1,9 

Millionen Euro Bundesmittel fließen über fünf Jahre in das Projekt.

gende Frage, um zu verstehen, welche neuronalen Abläufe solchen Lernvorgängen zugrunde liegen“, erklärt Vossel. „Zum anderen hoffen wir, dadurch auch Beeinträchtigungen der Aufmerksamkeit wie den ‚Neglect‘ nach Schlaganfall künftig besser therapieren zu können.“ Die Forschungsprojekte an Patienten werden durch die enge Zusammenarbeit mit der neurologischen Klinik der Universität zu Köln ermöglicht.

#### Leiten lernen

Doch nicht nur die Wissenschaft selbst birgt Herausforderungen. „Es ist schon etwas Neues, eine eigene Arbeitsgruppe zu führen, Doktoranden anzuleiten und das ganze Team immer wieder zu motivieren“, sagt Simone Vossel. „Auch das musste ich erst einmal lernen.“ Gut unterstützt fühlt sie sich hier durch die Fortbildungen, die das Forschungszentrum speziell für Nachwuchskräfte in Führungspositionen anbietet.

Wie es nach den fünf Jahren BMBF-Förderung weitergehen soll? Simone Vossels Erwartungshaltung ist eindeutig – sie will eine Führungsposition in der Wissenschaft. „Wenn man den hohen Frauenanteil unter den Studierenden im Fach Psychologie bedenkt, ist es schon auffällig, wie wenige Professorenstellen in diesem Fach von Wissenschaftlerinnen besetzt sind“, bemerkt sie. Aber bange machen gilt nicht – Simone Vossel hat das schwierige Ziel fest im Auge: „Klar, ich strebe eine Professur an. Mit der Leitung der BMBF-Nachwuchsgruppe sind die Chancen dafür sicher gestiegen.“

„Man muss flexibel sein im Privatleben“, räumt Simone Vossel ein. So hat sie bis vor kurzem eine Fernbeziehung geführt, ihr Partner lebte in London. „Doch inzwischen hat er eine Stelle in Köln gefunden“, freut sie sich. Das Ziel, Familie und Führungstätigkeit zu vereinbaren, hält sie für anspruchsvoll, aber machbar. Wer viel erreichen wolle, müsse eben hohe Erwartungen haben.

Dass es die ehrgeizige junge Wissenschaftlerin aus der britischen Metropole dann doch wieder in die „abgelegene Gegend“ zog, daran war eine Ausschreibung des Bundesforschungsministeriums (BMBF) schuld. Speziell Nachwuchswissenschaftlerinnen aus den Neurowissenschaften sollten Gelegenheit erhalten, eine eigene Arbeitsgruppe aufzubauen, damit sie sich an einer deutschen Forschungseinrichtung international profilieren können. Denn weibliche Führungskräfte sind in diesem Forschungsbereich bislang deutlich unterrepräsentiert. Genau das Richtige für mich, beschloss Simone Vossel und bewarb sich um die begehrte Förderung. „Ja, und dann habe ich die tatsächlich bekommen“, sagt sie lakonisch. Ihr Forschungsvorhaben wurde als eines von fünf Projekten aus etwa 90 Anträgen ausgewählt. Also ging es zurück in den Westen der Republik, wo Vossel die guten Voraussetzungen für die Hirnforschung in Jülich noch in bester Erinnerung hatte.

Seit dem 1. März 2014 leitet sie nun dort eine Arbeitsgruppe mit zwei Doktoranden und einem Postdoc. Vom BMBF mit rund 1,9 Millionen Euro für fünf Jahre gefördert, geht sie der Frage nach, wie das Gehirn seine Aufmerksamkeit auf bestimmte Dinge lenkt, und welche Prozesse im Gehirn die Erwartungshaltung beeinflussen. „Das ist zum einen eine ganz grundle-

# Den Nachwuchs fördern

Junge Menschen für die Forschung zu interessieren, sie in der Ausbildung und im Studium zu unterstützen und ihnen exzellente Bedingungen für den Berufseinstieg, für eine Karriere in der Wissenschaft sowie bei der frühen Übernahme von ersten Leitungsaufgaben zu bieten – das sind die Ziele des strategischen Nachwuchskonzepts *juelich\_horizons*.





94 Mädchen kamen 2014 zum Girls' Day ins Forschungszentrum, um Ausbildungsberufe und Studiengänge in IT, Handwerk, Naturwissenschaften und Technik kennenzulernen – auch solche, in denen Frauen bisher eher selten vertreten sind.

## 1 Juelich\_impulse

Dem Forscherdrang von Kindern und Jugendlichen Raum zu geben, früh Verständnis für Naturwissenschaften zu wecken, während der Schullaufbahn weiterzuentwickeln und Berufsorientierung zu bieten, dafür steht in Jülich ein ganzer Laborkomplex mit engagierten wissenschaftlichen und pädagogischen Fachkräften zur Verfügung – das Schülerlabor JuLab. 3.830 Schülerinnen und Schüler haben hier 2014 experimentiert. Dabei ist es gelungen, gerade die Mädchen anzusprechen: Die Mehrzahl derjenigen, die das Schülerlabor besuchten – 2.023 Teilnehmer – waren Schülerinnen. Das Themenspektrum reichte dabei vom kreativen Tüfteln für Grundschüler über Einblicke in die Hirnforschung bis zum ambitionierten Eigenbau eines Zyklotrons für Schul- und Lehrzwecke.

### Forschung „live“

Das JuLab will als außerschulischer Lernort selbstverständlich nicht den Schulunterricht ersetzen, ihn aber vielfältig ergänzen, mit einer Ausstattung, wie sie in Schulen oft nicht zur Verfügung steht. Auch können Schülerinnen und Schüler bei einer Exkursion ins Forschungszentrum

einen Ort kennenlernen, an dem Wissenschaft von internationalem Rang „live“ stattfindet. Zugleich unterstützt das JuLab den Schulunterricht mit Weiterbildungen für Lehrerinnen und Lehrer – 64 Lehrkräfte nutzten 2014 dieses Angebot. In einem Pilotprojekt mit einem Berufskolleg in Zülpich werden Erzieherinnen fit gemacht für Kinderfragen zu naturwissenschaftlichen Themen. Enge Kooperationen bestehen mit einigen Schulen der Region, so im Projekt „Schule entdeckt Forschung“, an dem im Schuljahr 2014/2015 im Kreis Düren 440 Schülerinnen und Schüler aus vier Schulen teilnahmen.

### Entdecker in den Ferien

Ein besonderes Angebot für Mitarbeiterkinder sind die Ferienaktivitäten. Eine Umfrage des Büros für Chancengleichheit (BfC) hatte ergeben, dass viele Eltern am Forschungszentrum sich insbesondere für ihre sechs- bis achtjährigen Kinder eine Betreuung während der Schulferien wünschen. Daher organisierten BfC und JuLab gemeinsam die „Entdeckerwochen für Energiedetektive“ für Kinder, die 2014 in die erste bis dritte Klasse kamen. Die Jungen und Mädchen, die einen der begehr-

ten Plätze bekamen, haben mit LötKolben „Leuchtkugeln“ gebastelt, Ausflüge unternommen und acht Apfelbäume gepflanzt, „damit die Sauerstoff machen können“. Oder auch „damit wir die Äpfel essen können“.



Ausgebaut wird das Angebot an betriebsnaher Kinderbetreuung, speziell auch für Kinder unter drei Jahren (U3).



## 2 juelich\_tracks

Mit seinen Ausbildungsangeboten sorgt das Forschungszentrum nicht nur dafür, den eigenen Bedarf an qualifizierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zu decken, sondern wirkt auch in der Region dem Fachkräftemangel entgegen. „Das gut funktionierende Zusammenspiel mit allen Partnern in der dualen Berufsausbildung macht es uns seit vielen Jahren möglich, eine qualitativ hochwertige und praxisorientierte Ausbildung zu gewährleisten“, freut sich Ausbildungsleiter Ulrich Ivens. Ein erheblicher Teil der Jülicher Auszubildenden absolviert zugleich ein Studium. Am 1. September 2014 legten 105 neue Auszubildende in 16 verschiedenen Berufsbildern den Grundstein für ihr Berufsleben, drei davon in Berufsbildern, die das Forschungszentrum neu anbietet: der „Technische Systemplaner“, die „Fachkraft für Abwassertechnik“ und die „Fachkraft für Wasserversorgungstechnik“. Aufgrund der Lage am Arbeitsmarkt war es erforderlich geworden, zusätzlich für diese Berufe auszubilden.

### Ausbildung ohne Grenzen

Auch international streckt das Forschungszentrum seine Fühler aus, um geeigneten Fachkräftenachwuchs zu gewinnen. 2014 begannen zwei junge Leute aus dem europäischen Ausland in Jülich eine Ausbildung. Ebenso wichtig ist die Vermittlung von interkulturellen Kompetenzen für die einheimischen Azubis: Das Forschungszentrum ist durch eine internationale Belegschaft gekennzeichnet, und dies spiegelt sich auch in der Berufsausbildung wider. Dazu gehört die 2014 begonnene Zusammenarbeit mit der Deutschen Schule in Thessaloniki, Griechenland, und mit Berufsschulen in der spanischen Region Sevilla.

### Projektteam Fernsehturm

Praxisnahe Ausbildung, die für eine anspruchsvolle berufliche Zukunft qualifiziert und dabei auch noch Spaß macht – wie dieser Anspruch realisiert werden kann, zeigte die Gruppe von Auszubildenden, die im Rahmen einer interdisziplinären Pro-



Azubis präsentieren ihre Projektarbeit: ein Modell des Düsseldorfer Fernsehturms.

Infos zur Berufsausbildung im Forschungszentrum gibt es unter:

[www.fz-juelich.de/gp/DE/Leistungen/Zentrale/Berufsausbildung/\\_node.html](http://www.fz-juelich.de/gp/DE/Leistungen/Zentrale/Berufsausbildung/_node.html)

[www.facebook.com/fzjuelich.ausbildung](https://www.facebook.com/fzjuelich.ausbildung)

jektarbeit den Düsseldorfer Fernsehturm im Maßstab 1:96 nachbauten. Das interdisziplinäre Projektteam bestand aus vier Industriemechanikern und vier Elektrotechnikern für Betriebstechnik. Auch Absolventen, die ihre Prüfung ein halbes Jahr vorgezogen hatten, waren mit dabei. Planung, Organisation und Koordination der Aufgaben zwischen den unterschiedlichen Schnittstellen stellte eine besondere Herausforderung für die Auszubildenden dar und förderte die Zusammenarbeit über verschiedene Fachdisziplinen hinweg. Das detailreiche und originalgetreue Ergebnis kann sich sehen lassen. Sogar die digitale Uhr, die den Fernsehturm auszeichnet, wurde nachgebaut.



72 junge Leute beendeten 2014 erfolgreich ihre Ausbildung im Forschungszentrum, davon 15 mit der Note „sehr gut“, 35 mit „gut“. 21 konnten ihre Ausbildung wegen hervorragender Leistungen vorzeitig abschließen. Sie alle gehören zu den fast 4.600 Fachkräften, die das Forschungszentrum im Laufe der vergangenen 52 Jahre mit guten Startchancen ins Berufsleben entlassen hat.

## Ausbildungsplätze

Neueinstellungen 2014

Berufe		davon mit Studium
Laborantenberufe	26	7
Elektroberufe	11	–
Metallbearbeitende Berufe	10	1
Technischer Produktdesigner <sup>1)</sup>	–	–
Kaufmännische Berufe	15	3
Mathematisch-Technischer Softwareentwickler	27	27
Sonstige	16	–
<b>Summe</b>	<b>105</b>	<b>38</b>

1) 2014 keine Neuanfänge

## Duale Studiengänge

ausbildungsintegriert, 2014

	Gesamtdauer in Jahren	Jahre bis zur IHK-Prüfung	Semester bis zum Bachelorabschluss	Zeitraum zw. IHK-Prüfung und Bachelorabschluss
Bachelor of Science in Scientific Programming + Mathematisch-Technischer Softwareentwickler/-in (MATSE), IHK	3	3	6	ca. 2 Monate
Bachelor of Science + Chemielaborant/-in, IHK	4	3	8	0,5–1 Jahr
Bachelor of Engineering in Physikingenieurwesen + Physiklaborant/-in, IHK	4,5	3,5	9	ca. 1 Jahr
Bachelor of Mechanical Engineering + Industriemechaniker/-in, IHK	4	2,5	6	ca. 1,5 Jahre
Bachelor of Electrical Engineering + Elektroniker/-in für Betriebstechnik, IHK	4	2,5	6	ca. 1,5 Jahre
Bachelor of Arts Business Administration + Kauffrau/-mann für Bürokommunikation, IHK	3,5 <sup>1)</sup>	3	7	ca. 6 Monate
Bachelor of Applied Sciences, nach IHK Abschluss Biologie-laborant/-in	2 <sup>2)</sup>	2 Jahre berufsbegleitend, beginnend erst nach der Berufsausbildung		
Bachelor of Applied Sciences, nach IHK Abschluss Chemie-laborant/-in	2 <sup>2)</sup>	2 Jahre berufsbegleitend, beginnend erst nach der Berufsausbildung		

1) ausbildungsbegleitend, 2) praxisintegriert



Bundesforschungsministerin Prof. Johanna Wanka (4. v. l.) und der Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft, Prof. Jürgen Mlynek (r.), überreichen die Preise auf der Helmholtz-Jahrestagung in Berlin.

### 3 Jülich\_chances

Das Forschungszentrum ist ein Sprungbrett für die Karriere von Studierenden und Doktoranden. Dass diese die Chancen nutzen, die sich ihnen hier bieten, zeigen die vielfältigen Erfolge, die junge Jülicher Forscher auch 2014 wieder erzielten – sei es bei der harten Konkurrenz um die besten Doktorarbeiten oder bei der unterhaltsamen öffentlichen Darstellung ihrer Forschung.

#### Wissenschaft auf der Bühne

Die Graduiertenschule HITEC als gemeinsames Projekt der RWTH Aachen, des Forschungszentrums Jülich und weiterer Universitäten bietet rund 160 Doktorandinnen und Doktoranden ein fundiertes Querschnittswissen über wissenschaftliche, technische und gesellschaftliche Dimensionen des Themas Energie. Doch sie vermittelt noch mehr: die Fähigkeit, wissenschaftliche Sachverhalte in innovativen Formaten unterhaltsam zu präsentieren. Beim ersten HITEC „Science Slam“ im März 2014 trug die Nachwuchswissen-

schaftlerin Yulia Arinicheva vom Institut für Energie- und Klimaforschung den Sieg davon. Unter den zehnmütigen Kurzvorträgen, in denen die „Slammer“ allgemeinverständlich und kurzweilig ihr Forschungsgebiet vorstellten, kam ihr Vortrag „Wie ich im Labor Steine koche“ über ihre Arbeit im Bereich nukleare Entsorgung beim Publikum im überfüllten Jülicher Kulturbahnhof am besten an.

#### Jülicher Doktoranden erfolgreich

Zwei Nachwuchswissenschaftlerinnen und ein Nachwuchswissenschaftler des Forschungszentrums wurden bei der Jahrestagung der Helmholtz-Gemeinschaft mit dem Helmholtz-Doktorandenpreis 2014 geehrt. Damit kam die Hälfte der sechs Preisträger aus Jülich; insgesamt waren 17 Kandidaten von Helmholtz-Zentren aufgrund ihrer Promotionsleistungen vorgeschlagen worden. Die Ausgezeichneten bekommen jeweils 5.000 Euro Preisgeld für ihre weitere Forschung sowie monat-

lich 2.000 Euro für einen maximal halbjährigen Forschungsaufenthalt im Ausland. Die Jülicher Preisträger:

- **Dr. Heidi Ursula Heinrichs** vom Institut für Energie- und Klimaforschung analysierte in ihrer Doktorarbeit die langfristigen Auswirkungen von Elektromobilität auf das deutsche Energiesystem im europäischen Energieverbund. Sie ist Preisträgerin im Forschungsbereich Energie.
- **Dr. Anja Klotzsche** vom Institut für Bio- und Geowissenschaften wurde im Forschungsbereich Erde und Umwelt ausgezeichnet. Sie stellte in ihrer Dissertation ein verbessertes Verfahren für die Charakterisierung von Grundwasserleitern im Boden vor – ein wichtiger Beitrag, um Wasser und Böden schonender und nachhaltiger nutzen zu können.
- **Dr. Torsten Sehl** vom Institut Bio- und Geowissenschaften ist Preisträger im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien.

en. In seiner Promotionsarbeit entwickelte er ein neuartiges Verfahren, um spezielle Aminoalkohole, die zum Beispiel für die Pharmazie wichtig sind, schneller, kostengünstiger und umweltfreundlicher herzustellen, als es bisher möglich war.

## Nachwuchsforscher ausgezeichnet

Während der Doktorandenfeier „JuDocs 2014 – Karriere made in Jülich“ wurde Armel Ulrich Kemloh Wagoum und Benjamin Stadtmüller der Exzellenzpreis des Forschungszentrums Jülich verliehen, der mit jeweils 5.000 Euro dotiert ist.

- **Dr. Armel Ulrich Kemloh Wagoum** arbeitete in seiner Dissertation am Jülich Supercomputing Centre daran, wie menschliches Navigationsverhalten in Fußgängerströmen im Computer simuliert werden kann. Auch beschäftigte er sich mit aufwendigen empirischen Verhaltensstudien.
- **Dr. Benjamin Stadtmüller** (ehemals Peter Grünberg Institut) untersuchte in seiner grundlagenorientierten Doktorarbeit physikalische Prozesse und Materialien, die in organischen elektronischen Bauelementen vorkommen. Solche Elemente werden zum Beispiel in der Photovoltaik oder in Leuchtdioden bereits eingesetzt.

Dass der Exzellenzpreis durch sein hoch kompetitives Auswahlverfahren exzellente Nachwuchswissenschaftler auszeichnet, bestätigt sich, wenn frühere Preisträger in ihrer weiteren Karriere wichtige Auszeichnungen erhalten. So wurde der Exzellenzpreisträger 2011, Dr. John Kettler, der an der RWTH Aachen arbeitet, Anfang 2015 in das Junge Kolleg der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften und der Künste berufen. Die Aufnahme in das Junge Kolleg gehört zu den bedeutendsten Auszeichnungen für junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Nordrhein-Westfalen.



Prof. Harald Bolt (rechts) begrüßt die Siegerin beim HITEC Science Slam, Yulia Arinicheva (2. v. r.).



Das siebenköpfige Team „JuBräu“ aus Studierenden und Doktoranden der Jülicher Biotechnologie trug beim fünften internationalen Brauwettbewerb der Technischen Universität Hamburg mit seiner Bierkreation „Mojito“ den Sieg davon.

## Ferienschulen, Labor- und Kompaktkurse

Auswahl, 2014

Titel	Teilnehmer		Intern. Teilnehmer	
	gesamt	davon weiblich	gesamt	davon weiblich
<b>45<sup>th</sup> IFF Spring School</b>	281	65	147	34
<b>JCNS Laboratory Course Neutron Scattering 2014</b>	55	29	18	14
<b>Hadron Physics Summer School 2014</b>	44	13	10	–
<b>JSC-Gaststudentenprogramm</b>	11	2	6	2
<b>CECAM-Tutorial: Atomistic Monte Carlo Simulations of Bio-molecular Systems</b>	27	6	21	6
<b>Joint European Summer School on Fuel Cell, Electrolyser, and Battery Technologies JESS 2014</b>	47	12	40	12
<b>Atmospheric Chemistry and Dynamics Summer School</b>	36	17	21	14

# Doktorandenqualifizierung mit Partneruniversitäten

2014

federführende Einrichtung	Graduiertenschule/-kolleg	Partnerorganisationen	weitere Informationen
<b>Aachen</b>	BioNoCo – Biokatalyse	RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf	<a href="http://www.bionoco.rwth-aachen.de">www.bionoco.rwth-aachen.de</a>
<b>Aachen</b>	Selectivity in Chemo- and Biocatalysis (SeleCa)	RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich, Osaka University, Japan	<a href="http://www.seleca.rwth-aachen.de">www.seleca.rwth-aachen.de</a>
<b>Aachen</b>	Biointerface – Detektion und Steuerung grenzflächeninduzierter biomolekularer und zellulärer Funktionen (ausgelaufen in 2014)	RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich, Universität Liège, Universität Maastricht, DFG	<a href="http://www.biointerface.rwth-aachen.de">www.biointerface.rwth-aachen.de</a>
<b>Aachen</b>	Internationales Graduiertenkolleg Gehirn und Verhalten, Neurobiologische Grundlagen von Emotionen bei Schizophrenie und Autismus	RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich, University of Pennsylvania (USA), DFG	<a href="http://www.irtg1328.rwth-aachen.de">www.irtg1328.rwth-aachen.de</a>
<b>Aachen</b>	AICES Aachen Institute for Advanced Study in Computational Engineering Science	RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich	<a href="http://www.rwth-aachen.de/go/id/xve">www.rwth-aachen.de/go/id/xve</a>
<b>Aachen</b>	Resistiv schaltende Chalkogenide für zukünftige Elektronikanwendungen: Strukturen, Kinetik und Bauelementskalierung „Nanoswitches“	RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich (JARA)	<a href="http://www.sfb917.rwth-aachen.de">www.sfb917.rwth-aachen.de</a>
<b>Aachen</b>	Funktionelle Mikrogele und Mikrogelsysteme	RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich (JARA)	<a href="http://www.jara.org/de/research/jara-soft/nachrichten/details/2015/funktionelle-mikrogele-und-mikrogelsysteme/">www.jara.org/de/research/jara-soft/nachrichten/details/2015/funktionelle-mikrogele-und-mikrogelsysteme/</a>
<b>Bonn</b>	Graduiertenkolleg Bionik – Interaktion über Grenzflächen zur Außenwelt	Universität Bonn, RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich, DFG	<a href="http://www.bionik.uni-bonn.de/bionik-graduate">www.bionik.uni-bonn.de/bionik-graduate</a>
<b>Düsseldorf</b>	Interdisziplinäre Graduiertenschule für Hirnforschung und translationale Neurowissenschaften (iBrain)	Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Forschungszentrum Jülich, Leibniz-Institut für umweltmedizinische Forschung Düsseldorf	<a href="http://www.ibrain-duesseldorf.de">www.ibrain-duesseldorf.de</a>
<b>Düsseldorf</b>	Kommunikation und Systemrelevanz bei Leberschädigung und Regeneration	Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, MPI für molekulare Physiologie, Forschungszentrum Jülich	<a href="http://www.klinikum-duesseldorf.de/index.php?id=93900&amp;no_cache=1">www.klinikum-duesseldorf.de/index.php?id=93900&amp;no_cache=1</a>
<b>Düsseldorf</b>	International Graduate School for Plant Science (iGrad-Plant)	Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Michigan State University, East Lansing (USA), Forschungszentrum Jülich, DFG	<a href="http://www.igrad-plant.hhu.de">www.igrad-plant.hhu.de</a>
<b>Düsseldorf und Jülich</b>	Heinrich Heine International Graduate School of Protein Science and Technology (iGRASPseed)	Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Forschungszentrum Jülich	<a href="http://igrasp.lwdb.de/welcome">igrasp.lwdb.de/welcome</a>
<b>Jülich</b>	Helmholtz Interdisciplinary Doctoral Training in Energy and Climate Research (HITEC)	Forschungszentrum Jülich, RWTH Aachen, Ruhr-Universität Bochum, Universität zu Köln, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Bergische Universität Wuppertal	<a href="http://www.hitec-graduate-school.de">www.hitec-graduate-school.de</a>
<b>Jülich</b>	International Helmholtz Research School of Biophysics and Soft Matter	Forschungszentrum Jülich, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Universität zu Köln, caesar Bonn	<a href="http://www.ihrs-biosoft.de">www.ihrs-biosoft.de</a>
<b>Jülich und Aachen (JARA)</b>	German Research School for Simulation Sciences	Forschungszentrum Jülich, RWTH Aachen, Helmholtz-Gemeinschaft, MIWFT, BMBF	<a href="http://www.grs-sim.de">www.grs-sim.de</a>
<b>Jülich und Aachen (JARA)</b>	Quantenmechanische Vielteilchenmethoden in der kondensierten Materie	RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich (JARA)	<a href="http://www.jara.org/de/research/jara-fit/nachrichten/details/2014/graduiertenkolleg-quantenmechanische-vielteilchenmethoden">www.jara.org/de/research/jara-fit/nachrichten/details/2014/graduiertenkolleg-quantenmechanische-vielteilchenmethoden</a>
<b>Aachen, Bonn, Jülich, Köln</b>	Geoverbund ABC/J Promotionsprogramm: Centre for High-Performance Scientific Computing in Terrestrial Systems (HPSC TerrSys)	Forschungszentrum Jülich, RWTH Aachen, Universität zu Köln, Universität Bonn	<a href="http://icg4geo.icg.kfa-juelich.de/willkommen">icg4geo.icg.kfa-juelich.de/willkommen</a>
<b>Bonn</b>	Patterns in Soil-Vegetation-Atmosphere-Systems: Monitoring, Modelling and Data Assimilation (TR 32) (IRTG, Graduate School)	RWTH Aachen, Universität Bonn, Universität zu Köln, Forschungszentrum Jülich, DFG	<a href="http://tr32new.uni-koeln.de/index.php/irtg/graduate-school">tr32new.uni-koeln.de/index.php/irtg/graduate-school</a>
<b>Köln</b>	Zelluläre und subzelluläre Analyse neuronaler Netze	Universität zu Köln, Forschungszentrum Jülich, MPI für Stoffwechselforschung	<a href="http://rtg-nca.uni-koeln.de">rtg-nca.uni-koeln.de</a>
<b>Köln und Bonn</b>	Bonn-Cologne Graduate School of Physics and Astronomy	Universität Bonn, Universität zu Köln, Forschungszentrum Jülich, DFG	<a href="http://www.gradschool.physics.uni-bonn.de">www.gradschool.physics.uni-bonn.de</a>

## 4 juelich\_heads

Einen Karriere-Kickstart bietet das internationale Postdoktorandenprogramm der Helmholtz-Gemeinschaft. Gefördert werden junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die in den vergangenen zwölf Monaten eine herausragende Promotion abgeschlossen haben. Erfolgreiche Bewerberinnen und Bewerber erhalten – verteilt auf drei Jahre – Fördermittel in Höhe von jeweils 300.000 Euro. In der Endrunde konnten 19 junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler überzeugen, darunter alle vier Bewerbungen aus dem Forschungszentrum Jülich:

- **Dr. Anja Klotzsche** vom Institut für Bio- und Geowissenschaften, die 2014 auch mit dem Helmholtz-Doktorandenpreis ausgezeichnet wurde, will mit ihrer Arbeit präzise darstellen, welchen Einfluss Torfmoor- und Permafrost-Böden auf die Emission des Treibhausgases Kohlendioxid haben.
- Die polnische Physikerin **Dr. Ewa Mlynczak** erforscht am Peter Grünberg Institut den Zusammenhang zwischen der fundamentalen elektronischen Struktur und der elektrischen Leitfähigkeit von neuartigen magnetischen Dünnschichtsystemen. Ihre Arbeit ist von großem Interesse für die Entwicklung energieeffizienter Speichermedien der Zukunft in Nanometer-Dimensionen.
- Der Spanier **Dr. Julen Ibanez-Azpiroz**, ebenfalls vom Peter Grünberg Institut, arbeitet an der Verbesserung eines Modells aus der physikalischen Theorie. Das Ziel seines Projektes ist es, dieses Modell um den Einfluss der Fluktuationen von Elektronenspins auf magnetische Materialeigenschaften zu erweitern.
- **Dr. Derya Baran** forscht im Bereich der organischen Photovoltaik – also an Solarzellen aus Kunststoffen, die preisgünstig hergestellt und wie eine Folie aufgebracht werden können. Die junge Wissenschaftlerin mit türkischen Wurzeln arbeitet an verbesserten Verfahren der Qualitätskontrolle.



Gefördert mit EU Starting Grants: Dr. Jan Marienhagen (links) entwickelt Biosensoren, um biotechnologisch interessante Moleküle in Bakterien aufzuspüren. Dr. Pitter Huesgen (rechts) untersucht einen Stoffwechselprozess in gestressten Pflanzen.

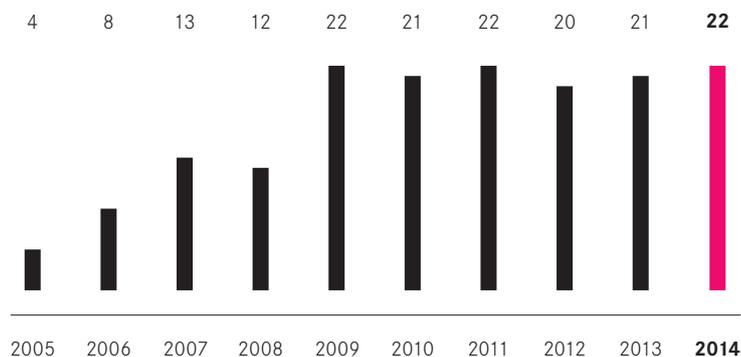
Mit dem Förderprogramm will die Helmholtz-Gemeinschaft Nachwuchskräfte dabei unterstützen, sich in ihrem Forschungsgebiet zu etablieren und ihre wissenschaftliche Kompetenz effektiv auszubauen.

### EU Starting Grants für Jülich

Gleich zwei junge Jülicher Wissenschaftler konnten 2014 international begehrte „Starting Grants“ des Europäischen Forschungsrats (European Research Council, ERC) einwerben. Damit erhalten sie für fünf Jahre Fördermittel von insgesamt rund 3,3 Millionen Euro aus dem Programm Horizon 2020 der Europäischen Union.

## Nachwuchsgruppen in Jülich

Die Zahlen umfassen Helmholtz-Nachwuchsgruppen, jülicher Nachwuchsgruppen sowie aus Drittmitteln geförderte Nachwuchsgruppen, 2005 – 2014



### Neue Nachwuchsgruppen

Im Jahr 2014 nahmen sechs Nachwuchsgruppen am Forschungszentrum Jülich ihre Arbeit auf. Die neuen Nachwuchsgruppenleiterinnen und -leiter, die hier ihr eigenes Team aufbauen können, sind Dietrich Kohlheyer (Institut für Bio- und Geowissenschaften), Simone Vossel (Institut für Neurowissenschaften und Medizin), Carolin Schmitz-Antoniak (Peter Grünberg Institut), Dirk Witthaut (Institut für Energie- und Klimaforschung), Moritz Helias (Institut für Neurowissenschaften und Medizin) und Alexander Graf (Institut für Bio- und Geowissenschaften).

# Personal

Wer die Besten gewinnen will, muss etwas zu bieten haben. Eine exzellente Forschungsinfrastruktur und die Chance, eigene Ideen umzusetzen, das sind große Anreize für qualifizierte Nachwuchs- und Spitzenkräfte, nach Jülich zu kommen. Doch zu einem hervorragenden Arbeitsumfeld gehört noch mehr, etwa: ein gutes Arbeitsklima, die Vereinbarkeit von Familie und Beruf, Chancengleichheit und flexible Arbeitszeiten. Das Forschungszentrum Jülich hat dafür 2014 wieder wichtige Schritte getan. Das zeigt auch die erstmalige Platzierung in der Arbeitgeberliste FOCUS-Spezial „Die besten Arbeitgeber 2015“.

Beispielhafte Aktivitäten:

- Um die Chancen von Frauen in der Wissenschaft zu verbessern, wurden Selbstverpflichtungsquoten im Aufsichtsrat des Forschungszentrums vorgelegt. Zuvor hatte der Vorstand festgelegt, dass jede dritte neu zu vergebende Stelle bis Ende 2017 mit einer Frau besetzt werden soll. In der höchsten Besoldungsstufe W3/C4 muss die Quote zum Stichtag 31.12.2017 um knapp 7 Prozentpunkte auf 11 Prozent steigen.
- Förderprogramme der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) unterstützen die Gewinnung von Spitzenkräften: Werden Frauen erstmals auf W2- oder W3-Positionen berufen, stellt die HGF für fünf Jahre 150.000 (W2) bis 200.000 (W3) Euro zur Verfügung. Eine Rekrutierungsinitiative der HGF fördert außerdem gemeinsame Berufungen mit Hochschulen mit bis zu 600.000 Euro jährlich.
- Damit neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sich von Anfang an gut aufgenommen fühlen, wurde der „Onboarding-Prozess“ verbessert. Der Leitfaden für Führungskräfte und Paten neuer Kolleginnen und Kollegen wurde überarbeitet und ein Online-Welcome-Guide



Mit einer fundierten Ausbildung sorgt das Forschungszentrum für den eigenen fachlichen Nachwuchs und legt einen guten Grundstein für die berufliche Zukunft seiner Azubis.

entwickelt. Damit es nicht bei guten Absichten bleibt, gibt es seit Ende 2014 wiederkehrende Befragungen neuer Beschäftigter.

- Der Fachbereich Personalentwicklung bietet ein vielfältiges Qualifizierungsprogramm für Doktorandinnen und Doktoranden ebenso wie für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Führungspositionen. Fortgesetzt wurden Mentoringprogramme für Frauen, die mit der RWTH-Aachen als „Tandem Plus“ sowie unter dem Dach der Helmholtz-Gemeinschaft unter dem Titel „In Führung gehen“ durchgeführt werden.
- Das Pilotprojekt „Mobiles Arbeiten“, das am 1. März 2014 startete, wurde begleitend evaluiert. In den ersten zehn Monaten machten 439 Beschäftigte von der Möglichkeit Gebrauch, an bis zu zehn Tagen im Jahr von zu Hause aus zu arbeiten.

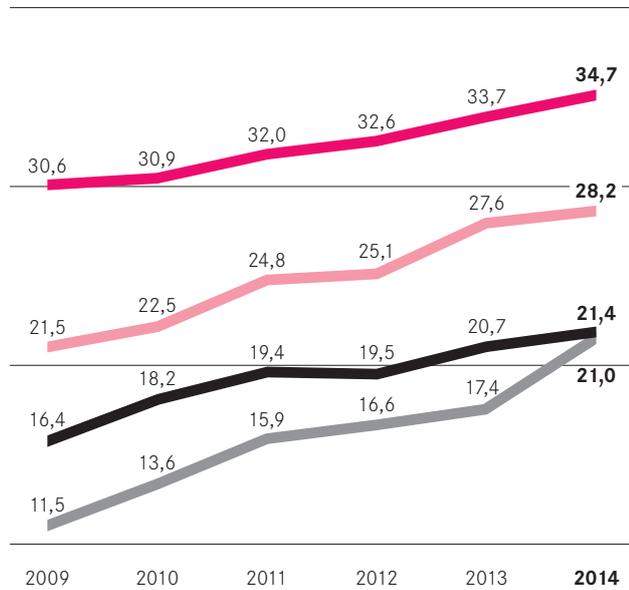
Die Aktivitäten im Personalmarketing sorgen dafür, dass all das auch nach außen

sichtbar wird. So war Jülich 2014 auf 25 Recruitingmessen und Veranstaltungen vertreten. Ausgeweitet wurden insbesondere die Aktivitäten, um Wissenschaftlerinnen und weibliche Führungskräfte zu gewinnen, etwa mit der Teilnahme am Messe-Kongress women&work in Bonn, der Physikerrinnentagung in Heidelberg, der Women Power in Hannover und der Ladies Night in Aachen. Außerdem wurden Besuchergruppenführungen mit anschließenden Workshops zu Karrieremöglichkeiten und Arbeitsbedingungen am Forschungszentrum Jülich für Studentinnen der Mathematik, Informatik, Natur- und Technikwissenschaften (MINT) aus Hochschulen des Landes Nordrhein-Westfalen durchgeführt.

Verstärkt wurde auch das internationale Personalmarketing, beispielsweise mit der Teilnahme einer Recruiting-Veranstaltung am MIT in Boston. In den berufsbezogenen Social-Media-Kanälen ist das Forschungszentrum verstärkt präsent; das Karriere-Portal [http://www.fz-juelich.de/portal/DE/Karriere/\\_node.html](http://www.fz-juelich.de/portal/DE/Karriere/_node.html) wurde 2014 optimiert.

## Frauenanteil an den Beschäftigten des Forschungszentrums

in Prozent, 2009 – 2014



- Anteil an Personal gesamt
- Anteil an den Entgeltgruppen E12 bis E15Ü sowie AT, B-, C- und W-Vergütungen (höherer Dienst)
- Anteil bei wissenschaftlichem Personal
- Anteil an Führungspersonal gesamt

## Frauenanteil Nachwuchs

in Prozent, 2009 – 2014

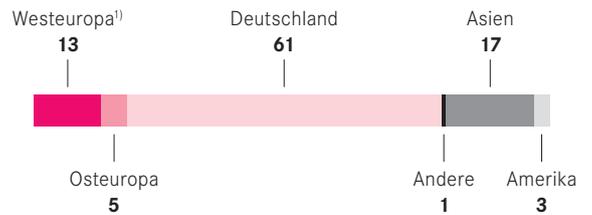


- Anteil an Nachwuchs gesamt
- Anteil an Auszubildenden
- Anteil an Nachwuchswissenschaftlern

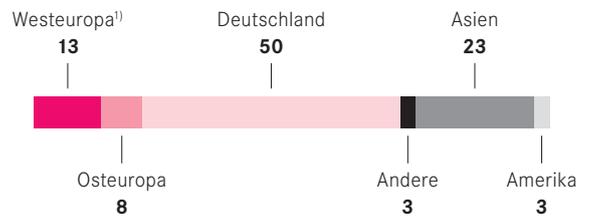
## Gastwissenschaftler

in Prozent, 2013 – 2014

2013: insgesamt 995 aus 39 Ländern



2014: insgesamt 907 aus 65 Ländern



1) ohne Deutschland

## Personalübersicht

Stichtag: 31.12.2014

Bereich	Anzahl <sup>1)</sup>
Wissenschaftler und Technisches Personal	3.753
davon Wissenschaftler inkl. wissenschaftlicher Ausbildung	2.074
• davon Doktoranden	540
• davon Forschungsstipendiaten	24
• davon Diplomanden	152
• davon gem. Berufungen mit Hochschulen/Universitäten <sup>2)</sup>	111
• davon W3-Berufungen	51
• davon W2-Berufungen	49
• davon W1-Berufungen	11
davon Technisches Personal	1.679
Projekträgerchaften	937
Administration	717
Auszubildende und Praktikanten	361
<b>Gesamt</b>	<b>5.768</b>

1) gezählt werden nur Mitarbeiter mit Arbeitsvertrag und Vergütung,  
2) ohne Mitglieder der Vorstands

# Preise und Auszeichnungen

2014

Name	Auszeichnung
<b>Prof. Katrin Amunts</b> Institut für Neurowissenschaften und Medizin	Von „MIT Technology Review“ gewählt als „Key Player“ in den „10 New Breakthrough Technologies 2014“
<b>Prof. Steven Beale</b> Institut für Energie- und Klimaforschung	„Dedicated Service Award“ der American Society of Mechanical Engineers
<b>Dr. Stephan Binder, Dr. Georg Schaumann, Peter Kallien, Dr. Thomas Schwarz</b> Institut für Bio- und Geowissenschaften	PEP Awards in der Kategorie „Gründungsprojekte in der Frühphase“
<b>Dr. Stephan Binder und Dr. Georg Schaumann</b> Institut für Bio- und Geowissenschaften	„TR 35“, Auszeichnung von „Innovatoren unter 35“ der „Technology Review“
<b>Dr. Anna Dovern</b> Institut für Neurowissenschaften und Medizin	Dissertationspreis 2012 der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln
<b>Prof. Dirk Feldmeyer</b> Institut für Neurowissenschaften und Medizin	Ernennung zum Mitglied des Wellcome Trust Peer Review College
<b>Prof. Janina Fels</b> Institut für Neurowissenschaften und Medizin	Aufnahme in das Junge Kolleg der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften und der Künste
<b>Jennifer Groß</b> Institut für Energie- und Klimaforschung <b>Maya Kletzin, Marina Weingartz</b> beide Jülich Supercomputing Centre	Ehrenplakette der FH Aachen
<b>Alexander Grünberger</b> Institut für Bio- und Geowissenschaften	Klaus Goertler Award und BioSC Competence Award für seine Promotionsarbeit
<b>Dr. Johann Haidenbauer</b> Institute for Advanced Simulation <b>Dr. Rolf Stassen</b> Institut für Kernphysik	Encouraging Prize des russischen Joint Institute for Nuclear Research
<b>Dr. Heidi Ursula Heinrichs</b> Institut für Energie- und Klimaforschung	Helmholtz-Doktorandenpreis 2014
<b>Prof Hans Herzog</b> Institut für Neurowissenschaften und Medizin	Nuklearmedizin-Preis 2014 des Schattauer Verlags
<b>Dr. Anja Klotzsche</b> Institut für Bio- und Geowissenschaften	Helmholtz-Doktorandenpreis 2014 und Geoverbundforschungspreis (3. Platz)
<b>Dr. Andreas Küberl</b> Institut für Bio- und Geowissenschaften	Josef Deutscher Award für „Excellence in Content and Presentation“ bei der „1st International Conference on Post-Translational Modifications in Bacteria“, Sept. 2014, Göttingen
<b>Dr. Wolfgang Kurtz</b> Institut für Bio- und Geowissenschaften	Geoverbundforschungspreis (2. Platz)
<b>Dr. Ute Linz</b> Institute of Complex Systems	Berufung in das Scientific Advisory Board der International Particle Accelerator Conference
<b>Gia Vinh Luong</b> Peter Grünberg Institut	„Best Paper Award“ bei der internationalen Konferenz „Ultimate Integration on Silicon“ (ULIS)
<b>Prof. Rudolf Maier</b> Institut für Kernphysik	Ehrendoktorwürde des russischen Joint Institute for Nuclear Research
<b>Prof. Wolfgang Marquardt</b> Vorstandsvorsitzender	Ernennung zum Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina
<b>Prof. Ulf-G. Meißner</b> Institut für Kernphysik	„President's International Fellowship for distinguished scientists“ der Chinese Academy of Sciences (CAS)
<b>Dr. Thomas Mühleisen</b> Institut für Neurowissenschaften und Medizin	Elliot Gershon Paper of the Year Award

Name	Auszeichnung
<b>Dr. Sascha Nehr</b> Institut für Energie- und Klimaforschung	Dissertationspreis 2013 der Gesellschaft der Freunde der Bergischen Universität Wuppertal
<b>PD Dr. Irene Neuner</b> Institut für Neurowissenschaften und Medizin	Preis zur Erforschung von psychischen Erkrankungen 2014 in der Kategorie Klinische Praxis der Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie und Psychotherapie, Psychosomatik und Nervenheilkunde (DGPPN)
<b>Dr. Marisol Ripoll</b> Institute of Complex Systems	Ernennung zur deutschen Repräsentantin im Verwaltungsausschuss der COST-Aktion „Flowing Matter“
<b>Prof. Sebastian M. Schmidt</b> Mitglied des Vorstands	Ehrendoktorwürde der Georgian Technical University, Ehrenprofessur der Jiaotong-Universität Xi'an
<b>Jun.-Prof. Gunnar Schröder</b> und <b>Dennis Della Corte</b> Institute of Complex Systems	2. Platz im internationalen CASP-Wettbewerb für computerbasierte Strukturbioogie
<b>Prof. Otto W. B. Schult</b> Institut für Kernphysik	Ehrendoktorwürde der Georgian Technical University
<b>Dr. Torsten Sehl</b> Institut für Bio- und Geowissenschaften	Helmholtz-Doktorandenpreis 2014 und BioSC Competence Award
<b>Prof. Lorenz Singheiser</b> Institut für Energie- und Klimaforschung	Heyn-Gedenkmünze der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde
<b>Dr. Benjamin Stadtmüller</b> ehem. Peter Grünberg Institut <b>Dr. Armel Ulrich Kemloh Wagoum</b> Jülich Supercomputing Centre	Exzellenzpreis des Forschungszentrums Jülich
<b>Prof. Detlef Stolten</b> Institut für Energie- und Klimaforschung	„Sir William Grove Award“ der International Association of Hydrogen Energy, Aufnahme in das Editorial Board des „Journal of Energy Storage“
<b>Prof. Detlev Stöver</b> ehem. Institut für Energie- und Klimaforschung	Skaupy-Preis 2014 des Gesamtausschusses Pulvermetallurgie
<b>Prof. Hans Ströher</b> Institut für Kernphysik	Ehrendoktorwürde der Georgian Technical University
<b>Prof. Jan van der Kruk</b> Institut für Bio- und Geowissenschaften	Harold Mooney Award der Near Surface Geophysics Section (NSGS) of the Society of Exploration Geophysicists
<b>Prof. Harry Vereeken</b> Institut für Bio- und Geowissenschaften	American Geophysical Union Fellow 2015
<b>Prof. Christian Wandrey</b> Institut für Bio- und Geowissenschaften	PEP Award in der Kategorie „Professoren als Gründungspromotoren“ und Biocat Award 2014
<b>Prof. Rainer Waser</b> Peter Grünberg Institut	Tsongming-Tu-Preis des National Science Council von Taiwan
<b>Anna Westhoff</b> Jülich Supercomputing Centre	Nachwuchspreis 2014 der PARS-GI/ITG-Fachgruppe beim 11. Workshop on Parallel Algorithms and Systems and Algorithms in Lübeck
<b>Prof. Martin Winter</b> Helmholtz-Institut Münster	IBA Award für Technologie der International Battery Association, Aufnahme in die Liste „Highly Cited Researchers 2014“ von Thomson Reuters (Anbieter der Datenbank „Web of Science“)
<b>Prof. Gerd Wolf</b> ehemals Institut für Kernphysik, gemeinsam mit <b>Prof. Chevalier Paul Vandenplas</b> , <b>Prof. Marnix van der Wiel</b>	Minerva-Preis des Fördervereins Museum Jülich
<b>Prof. Karl Zilles</b> Institut für Neurowissenschaften und Medizin	Wahl zum Präsidenten der Organization for Human Brain Mapping, OHBM Glass Brain Award

# Berufungen und Rufe

## Gemeinsame Berufungen mit Hochschulen

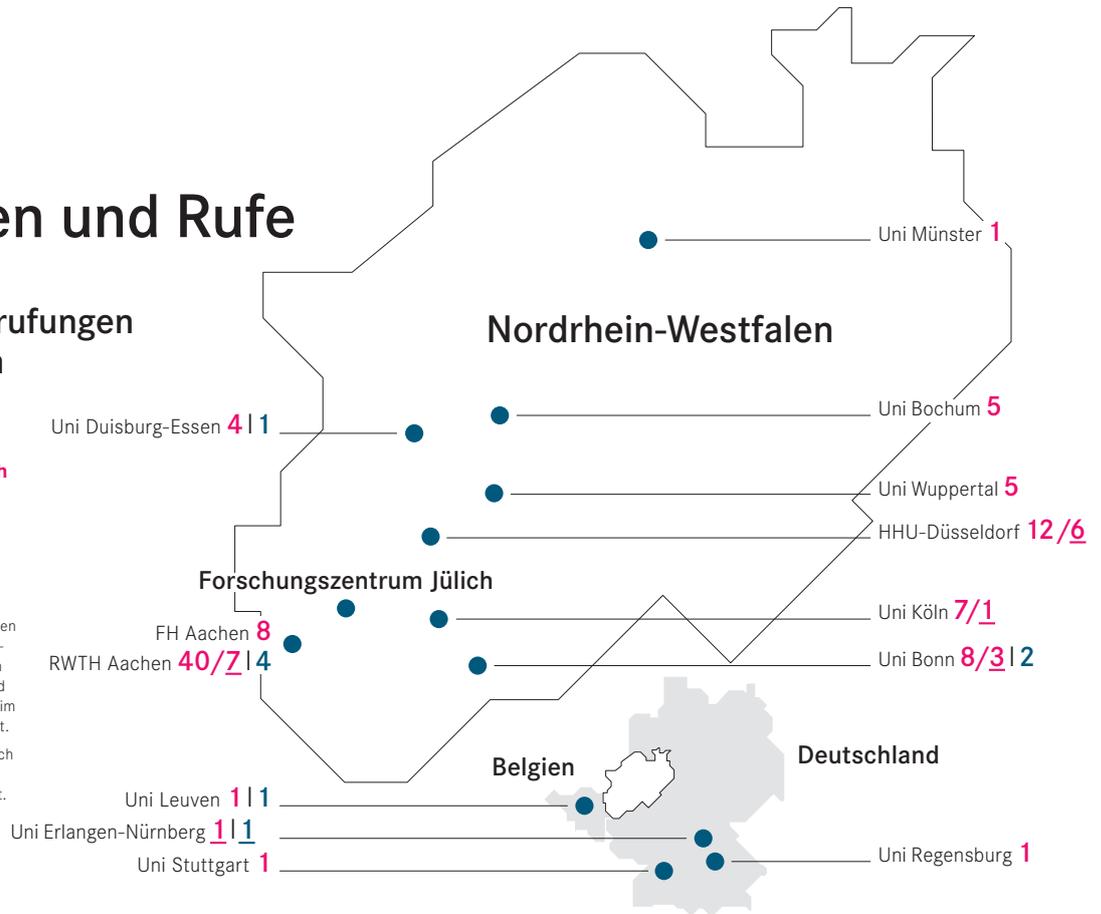
Stichtag: 31.12.2014

### Berufungen insgesamt nach Jülicher Modell<sup>1)</sup>/invers<sup>2)</sup>

### Neuberufungen 2014 nach Jülicher Modell<sup>1)</sup>/invers<sup>2)</sup>

1) Jülicher Modell: Wissenschaftler/innen werden in einem gemeinsamen Berufungsverfahren auf eine Professur an einer Partnerhochschule berufen und von der Hochschule für die Tätigkeit im Forschungszentrum Jülich freigestellt.

2) Inverses Jülicher Modell: Hauptsächlich an der Hochschule tätige Professor/innen arbeiten in Jülich im Nebenamt.



## Rufe

- **Prof. Christoph Buchal** vom Peter Grünberg Institut erhielt eine Wilhelm- und-Else-Heraeus-Seniorprofessur.
- **Prof. Dr. Simon Eickhoff** vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin wurde als Gastprofessor an die Chinesische Akademie der Wissenschaften berufen.
- **Dr. Klaus Günther** vom Institut für Bio- und Geowissenschaften wurde an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn zum außerplanmäßigen Professor für das Fach Lebensmittelchemie ernannt.
- **Prof. Sonja Grün** vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin erhielt einen Ruf als Gastprofessorin an die Osaka University, Japan.
- **PD Dr. Stefan Heim** wurde zum außerplanmäßigen Professor an der RWTH Aachen ernannt.
- **PD Dr. Bert Heinrichs** hat in einem gemeinsamen W2-Berufungsverfahren der Universität Bonn mit dem Forschungszentrum Jülich auf dem Gebiet „Ethik und Angewandte Ethik“ einen W2-Ruf erhalten.
- **Dr. Michael Faley** vom Peter Grünberg Institut hat einen Ruf auf eine außerplanmäßige Professur am Institut für Theorie der statistischen Physik an der RWTH Aachen angenommen.
- **Dr. Dietrich Kohlheyer** vom Institut für Bio- und Geowissenschaften wurde als Juniorprofessor an die RWTH Aachen berufen.
- **PD Dr. Silke Lux** vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin übernahm eine außerplanmäßige Professur an der Universität Bielefeld.
- **Dr. Michael Ohi** von der Außenstelle des Jülich Centre for Neutron Science in Oak Ridge wurde zum „Adjunct Professor“ an der Universität von Tennessee ernannt.
- **Dr. Dörte Rother** vom Institut für Bio- und Geowissenschaften wurde als Juniorprofessorin an die RWTH Aachen berufen.
- **Dr. Dr. Giulia Rossetti** vom Institute for Advanced Simulation wurde als Juniorprofessorin an die RWTH Aachen berufen.
- **Prof. Dr. Andrea Schnepf** vom Institut für Bio- und Geowissenschaften wurde zur W2-Professorin an der Universität Bonn ernannt.
- **Prof. Kalman Szabo** vom Jülich Supercomputing Centre wurde zum Professor an der Bergischen Universität Wuppertal ernannt.
- **Dr. Vicky Temperton** vom Institut für Bio- und Geowissenschaften hat einen Ruf an die Leuphana Universität Lüneburg erhalten.



# Campus

Seite 81–96

# Nachhaltig forschen

Lösungen erforschen und entwickeln, die auch künftigen Generationen ein gutes Leben ermöglichen – das wird in Jülich großgeschrieben. Die Wissenschaftler beschäftigen sich aber auch damit, wie sie selbst beim Forschen nachhaltig handeln und Ressourcen schonen können.

**W**as heißt eigentlich Nachhaltigkeit konkret? Ein Beispiel dafür liefern die 120 Mitarbeiter des Bereichs Pflanzenwissenschaften. Wenn sie sich treffen, geht es normalerweise um die Forschung – etwa um die Frage, wie man Zuckerrüben oder Gerste so züchten kann, dass sich daraus effizient Medikamente oder Waschmittel herstellen lassen. Doch 2014 haben sie sich in ihren Seminaren auch mit der Frage beschäftigt: Wie viel Strom, Fernwärme, Trink- und Kühlwasser braucht unsere Forschung? Initiator Prof. Ulrich Schurr sagt: „Ich wollte meinen Kollegen zeigen, wie ihr Verhalten den Verbrauch von Wasser und Energie beeinflusst.“ Ihn bewegt das Thema, seit er 2001 als Leiter des Bereichs Pflanzenwissenschaften nach Jülich kam. Doch erst 2011, als das Forschungszentrum rund 900 fernauslesbare Zähler in sämtliche Gebäude eingebaut hat, kann er auch tatsächlich auf Verbrauchsdaten für seinen Bereich zurückgreifen. Vorher wurden die Daten nur für das ganze Zentrum zusammen erhoben.



Das Forschungszentrum Jülich hat 2014 als erstes Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft einen Nachhaltigkeitsbericht vorgelegt.

## Sparvorschläge entwickelt

Für die Pflanzenwissenschaftler sind die Zahlen eigentlich erfreulich: 2014 lag der Energieverbrauch ihres Hauptgebäudes rund 70 Prozent niedriger als gut zehn Jahre vorher. Damals wurde vor der energetischen Sanierung vorübergehend der Energieverbrauch des Gebäudes gesondert gemessen. Trotzdem verbrauchen die 120 Pflanzenforscher in ihren vier Gebäuden insgesamt pro Jahr immer noch 20-mal mehr Trinkwasser und gar 470-mal mehr Strom als ein durchschnittlicher Vierpersonenhaushalt. Darauf im Seminar aufmerksam gemacht, entwickelten die Forscher 15 Sparvorschläge, die danach von Experten geprüft und zum Teil umgesetzt wurden.



Die fernauslesbaren Zähler haben Eingang in den Nachhaltigkeitsbericht „Vernetzen, Forschen, Weiterdenken“ gefunden, den das Forschungszentrum Jülich am 1. Juli 2014 präsentierte. Zuvor gab es in Deutschland nur zwei außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, die schon einmal einen Nachhaltigkeitsbericht in Anlehnung an Prüfrichtlinien verfasst hatten. „Mit diesem Bericht, der nach den offiziellen Richtlinien der Global Reporting Initiative zertifiziert ist, haben wir den Grundstein dafür gelegt, dass die Aktivitäten im Bereich Nachhaltigkeit regelmäßig verglichen und überprüft werden können“, sagt Dr. Peter Burauel, Leiter der Stabsstelle Zukunftscampus.

Er ist überzeugt, dass ohne die Einbeziehung und Wertschätzung der Beschäftigten eine nachhaltige Entwicklung nicht möglich ist. So ähnlich, wie es



Peter Burauel, Leiter der Stabsstelle Zukunftscampus, macht mobil für das Thema Nachhaltigkeit.

in Schurrs Wissenschaftlergruppe im Kleinen geklappt hat, als etliche Vorschläge zum Energiesparen kamen, soll es auch im Großen bei sämtlichen Fragen rund um Forschen, Arbeiten und Leben im Forschungszentrum funktionieren. Entsprechend haben Burauel und seine Mitarbeiterin Dr. Ellen Kammula im Intranet des Forschungszentrums eine Diskussionsplattform namens Zukunftscampus-Arena eingerichtet. Dort können sich die Beschäftigten beispielsweise zur Energieeffizienz oder zum städtebaulichen Masterplan 2050 äußern. Mit ihm will Jülich die Voraussetzungen für „erfolgreiche Forschung und hohe Lebensqualität“ schaffen, wie es im Nachhaltigkeitsbericht heißt: Der Plan sieht unter anderem vor, die Institute in einer grün bepflanzten Zone im Zentrum des Campus zu konzentrieren, während Anlagen zur Energie- und Trinkwasserver-

# 70

Prozent Energie haben die Jülicher Pflanzenforscher in ihrem Hauptgebäude 2014 gegenüber 2004 eingespart.

sorgung im Wald untergebracht werden. In der Campus-Mitte soll ein autofreier Boulevard entstehen. Zum wichtigsten Verkehrsmittel würde das Fahrrad.

### Bewegung ist wichtig

„Bewegungs- und Gesundheitsangebote sollen als wichtiger Bestandteil im städtebaulichen Masterplan berücksichtigt werden – zur Verbesserung der Widerstandskraft der Menschen, die hier arbeiten“, sagt Burauel. Darin bestärken ihn auch die Vorträge und Diskussionen des eintägigen Workshops „Brain, Food, Move“, der von der Stabsstelle Zukunftscampus organisiert wurde. Hier diskutierten 150 Teilnehmer darüber, wie die Gehirntätigkeit mit Ernährung und Bewegung sowie Fettleibigkeit zusammenhängt. Bei einer weiteren Veranstaltung der Stabsstelle innerhalb der Jülicher Kolloquien drehte sich alles um die Elektromobilität. Letztlich trug dies auch dazu bei, dass es seit Dezember 2014 in der Flotte der Jülicher Fahrbereitschaft drei Elektrofahrzeuge gibt.



Dozenten und Organisatoren während des Workshops „Brain, Food, Move“

# Außenstellen

Das Forschungszentrum Jülich stellt Forschern einzigartige Großgeräte bereit – auf dem Jülicher Campus wie an anderen Standorten im In- und Ausland. Hinzu kommen Institute, die mit Hochschulen betrieben werden, und die gemeinsame Nachwuchsförderung.

Im Einzelnen ist das Forschungszentrum Jülich an folgenden Außenstellen vertreten:

- in **Aachen** über die **German Research School for Simulation Sciences (GRS)** und die **Jülich Aachen Research Alliance JARA** (zu JARA siehe S. 59). Die GRS GmbH ist eine eigenständige Tochter des Forschungszentrums Jülich. Als gemeinsame Einrichtung des Forschungszentrums Jülich und der RWTH Aachen, die jeweils gleich große Gesellschaftsanteile halten, bietet die GRS Programme für Masterstudierende und Doktoranden in den Computer- und Ingenieurwissenschaften an;
- am **Forschungsreaktor in Garching bei München** durch das **Jülich Centre for Neutron Science (JCNS)**<sup>1)</sup>, das dort gemeinsam mit der Technischen Universität München und dem Helmholtz-Zentrum Geesthacht das Heinz Maier-Leibnitz Zentrum betreibt;
- an der Spallations-Neutronenquelle SNS am **Oak Ridge National Laboratory (ORNL), USA**, wo das JCNS das einzige nichtamerikanische Messinstrument betreibt;
- am **Höchstflussreaktor des Instituts Laue-Langevin (ILL) in Grenoble, Frankreich**. Das Forschungszentrum Jülich ist – mit einem Gesellschaftsanteil von 33 Prozent – zusammen mit dem Commissariat à l’Energie Atomique (CEA, Frankreich), dem Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS, Frankreich) und dem Science and Technology Facilities Council (STFC, UK) Gesellschafter des ILL. Dadurch gewährleistet es eine Partizipation der gesamten deutschen Neutronengemeinschaft am Betrieb des ILL.
- Jülich koordiniert den deutschen Beitrag zur Design-Update-Studie der geplanten **European Spallation Source (ESS)**, die im **schwedischen Lund** entsteht. Ziel ist es, an der ESS eine deutsche Außenstelle einzurichten.
- Die Aktivitäten des **Peter Grünberg Instituts** im Bereich der Synchrotron-Strahlung in **Dortmund, Berlin, Triest (Italien) und Argonne (USA)** werden durch das Jülich Synchrotron Radiation Laboratory (JSRL) koordiniert.
- Der **Projektträger Jülich** – als weitgehend selbstständige Organisation in der Forschungszentrum Jülich GmbH – hat Standorte in **Jülich, Berlin, Rostock und Bonn** (siehe S. 85).
- In **Düsseldorf** betreibt der Geschäftsbereich Technologie-Transfer die Geschäftsstelle des **Biotechnologie Clusters BIO.NRW**, der vom Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen (MIWF) getragen wird. BIO.NRW aktiviert Kooperationen zwischen Forschung, Unternehmen, Investoren und Politik auf Landesebene, national und international.
- Die Aktivitäten des Forschungszentrums Jülich in **Indien** werden durch ein Büro in **Neu-Delhi** koordiniert (siehe S. 53).
- Als Mitglied der **Helmholtz-Gemeinschaft (HGF)** ist das Forschungszentrum Jülich auch über deren Büros weltweit vernetzt. Die HGF unterhält internationale Büros in **Brüssel, Moskau und Peking**.
- Das **Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg (HI ERN)** ist eine Außenstelle des Forschungszentrums Jülich und wird in enger Kooperation mit der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) und dem Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) betrieben. Es widmet sich der Erforschung erneuerbarer Energien.
- Das **Helmholtz-Institut „Ionics in Energy Storage“** wurde im Juni 2014 als Außenstelle des Forschungszentrums in **Münster** gegründet (siehe S. 87). Dieses Institut bündelt die Kompetenzen des Forschungszentrums Jülich, der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen und der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster in der Batterieforschung.

<sup>1)</sup> Das JCNS ist ein Institut des Forschungszentrums Jülich. Es betreibt Neutronenstreuinstrumente an den national und international führenden Neutronenquellen FRM II, ILL und SNS unter dem Dach einer gemeinsamen Strategie.

## Die Projektträger

Nicht nur in der Wissenschaft selbst, auch im Bereich Forschungsmanagement ist das Forschungszentrum Jülich tätig – der Projektträger Jülich (PtJ) und der Projektträger Energie, Technologie, Nachhaltigkeit (ETN) setzen wichtige Forschungs- und Innovationsförderprogramme für die öffentliche Hand um.

2014 fiel der Startschuss für die neue Förderperiode des Programms „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung“, das aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) finanziert wird. Mit den Mitteln aus dem EFRE unterstützt die EU in Nordrhein-Westfalen Projekte zur Stärkung von Forschung, technologischer Entwicklung und Innovation und zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von kleinen und mittleren Unternehmen. Auch sollen Bestrebungen, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verringern

sowie Maßnahmen zur nachhaltigen Stadtentwicklung gefördert werden. Das Land NRW hat hierfür ein Programm entwickelt (Operationelles Programm NRW 2014 – 2020 für den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung „Investition in Wachstum und Beschäftigung“, OP EFRE NRW). Die beiden Projektträger auf dem Jülicher Campus, ETN und PtJ, wurden gemeinsam als „LeitmarktAgentur.NRW“

von der Landesregierung mit der Umsetzung von Wettbewerben beauftragt, in denen sich Interessenten um Mittel aus den einzelnen Förderschwerpunkten des Programms bewerben können – den sogenannten Leitmarkt Wettbewerben. Zielgruppen sind vor allem Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Zu den Aufgaben der Leitmarkt-Agentur, die in Jülich angesiedelt ist, gehören die Konzeption und Durchführung der Wettbewerbe, die Beratung der Antragsteller, die Bewilligung der Anträge, die Begleitung der geförderten Projekte und schließlich die Mittelauszahlung an die Geförderten. Damit bietet die LeitmarktAgentur.NRW der Landesregierung und den Förderinteressenten ein komplettes Servicepaket aus einer Hand an. Bis Ende März 2015 konnten bereits fünf der acht Wettbewerbe beginnen.

Für drei dieser acht Leitmarkt Wettbewerbe liegt die Federführung bei ETN (Energie & Umweltwirtschaft, Gesundheit, Mobilität & Logistik). Die verbleibenden fünf werden von PtJ betreut.



Sie begingen gemeinsam das 40-jährige Jubiläum des Projektträgers Jülich: Dr. Christian Stienen, Leiter des Projektträgers Jülich, Thomas Rachel MdB, Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung, Heinrich Stommel, Bürgermeister der Stadt Jülich, und Karsten Beneke, Stellvertretender Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums Jülich (v. l. n. r.).

## Die acht Leitmärkte

Thema	Start des Leitmarkt Wettbewerbs
Medien & Kreativwirtschaft	21.10.2014
Energie- & Umweltwirtschaft	17.11.2014
Neue Werkstoffe	20.01.2015
Gesundheit	20.02.2015
Maschinen- & Anlagenbau/Produktionstechnik	16.03.2015
Mobilität & Logistik	13.04.2015
Life Science	Mai 2015
Informations- & Kommunikationswirtschaft	Juni 2015

## Projekträger Energie, Technologie, Nachhaltigkeit (ETN)

Neben dem Aufbau der neuen Förderstrukturen für die LeitmarktAgentur.NRW erweiterte ETN seine Basis durch die Akquirierung weiterer Aufgaben und neuer Themen. So konnte vom Umweltministerium NRW der Großauftrag eingeworben werden, die Förderwettbewerbe zum Klimaschutz – einem der Schwerpunkte im Rahmen des EFRE 2014 - 2020 – durchzuführen. Die Breite der Tätigkeiten wurde mit Übernahme der Themen „Förderung des bürgerschaftlichen Engagements“ und der Förderaktionen zum Themenkomplex „Tierschutz“ strategisch ausgebaut.

Daten Projekträger ETN	2014
Betreute Vorhaben	über 800
neu bewilligte Vorhaben	100
Gesamtbudget	≈ 420 Mio. Euro
davon Fördersumme	≈ 325 Mio. Euro
Mitarbeiter/-innen <sup>1)</sup>	75
Neueinstellungen	5

1) Anzahl inklusive eines Auszubildenden

## Projekträger Jülich (PtJ)

Der Projekträger Jülich konnte 2014 auf sein 40-jähriges Bestehen zurückblicken. Seit Oktober 1974 unterstützt PtJ mit seiner Expertise im Forschungs- und Innovationsmanagement die Auftraggeber in Bund und Ländern sowie seit vielen Jahren auch die EU-Kommission bei der Umsetzung ihrer förderpolitischen Zielsetzungen. Das Jubiläum beging der Projekträger am 30. September 2014 im Rahmen eines offiziellen Festaktes an seinem Hauptsitz im Forschungszentrum Jülich gemeinsam mit Auftraggebern, Partnern sowie Vertretern des Forschungszentrums. Zu den Gästen zählte neben dem Bürgermeister der Stadt Jülich auch der Parlamentarische Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Thomas Rachel MdB. Er hob in seinem Grußwort die wichtige Rolle hervor, die der Projekträger für die Umsetzung der Forschungs- und Innovationspolitik im Rahmen der Projektförderung spielt.

Am Anfang stand vor 40 Jahren die Projektleitung Energieforschung (PLE), die von der Bundesregierung damit beauftragt wurde,

Daten Projekträger PtJ 2014

umgesetzte Fördermittel	1,33 Mrd. Euro
neu bewilligte Vorhaben	4.644
laufende Vorhaben	16.774
Mitarbeiter/-innen <sup>1)</sup>	868
Neueinstellungen	48

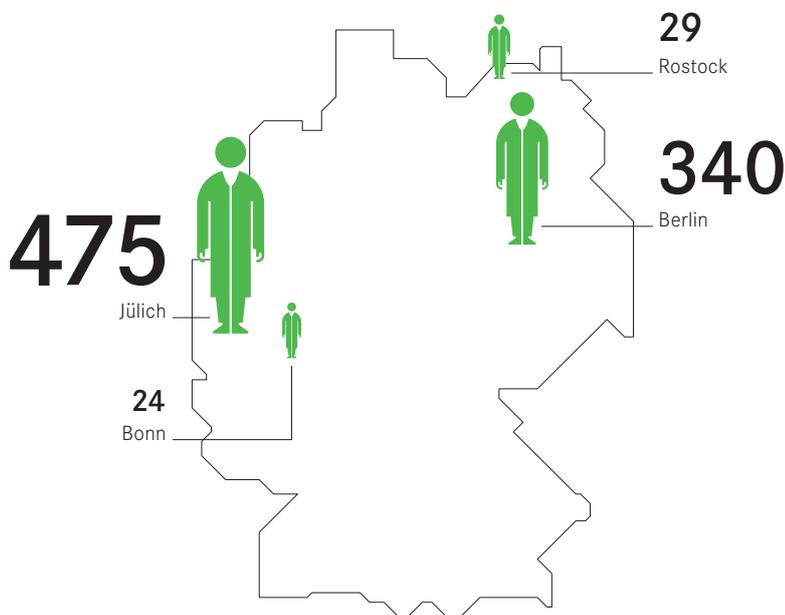
1) Anzahl inklusive 5 Auszubildende

das erste Energieforschungsprogramm umzusetzen, sowie die Koordinierungsstelle für Nukleare Festkörperforschung (KNF). Diese Projekträger waren die Pioniere der Projektförderung am Standort Jülich. Mit 20 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern betreuten sie 1974 knapp 200 Vorhaben und bewirtschafteten dabei umgerechnet rund 60 Millionen Euro Fördermittel.

Heute zählt PtJ mit weit über einer Milliarde Euro umgesetzter Fördermittel zu den größten und umsatzstärksten Projekträgern Deutschlands. Dabei sind zunehmend forschungs- und innovationspolitische Strategien gefragt, die einerseits an gesellschaftlichen Bedarfsfeldern ausgerichtet sind und andererseits den Wissens- und Technologietransfer im Blick haben. Der Projekträger Jülich baut daher verstärkt sein Dienstleistungsspektrum aus und erweitert es um Angebote in den Bereichen Politikberatung und Innovationsbegleitung. So konnte er 2014 den Auftrag für die Erstellung einer Studie einwerben, die für das Umweltbundesamt (UBA) Faktoren identifiziert und analysiert, die einer Transformation der Wirtschaft zu einer „Green Economy“ entgegenstehen. Green Economy ist ein Leitbild für die wirtschaftliche Entwicklung, das Ökologie und Ökonomie miteinander verbinden soll. Ziel ist eine Wirtschaftsweise, die die Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen befriedigt und zugleich den Ressourcenverbrauch verringert und Emissionen reduziert. Die Studie wird gemeinsam mit dem Öko-Institut Freiburg umgesetzt. Darüber hinaus hat PtJ 2014 an der Konzeption und Weiterentwicklung verschiedener Förderprogramme mitgewirkt, wie beispielsweise an den BMBF-Förderprogrammen zur Materialforschung und zur Forschung für nachhaltige Entwicklung.

## Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des PtJ

Verteilung auf die Standorte, 2014



# Helmholtz-Institut: Energiespeicher für die Energiewende

Wie kann es gelingen, Strom langfristig zu speichern, in großen Mengen und auf möglichst kleinem Raum? Antworten auf diese Frage wird das neue Helmholtz-Institut Münster (HI MS) liefern. Es führt die Kompetenzen des Forschungszentrums Jülich, der Universität Münster und der RWTH Aachen in der Batterieforschung zusammen. Betrieben wird es als Jülicher Außenstelle.

„Das Ziel der Energiewende ist eine sichere, bezahlbare und nachhaltige Energieversorgung. Um das erreichen zu können, brauchen wir Fortschritte bei der Energiespeicherung“, sagte Bundesforschungsministerin Johanna Wanka im Juni 2014. Und weiter: „Ich freue mich daher, dass wir mit der Gründung des Helmholtz-Instituts Münster die Forschung bei elektrochemischen Speicherkonzepten verstärken.“

Für diese Forschung stehen dem HI MS seit Anfang 2015 pro Jahr 5,5 Millionen Euro zur Verfügung, die zu 90 Prozent

vom Bund zu 10 Prozent vom Land NRW getragen werden. Zusätzlich wird Nordrhein-Westfalen als Anstich 11 Millionen Euro investieren: 6 Millionen davon fließen in ein neues Gebäude in Münster, das bis 2018 in unmittelbarer Nähe des existierenden Instituts MEET – Münster Electrochemical Energy Technology – errichtet wird. Die restlichen 5 Millionen dienen dazu, neue Laboreinrichtungen zu finanzieren.

Im Mittelpunkt der Forschung am HI MS steht der Elektrolyt. Diese zentrale Komponente einer Batterie macht den effektiven Stromfluss zwischen Minus- und Pluspol überhaupt erst möglich. Die Eigenschaften des Elektrolyten bestimmen wesentliche Merkmale wie die Leistungsfähigkeit, Sicherheit und Lebensdauer einer Batterie maßgeblich.

Grundlage der Arbeit ist ein Konzept, das von einer internationalen Gutachterkommission als „wissenschaftlich exzellent“

bewertet worden war. Es knüpft an die langjährigen Forschungstraditionen in Münster, Jülich und Aachen an. Zugleich stellt es sicher, dass die Wissenschaftler ihre jeweiligen Kompetenzen in fachlich übergreifende Forschungsthemen einbringen. „Indem wir Kompetenzen und Ressourcen aus drei Einrichtungen bündeln, können wir auch leichter Drittmittel einwerben, also projektbezogene Fördergelder von Unternehmen und öffentlicher Hand“, betont Dr. Hinrich-Wilhelm Meyer, wissenschaftlicher Koordinator des HI MS.

Das Institut wird auch künftig drei Standorte haben: Münster, Jülich und Aachen. Insgesamt sollen einmal 35 Wissenschaftler für das Institut forschen, die meisten davon im neuen Gebäude in Münster. Im Mai 2015 waren bereits 16 Wissenschaftler für das HI MS tätig. Schnelles Einarbeiten ist Pflicht: „Schon 2017 müssen wir Gutachtern belegen, dass unser Konzept greift und wir wissenschaftlich vorankommen“, sagt Meyer.



Bundesforschungsministerin Prof. Johanna Wanka (r.), NRW-Wissenschaftsministerin Svenja Schulze (l.) und der Präsident der Helmholtz-Gesellschaft, Prof. Jürgen Mlynek (M.), gehörten zu den prominenten Gästen bei der Eröffnung des HI MS.

# Finanzen

Investitionen in Wissenschaft und Forschung sichern unsere Zukunft. Die Finanzierung aus öffentlichen Mitteln ermöglicht eine unabhängige Vorlauforschung, um die Herausforderungen einer nachhaltigen Entwicklung zu bewältigen. Darüber hinaus erzielt das Forschungszentrum Jülich Lizezeinnahmen aus der industrienahen Forschung.

## Bilanz

in Millionen Euro, 2014

Aktiva	2014	2013
<b>A. Anlagevermögen</b>	<b>533,2</b>	<b>526,4</b>
I. Immaterielle Vermögensgegenstände	2,9	3,2
II. Sachanlagen	530,1	523,0
III. Finanzanlagen	0,2	0,2
<b>B. Umlaufvermögen</b>	<b>625,1</b>	<b>939,0</b>
I. Vorräte	35,1	38,2
II. Forderungen und sonstige Vermögensgegenstände	26,0	20,8
III. Ausgleichsansprüche an die öffentliche Hand	551,7	862,2
IV. Kassenbestand, Bundesbankguthaben, Guthaben bei Kreditinstituten, Schecks	12,3	17,8
<b>C. Rechnungsabgrenzungsposten</b>	<b>9,8</b>	<b>18,7</b>
<b>Summe der Aktiva</b>	<b>1.168,1</b>	<b>1.484,1</b>
Passiva	2014	2013
<b>A. Eigenkapital</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
<b>B. Sonderposten für Zuschüsse</b>	<b>587,4</b>	<b>591,5</b>
I. zum Anlagevermögen	532,7	525,8
II. zum Umlaufvermögen	54,7	65,7
<b>C. Rückstellungen</b>	<b>516,0</b>	<b>831,0</b>
I. Stilllegung und Beseitigung kerntechnischer Anlagen	432,4	491,7
II. Pensionen und Sonstiges	66,5	61,9
III. Steuerrückstellung	17,1	277,4
<b>D. Verbindlichkeiten</b>	<b>63,0</b>	<b>59,7</b>
<b>E. Rechnungsabgrenzungsposten</b>	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>
<b>Summe der Passiva</b>	<b>1.168,1</b>	<b>1.484,1</b>

# Gewinn- und Verlustrechnung

in Tausend Euro, 2014

	2014	2013
<b>Erträge aus Zuschüssen</b>	<b>169.359</b>	<b>562.612</b>
Sonstige Zuschüsse	78.807	465.171
davon Bund	66.837	417.279
davon Land	11.970	47.892
Drittmittel Projektförderung	90.552	97.441
davon Bund	50.426	44.574
davon Land	4.741	14.997
davon DFG	4.340	6.444
davon Sonstige	15.002	12.609
davon EU	16.043	18.817
<b>Erlöse und andere Erträge</b>	<b>641.417</b>	<b>181.558</b>
Erlöse aus Forschung, Entwicklung und Benutzung von Forschungsanlagen	8.165	11.556
Erlöse aus Lizenz-, Know-how-Verträgen	783	1.001
Erlöse aus Projektträgerschaften	80.952	75.688
Erlöse aus Infrastrukturleistungen und Materialverkauf	8.881	9.551
Erlöse aus dem Abgang von Gegenständen des Anlagevermögens	292	610
Erhöhung oder Verminderung des Bestandes an unfertigen Erzeugnissen und Leistungen (davon EU T€ -5.171; VJ T€ 641)	-3.115	-2.352
Andere aktivierte Eigenleistungen	921	793
Sonstige betriebliche Erträge	278.470	21.456
Sonstige Zinsen und ähnliche Erträge	266.068	63.255
<b>Zuweisungen zu den Sonderposten für Zuschüsse</b>	<b>-58.169</b>	<b>-66.220</b>
<b>Weitergegebene Zuschüsse</b>	<b>-46.998</b>	<b>-44.235</b>
<b>Zur Aufwandsdeckung zur Verfügung stehende Zuschusserträge, Erlöse und andere Erträge</b>	<b>705.609</b>	<b>633.715</b>
<b>Personalaufwand</b>	<b>313.053</b>	<b>291.159</b>
<b>Sachaufwand</b>	<b>57.414</b>	<b>54.815</b>
Materialaufwand	31.561	28.056
Aufwendungen für Energie-, Wasserbezug	20.218	19.692
Aufwendungen für fremde Forschung und Entwicklung	5.635	7.067
<b>Sonstige betriebliche Aufwendungen</b>	<b>331.439</b>	<b>273.562</b>
<b>Sonstige Zinsen und ähnliche Aufwendungen</b>	<b>1.767</b>	<b>11.694</b>
<b>Steuern vom Einkommen und Ertrag</b>	<b>1.936</b>	<b>2.485</b>
<b>Außerordentliche Aufwendungen</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Abschreibungen auf Anlagevermögen</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Abschreibungen auf Anlagevermögen	61.295	58.990
Erträge aus der Auflösung des Sonderpostens für Zuschüsse	-61.295	-58.990
<b>Gesamtaufwand</b>	<b>705.609</b>	<b>633.715</b>
<b>Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit/Jahresergebnis</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Erlöse

in Tausend Euro, 2014

Bereich	Struktur der Materie	Erde und Umwelt	Energie	Schlüsseltechnologien	Summe Forschungsbereiche	sonstige Erlöse	Gesamt
EU-Förderung	621	184	2.795	6.470	10.070	802	10.872
Nationale Projektförderung (ohne DFG)	1.723	2.139	19.984	25.617	49.463	20.707	70.170
davon weitergegebene Zuschüsse	51	5	1.109	2.639	3.804	20.203	24.007
DFG-Förderung	49	1.068	1.027	2.272	4.416	0	4.416
<b>Teilsomme Projektförderung</b>	<b>2.393</b>	<b>3.391</b>	<b>23.806</b>	<b>34.359</b>	<b>63.949</b>	<b>21.509</b>	<b>85.458</b>
Aufträge Ausland	83	177	1.062	286	1.608	392	2.000
Aufträge Inland	3.091	1.081	2.927	2.753	9.852	13.212	23.064
Projektträgerschaften						80.952	80.952
<b>Zwischensumme Drittmittel</b>	<b>5.567</b>	<b>4.649</b>	<b>27.795</b>	<b>37.398</b>	<b>75.409</b>	<b>116.065</b>	<b>191.474</b>
Institutionelle Förderung							333.882
davon Rückbauprojekte							69.597
<b>Summe</b>							<b>525.356</b>

## Nationale Projektförderung

ohne DFG, in Tausend Euro, 2014

<b>Gesamt</b>	<b>70.170</b>
durch Bund	50.427
durch Land	4.741
durch sonstige (inländische) Stellen	15.002
<b>davon:</b>	
weitergegebene Zuschüsse	24.007
um weitergegebene Zuschüsse bereinigte nationale Projektförderung ohne DFG	46.163

### Hinweise

Die Aufgliederung der Drittmittel erfolgt nach Fördermittel- bzw. nach Auftraggebern. Hierbei sind neben den in der Gewinn- und Verlustrechnung ausgewiesenen Erträgen aus Zuschüssen von der EU und dem Auftragsgeschäft Bewertungen von unfertigen Leistungen berücksichtigt.

Die Zusammensetzung der nationalen Projektförderungen ist in der oben stehenden „Nationale Projektförderungen ohne DFG“ aufgeführt.

Die DFG-Förderung setzt sich zusammen aus Zuschüssen sowie Personalkostenerstattungen von der DFG.

Die Aufgliederung in Forschungsbereiche erfolgt unter Berücksichtigung bilanzieller Bewertungsansätze zwecks Überleitung zur GuV.

**Erlöse 2014**

In 2014 erwirtschaftete das Forschungszentrum Jülich 191,5 Millionen Euro Drittmittel und bewegt sich somit auf Vorjahresniveau. Der überwiegende Anteil der Drittmittel resultiert aus Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten für die Industrie,

der Einwerbung von Fördermitteln aus dem In- und Ausland sowie aus Projektträgerschaften im Auftrag der Bundesrepublik Deutschland und des Landes Nordrhein-Westfalen. Darüber hinaus hat das Forschungszentrum Jülich im Jahr 2014 von Bund und Land institutionelle Förde-

rung in Höhe von 333,9 Millionen Euro zur Aufwandsdeckung (d. h. für den laufenden Betrieb) und zur Finanzierung des Anlagevermögens (d. h. für Investitionen) erhalten. Darin sind 69,6 Millionen Euro für Rückbauprojekte enthalten.



# Organe und Gremien

Das Forschungszentrum Jülich wurde am 11. Dezember 1956 vom Land Nordrhein-Westfalen gegründet. Am 5. Dezember 1967 erfolgte die Umwandlung in eine GmbH mit den Gesellschaftern Bundesrepublik Deutschland und Land Nordrhein-Westfalen. Aufgabe der Gesellschaft ist es,

- naturwissenschaftlich-technische Forschung und Entwicklung an der Schnittstelle von Mensch, Umwelt und Technologien zu betreiben,
- weitere nationale und internationale Aufgaben auf dem Gebiet der Grundlagen- und anwendungsnahen Forschung, insbesondere der Vorsorgeforschung, zu übernehmen oder sich hieran zu beteiligen,
- mit der Wissenschaft und Wirtschaft in diesen Forschungsbereichen zusammenzuarbeiten sowie das Wissen der Gesellschaft im Rahmen von Technologietransfers weiterzugeben.

## Organe

Die Gesellschafterversammlung ist das oberste Entscheidungsorgan der Forschungszentrum Jülich GmbH.

Der Aufsichtsrat überwacht als Organ die Rechtmäßigkeit, Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit der Geschäftsführung. Er entscheidet über die wichtigen forschungsrelevanten und finanziellen Angelegenheiten der Gesellschaft.

Der Vorstand führt die Geschäfte der Forschungszentrum Jülich GmbH nach Maßgabe des Gesellschaftsvertrags. Er berichtet dem Aufsichtsrat.

## Gremien

Der Wissenschaftlich-Technische Rat (WTR) und der Wissenschaftliche Beirat (WB) sind Gremien der Gesellschaft. Der WTR berät die Gesellschafterversammlung, den Aufsichtsrat und die Geschäftsführung in allen Fragen der strategischen Ausrichtung der Gesellschaft sowie in wissenschaftlichen und technischen Angelegenheiten von grundsätzlicher Bedeutung.

Der Wissenschaftliche Beirat berät die Gesellschaft in wissenschaftlich-technischen Fragen von grundsätzlicher Bedeutung. Dazu gehören etwa die Strategie und Planung der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des Zentrums, die Förderung der optimalen Nutzung der Forschungsanlagen oder Fragen der Zusammenarbeit mit Hochschulen und anderen Forschungseinrichtungen.

Der Wissenschaftliche Beirat besteht aus Mitgliedern, die nicht Mitarbeiterinnen oder Mitarbeiter der Gesellschaft sind. Der oder die Vorsitzende des Wissenschaftlichen Beirats ist Mitglied des Aufsichtsrates.

## Gesellschafterversammlung

Der Gesellschafter Bund, vertreten durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, führt den Vorsitz in der Gesellschafterversammlung.

---

## Aufsichtsrat

### **MinDir Dr. Karl Eugen Huthmacher**

Vorsitzender  
Bundesministerium für Bildung und Forschung

### **Staatssekretär Dr. Thomas Grünwald**

Stellvertretender Vorsitzender  
Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen

### **Dr.-Ing. Manfred Bayerlein**

Unternehmer

### **Prof. Dr. Ulrike Beisiegel**

Georg-August-Universität Göttingen

### **Prof. Dr. Wolfgang Berens**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

### **MinDirig Berthold Goeke**

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMU)

### **Staatssekretär Peter Knitsch**

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW

**Dr. Arnd Jürgen Kuhn**

Forschungszentrum Jülich, Institut  
für Bio- und Geowissenschaften

**Prof. Dr. Uwe Pietrzyk**

Forschungszentrum Jülich, Institut für  
Neurowissenschaften und Medizin

**Dr. Beatrix Vierkorn-Rudolph**

Bundesministerium für Bildung  
und Forschung

**N.N.**

Bundesminist. für Wirtschaft und Energie

**Dr. Heike Riel**

IBM Research – Zurich

[www.fz-juelich.de/portal/DE/UeberUns/Organisation/organe/Aufsichtsrat/\\_node.html](http://www.fz-juelich.de/portal/DE/UeberUns/Organisation/organe/Aufsichtsrat/_node.html)

## Geschäftsführung (Vorstand)

**Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Marquardt**

Vorsitzender

**Prof. Dr. Sebastian M. Schmidt**

Mitglied des Vorstandes

**Prof. Dr.-Ing. Harald Bolt**

Mitglied des Vorstandes

**Karsten Beneke**

Stellvertretender Vorsitzender

[www.fz-juelich.de/portal/DE/UeberUns/Organisation/organe/Vorstand/\\_node.html](http://www.fz-juelich.de/portal/DE/UeberUns/Organisation/organe/Vorstand/_node.html)

## Wissenschaftlich-Technischer Rat<sup>1)</sup>

**Prof. Dr. Hans Ströher**

Vorsitz  
Institut für Kernphysik

**Prof. Dr. Rudolf Merkel**

Stellvertretender Vorsitzender  
Institute of Complex Systems

**Prof. Dr. Markus Büscher**

Stellvertretender Vorsitzender  
Peter Grünberg Institut

[www.fz-juelich.de/portal/DE/UeberUns/Organisation/gremien/WissenschaftlichTechnischerRat/\\_node.html](http://www.fz-juelich.de/portal/DE/UeberUns/Organisation/gremien/WissenschaftlichTechnischerRat/_node.html)

## Wissenschaftlicher Beirat<sup>1)</sup>

**Dr. Heike Riel**

Vorsitz  
IBM, Schweiz

**Prof. Dr. Toni M. Kutchan**

Donald Danforth Plant Science Center,  
USA

**Prof. Dr. Elke Scheer**

Universität Konstanz, Deutschland

**Prof. Barbara Chapman**

University of Houston, USA

**Prof. Dr. Karen Maex**

University of Amsterdam, Niederlande

**Prof. Dr. Horst Simon**

Lawrence Berkeley National Laboratory,  
USA

**Dr. Frank-Detlef Drake**

RWE AG, Deutschland

**Prof. Dr. Eva Pebay-Peyroula**

ANR, Frankreich

**Prof. Dr. Metin Tolan**

TU Dortmund, Deutschland

**Prof. Dr. Wolfgang Knoll**

AIT, Österreich

**Prof. Dr. Thomas Roser**

Brookhaven National Laboratory, USA

**Dr. Peter Nagler**

Evonik AG, Deutschland

[www.fz-juelich.de/portal/DE/UeberUns/Organisation/gremien/scientific-advisory-council/\\_node.html](http://www.fz-juelich.de/portal/DE/UeberUns/Organisation/gremien/scientific-advisory-council/_node.html)

<sup>1)</sup> gemäß Gesellschaftsvertrag

# Organigramm

## Gesellschafterversammlung

Gesellschafter: Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung;  
Nordrhein-Westfalen, vertreten durch das Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung

## Aufsichtsrat

Vorsitzender MinDir Dr. K. E. Huthmacher

## Vorstand

Wissenschaft, Außenbeziehungen  
Prof. W. Marquardt (Vorstandsvorsitzender)

## Informations- und Kommunikationsmanagement

A. Bernhardt

## Unternehmensentwicklung

Dr. N. Drewes

## Unternehmenskommunikation

Dr. A. Rother

## Stabsstellen

## Internationales Büro

Dr. R. Raue

## Vorstandsbüro

I. Wetcke

## Zukunftscampus

Dr. P. Burauel

## Vorstand

Wissenschaftl. Geschäftsbereich I  
Prof. S. M. Schmidt (Mitglied des Vorstands)

## Institute of Complex Systems

Prof. J. K. G. Dhont, Prof. C. Fahlke, Prof. J. Fitter (komm.),  
Prof. G. Gompper, Prof. R. Merkel, Prof. A. Offenhäusser,  
Prof. D. Willbold, Dr. A. Wischnewski (komm.)

## Institut für Kernphysik

Prof. M. Bai, Prof. U.-G. Meißner, Prof. J. Ritman, Prof. H. Ströher

## Institute for Advanced Simulation

Prof. S. Blügel, Prof. P. Carloni, Prof. M. Diesmann,  
Prof. D. DiVincenzo, Prof. G. Gompper, Prof. Th. Lippert,  
Prof. U.-G. Meißner

## Institut für Neurowissenschaften und Medizin

Prof. K. Amunts, Prof. A. Bauer (komm.), Prof. P. Carloni,  
Prof. M. Diesmann, Prof. G. R. Fink, Prof. B. Neumaier,  
Prof. N.-J. Shah, Prof. D. Sturma, Prof. P. Tass

## Jülich Centre for Neutron Science

Prof. Th. Brückel, Dr. A. Wischnewski (komm.)

## Peter Grünberg Institut

Prof. S. Blügel, Prof. Th. Brückel, Prof. D. DiVincenzo,  
Prof. R. E. Dunin-Borkowski, Prof. D. A. Grützmacher,  
Prof. A. Offenhäusser, Prof. C. M. Schneider, Prof. S. Tautz,  
Prof. R. Waser

## IT-Services

F. Bläsen

Stand: Juli 2015

**Wissenschaftlicher Beirat**

Vorsitzende Dr. H. Riel

**Vorstand**Wissenschaftl. Geschäftsbereich II  
Prof. H. Bolt (Mitglied des Vorstands)**Institut für Bio- und Geowissenschaften**Prof. W. Amelung, Prof. M. Bott, Prof. K.-E. Jaeger, Prof. J. Pietruszka,  
Prof. U. Schurr, Prof. B. Usadel, Prof. J. Vanderborght,  
Prof. H. Vereecken, Prof. W. Wiechert, Dr. M. Watt**Institut für Energie- und Klimaforschung**Prof. H.-J. Allelein, Prof. D. Bosbach, Prof. R.-A. Eichel,  
Prof. O. Guillon, Prof. J.-Fr. Hake, Prof. A. Kiendler-Scharr,  
Prof. Ch. Linsmeier, Prof. U. Rau, Prof. M. Riese, Prof. U. Samm,  
Prof. L. Singheiser, Prof. D. Stolten, Prof. A. Wahner,  
Prof. P. Wasserscheid, Prof. M. Winter**Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik**

Dr. S. Küppers, Dr. G. Natour, Dr. S. van Waasen

**Wissenschaftlich-Technischer Rat**

Vorsitzender Prof. H. Ströher

**Vorstand**Infrastruktur  
K. Beneke (Stellvertr. Vorstandsvorsitzender)**Personal**

Dr. M. Ertinger

**Finanzen und Controlling**

R. Kellermann

**Einkauf und Materialwirtschaft**

R.-D. Heitz

**Recht und Patente**

Ch. Naumann

**Organisation und Planung**

A. Emondts

**Technologie-Transfer**

Dr. T. Voß

**Zentralbibliothek**

Dr. B. Mittermaier

**Technischer Bereich**

Dr. G. Damm

**Nuklear-Service**

Dr. G. Damm, R. Printz

**Sicherheit und Strahlenschutz**

B. Heuel-Fabianek

**Gebäude- und  
Liegenchaftsmanagement**

M. Franken

**Planen und Bauen**

J. Kuchenbecker

**Projekträgerschaften****Projekträger Jülich**

Dr. Ch. Stienen

**Projekträger Energie,  
Technologie, Nachhaltigkeit**

Dr. B. Steingrobe

**Stabsstelle****Revision**

U. Kalisch

# Kontakt

## Unternehmenskommunikation

Leiterin: Dr. Anne Rother

Forschungszentrum Jülich GmbH  
52425 Jülich  
Tel. 02461 61-4661  
Fax 02461 61-4666

info@fz-juelich.de  
www.fz-juelich.de

## Besucherservice

Interessierten Gruppen bieten wir gern eine Besichtigung unter sachkundiger Führung an. Bitte wenden Sie sich an unseren Besucherservice.  
Tel. 02461 61-4662

besucher\_uk@fz-juelich.de

## Medien

Sie können unsere Publikationen kostenlos bestellen oder im Internet herunterladen unter:

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

Unser Tablet-Magazin:

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



Das Forschungszentrum bei iTunesU und Social Media:

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

[www.facebook.com/Forschungszentrum.Juelich](https://www.facebook.com/Forschungszentrum.Juelich)

[www.twitter.com/fz\\_juelich](https://www.twitter.com/fz_juelich)

[www.youtube.com/fzjuelichde](https://www.youtube.com/fzjuelichde)

Im Social Media Newsroom der Helmholtz-Gemeinschaft:

<http://social.helmholtz.de>

## Impressum

**Herausgeber** Forschungszentrum Jülich GmbH **Redaktion** Dr. Wiebke Rögener, Annette Stettien, Erhard Zeiss, Dr. Anne Rother (v.i.S.d.P.)  
**Autoren** Dr. Frank Frick, Katja Lüers, Dr. Wiebke Rögener, Annette Stettien, Ilse Trautwein **Grafik und Layout** SeitenPlan GmbH Corporate Publishing  
**Herstellung** Schloemer Gruppe GmbH **Fotos** Forschungszentrum Jülich (4, 6 r., 7 l., 8 l. o., 9, 12-13, 16 u. [Abbildung auf Monitor], 18-19 o., 20, 28-31, 33, 35-36, 40, 41 r. u., 46, 48, 50, 54, 59, 62, 63 o., 69 o., 70-71, 73, 75-76, 82-83, 85); Forschungszentrum Jülich/Sascha Kreklau (16. o., 22-23, 66-67); Forschungszentrum Jülich/Florian Rubach (6 l.); Forschungszentrum Jülich/SeitenPlan GmbH (19. u.); Bergische Universität Wuppertal/Thavis (10 r.); Courtesy of Diamond Light Source (10 l.); Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (41 l. o.); Hajo Dietz (7 r.); ESS/Team Henning Larsen Architects (8 l. u., 55 o.); Hapala/Temirov/Tautz/Jelínek, Physical Review Letters, Copyright 2014 by The American Physical Society (14); Helmholtz/Marco Urban (72); Jean Kobben/fotolia.com (69 u.); André Künzelmann/UFZ (44-45); Leipziger Institut für Meteorologie – LIM (25); NASA Ozone Watch (55 l. u.); Plansee SE (63 u.); Torsten Rieger/PGI-9 (61); SeitenPlan GmbH (2-3, 24, 26-27, 34, 47); Shutterstock: Leonid Andronov (49), Derek Hatfield (55 r.), Matej Kastelic (39), Liashko (16 u. [Monitor], Shaiith (37); Doris Sebold/IEK-1 (Titel, 11, 43, 65, 81 [REM-Aufnahmen]; Universität Göttingen (8 r.); WWU Münster (87).

Auszüge aus dieser Publikation dürfen ohne weitere Genehmigung wiedergegeben werden, vorausgesetzt, dass bei der Veröffentlichung das Forschungszentrum Jülich genannt wird. Um ein Belegexemplar wird gebeten. Alle übrigen Rechte bleiben vorbehalten.

Stand Juli 2015



Seit August 2010 ist das Forschungszentrum für das „audit berufundfamilie“ zertifiziert. Jülich hat sich damit verpflichtet, kontinuierlich Maßnahmen zur besseren Vereinbarung von Beruf und Familie zu definieren und umzusetzen.



Der Jahresbericht 2014 des Forschungszentrums Jülich hat beim 6. International Corporate Media Award für sein Layout einen Award of Excellence gewonnen.



## REM-Aufnahmen

Die Rasterelektronenmikroskopie erlaubt faszinierende Einblicke in die Struktur von Kristallen, von metallischen und keramischen Materialien. Wissenschaftler des Instituts für Energie- und Klimaforschung – Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren – erforschen und entwickeln Materialien, Bauteile und Komponenten für zukünftige hocheffiziente Energiewandlungs- und Speichersysteme.



Titel

### Offretit

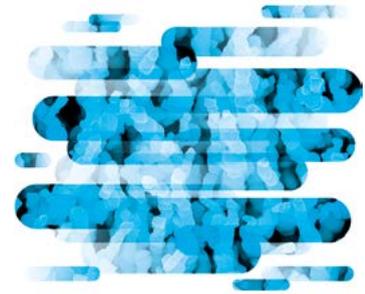
Offretit ist ein selten vorkommendes hexagonales Mineral aus der Klasse der „Silikate und Germanate“. Strukturell gehört es zur Familie der Zeolithe. Offretit entwickelt kleine Kristalle bis etwa 3 Millimeter Länge.



Seite 11 | Forschung

### Klinochlor

Klinochlor ist ein häufig vorkommendes Mineral aus der Klasse der Silikate und Germanate. Es entwickelt meist tafelige bis blättrige oder radialstrahlige Kristalle, aber auch massige Aggregate.



Seite 43 | Kooperation

### LSCF

Lanthan-Strontium-Kobalt-Ferrit, ein keramisches Material der Ferrit-Gruppe, wird als Material in Brennstoffzellen eingesetzt; hergestellt mittels Magnetron-Sputtern, einem Verfahren zum Erzeugen von Metallschichten.



Seite 65 | Menschen

### Nickel-Titan-Pulver

Pulverisierte Legierung mit hohen Formgedächtnis- und superelastischen Eigenschaften, für die Anwendung im Metallspritzguss zur Herstellung von Formgedächtnisbauteilen.



Seite 81 | Campus

### SrZrO<sub>3</sub>-Keramikpulver

Keramikbeschichtungen schützen als Wärmedämmschichten Gasturbinen bei hohen Temperaturen im Kraftwerksbetrieb. Hergestellt wird das Keramikpulver durch Sprühtrocknung.

