

# Jahresbericht 2015



# Daten und Fakten



Das Forschungszentrum Jülich  
auf einen Blick

# Inhalt

|    |                                  |
|----|----------------------------------|
| U2 | Daten und Fakten                 |
| 02 | Highlights                       |
| 04 | Vorstand                         |
| 05 | Vorwort                          |
| 06 | 60 Jahre Forschung<br>im Zentrum |
| 14 | Chronik                          |

## Forschung

|    |                             |                                             |
|----|-----------------------------|---------------------------------------------|
| 22 | <b>Klimaforschung</b>       | Klimaziele. Klimarekorde. Klimamodelle.     |
| 28 | <b>Nanoelektronik</b>       | Erkenntnisse über die Generation Widerstand |
| 32 | <b>Energieforschung</b>     | Neue Wege in der Wasserstoff-Welt           |
| 36 | <b>Materialforschung</b>    | Die Glatteis-Formel                         |
| 38 | <b>Strukturbiochemie</b>    | Neuer Lichtschalter für Nervenzellen        |
| 40 | <b>Elektronentomografie</b> | Nanowelt in 3-D                             |
| 42 | <b>Hirnforschung</b>        | Veränderung im Gehirn bei Depressionen      |
| 44 | <b>Klimaforschung</b>       | Zufallstreffer für die Klimaforschung       |
| 46 | <b>Computersimulation</b>   | Die Geburt von Elementen                    |
| 48 | <b>Materialforschung</b>    | Neuer Stahl für die Energiewende            |
| 50 | Forschung in Kürze          |                                             |
| 52 | Publikationen               |                                             |

## Kooperation

|    |                                   |
|----|-----------------------------------|
| 54 | Die Computer-Diplomatin           |
| 58 | Internationale Kooperationen (EU) |
| 59 | Nationale Kooperationen           |
| 60 | Industriekooperationen            |
| 61 | JARA – gebündelte Kompetenz       |
| 64 | Kooperationen in Kürze            |
| 68 | Forschung für die Praxis          |
| 70 | Patente und Lizenzen              |

## Menschen

|    |                                |
|----|--------------------------------|
| 72 | Der Tüftler und der Netzwerker |
| 74 | Den Nachwuchs fördern          |
| 82 | Personal                       |
| 84 | Preise und Auszeichnungen      |
| 86 | Rufe und Berufungen            |

## Campus

|     |                                         |
|-----|-----------------------------------------|
| 88  | Strategieprozess des Forschungszentrums |
| 90  | Zukunftscampus Jülich                   |
| 91  | Exzellente Plattformen                  |
| 94  | Außenstellen                            |
| 98  | Finanzen                                |
| 102 | Organe und Gremien                      |
| 104 | Organigramm                             |
| 106 | Kontakt/Impressum                       |
| U3  | Impressionen aus<br>60 Jahren Forschung |

# Highlights 2015

Das Forschungszentrum Jülich fokussiert sich auf nutzeninspirierte Grundlagenforschung. Es stellt sich den Herausforderungen der Gegenwart und forscht für eine lebenswerte Zukunft. Als Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft gehört es zu den großen interdisziplinären Forschungszentren Europas.

## Beschäftigte



# 10

## Jahre Schülerlabor JuLab

mit Besuch von rund 40.000 Schülerinnen und Schülern



# 158

erteilte Patente



# 77

neue Patentanmeldungen

## Horizon 2020

EU-Projekte aus dem Rahmenprogramm für Forschung und Innovation



# 2

ERC Consolidator Grants

# 1

ERC Advanced Grant



# 41.129

**Stunden Nutzungszeit**  
für Geräte der Helmholtz Nanoelectronic Facility



# 1.041

**Gastwissenschaftler**  
aus 68 Ländern



# 1,4

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



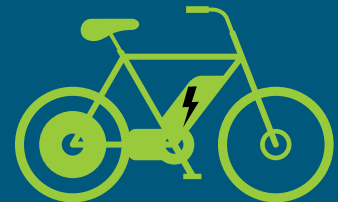
# 1.738

**Publikationen**  
in begutachteten Zeitschriften



# 300

**Tonnen CO<sub>2</sub>-Einsparung**  
durch das neue Jülicher Mobilitätskonzept



# 42

**koordinierte Förder-  
programme der DFG**



# 30,2

**Prozent Frauenanteil**  
bei Nachwuchswissenschaftlern

**Erlöse**  
in Millionen Euro



— 238,4 Drittmittel

# 122

**gemeinsame Berufungen**  
mit Hochschulen, davon 15 neu in 2015



## Vorstand



Professor Dr.-Ing. Harald Bolt  
Mitglied des Vorstands

Professor Dr. Sebastian M. Schmidt  
Mitglied des Vorstands

Professor Dr.-Ing. Wolfgang Marquardt  
Vorstandsvorsitzender

Karsten Beneke  
Stellvertretender Vorstandsvorsitzender

## Vorwort



Miteinander reden, darauf kommt es an – das gilt für die strategische Neuausrichtung des Forschungszentrums Jülich ebenso wie für die nachbarschaftlichen Kontakte in der Region oder die Forschung mit vielen internationalen Partnern.

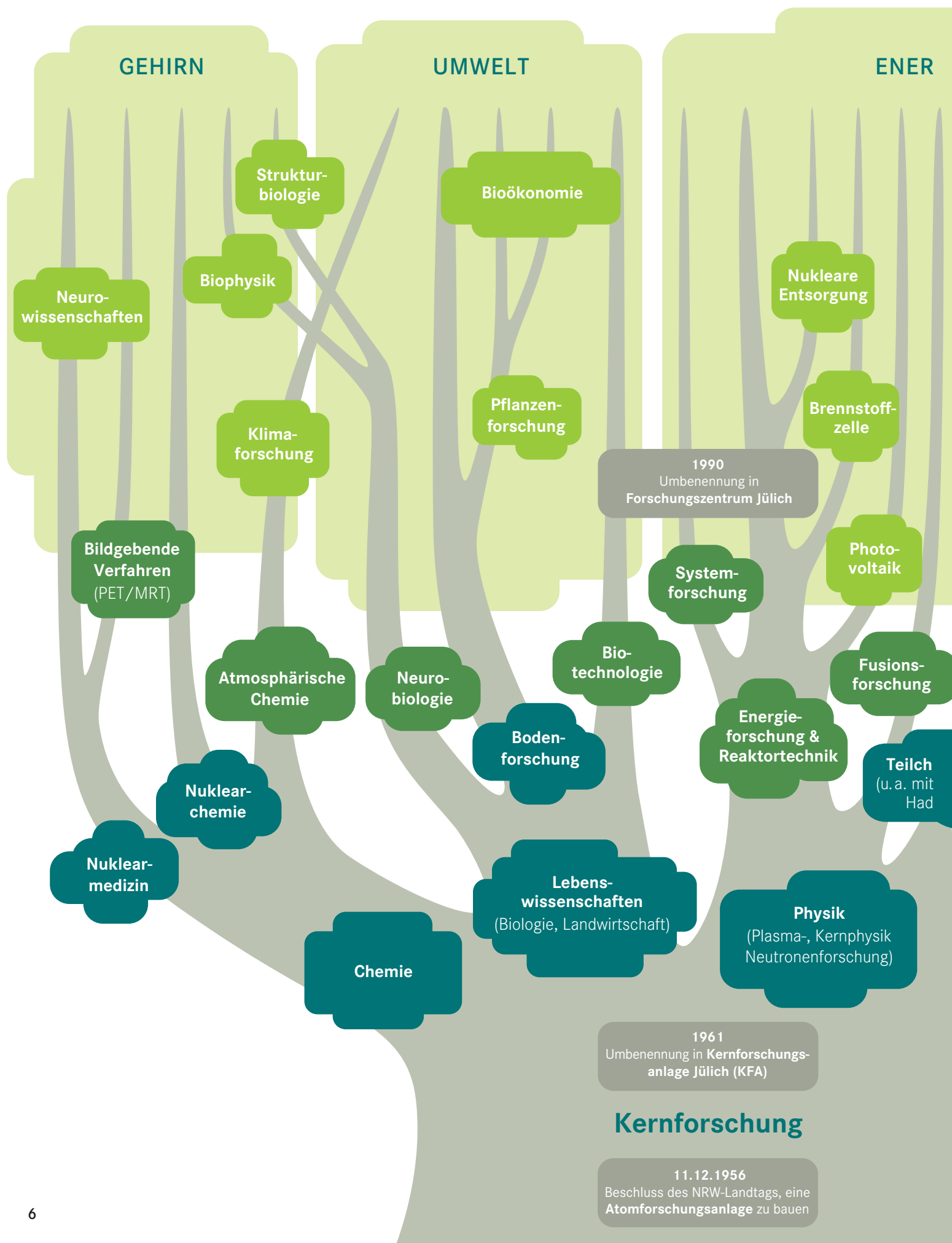
Seit Anfang 2015 wurde am Forschungszentrum in Diskussionsforen, Mitarbeiterbefragungen und bei einer zweitägigen Strategiekonferenz lebhaft debattiert, welche Themen und Aufgaben künftig im Mittelpunkt stehen sollen. Als Zukunftsthemen haben sich „Energie“ und „Information“ herauskristallisiert. Damit orientieren wir uns an zwei großen gesellschaftlichen Herausforderungen: der Energiewende und der zunehmenden Digitalisierung.

Die Entscheidung, wie solche Herausforderungen gemeistert werden sollen, liegt in den Händen der Politik. Aufgabe des Forschungszentrums ist es, hierfür den zuständigen Gremien und Entscheidungsträgern wissenschaftliche Erkenntnisse und Ergebnisse zur Verfügung zu stellen. Das Forschungszentrum setzt deshalb auf einen regelmäßigen Austausch mit der Politik – etwa über Informationsveranstaltungen, Gutachtertätigkeiten oder die Mitarbeit in verschiedenen Gremien, wie dem deutschen Ethikrat. Beispielsweise hatten Jülicher Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Anteil am IPCC-Klimareport, der ein wichtiger Bestandteil der UN-Klimakonferenz 2015 in Paris war.

Solche Zukunftsaufgaben haben globale Dimensionen; doch was im Forschungszentrum geschieht, hat auch unmittelbare Auswirkungen auf die Region. Wie sich diese gestalten lassen, wird seit Frühjahr 2015 im Nachbarschaftsdialog diskutiert, den das Forschungszentrum angeregt hat. Hier geht es um Perspektiven für Jugendliche aus der Region ebenso wie um die Frage, wie sich die Attraktivität der Stadt verbessern lässt, etwa für junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem Ausland. Ein Beitrag zu dem Dialog ist natürlich auch unser Tag der Neugier im Forschungszentrum. 2016 stand er unter dem Motto „60 Jahre Forschung im Zentrum: Vergangenheit – Gegenwart – Ausblick“.

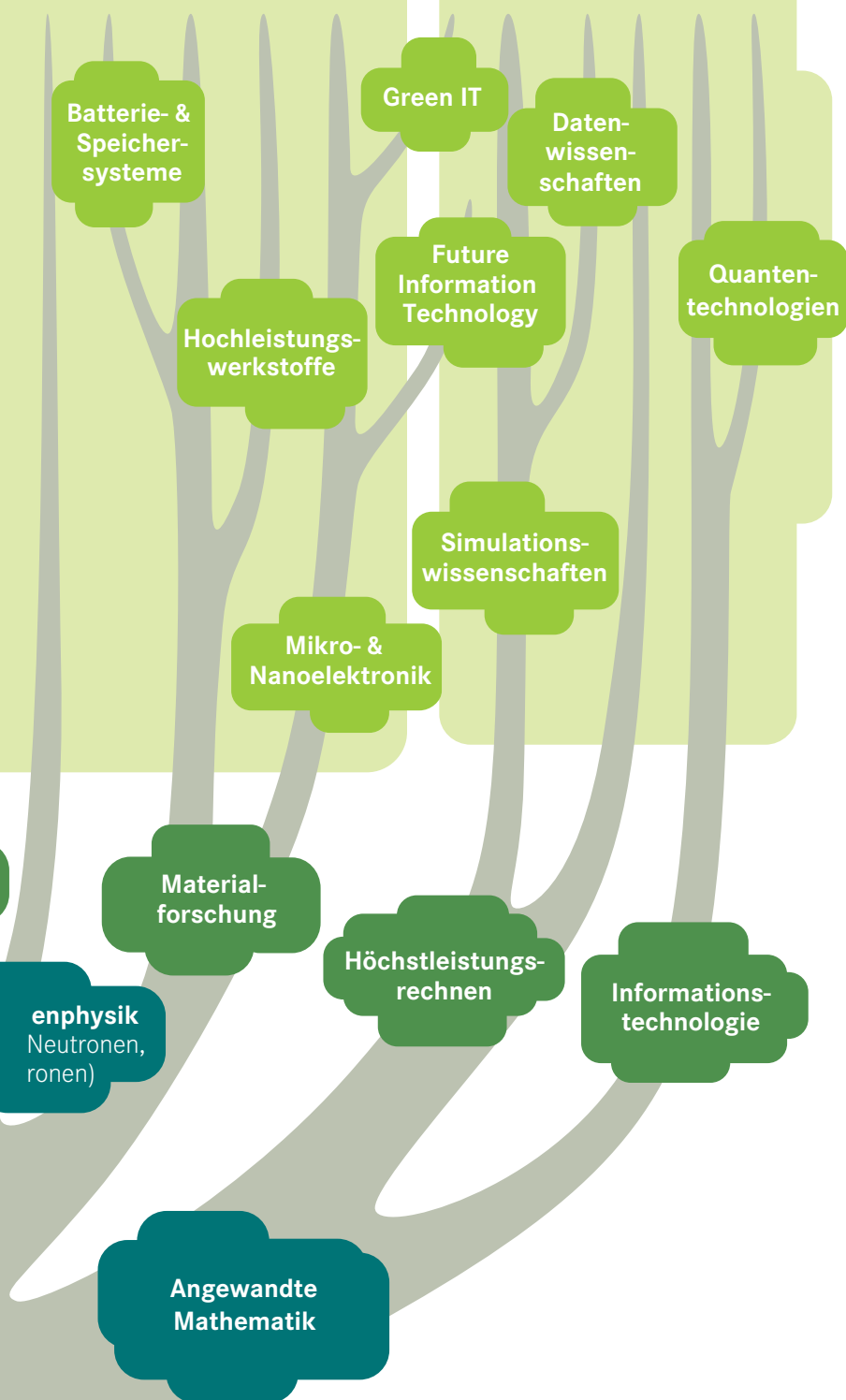
Dialog und internationale Vernetzung sind in der Wissenschaft unverzichtbar. Dass Jülich hier ein zentraler Knotenpunkt ist, zeigt sich etwa an der großen Zahl der Projekte im Forschungs- und Innovationsprogramm der EU Horizon 2020, an denen Jülich beteiligt ist, oder an der erfolgreichen Koordination der Supercomputer-Projekte DEEP und DEEP-ER. Gerade diese Projekte belegen: Nur im fortwährenden Gespräch lassen sich die großen Zukunftsfragen und die damit verbundenen wissenschaftlichen Herausforderungen meistern. Wir werden von Jülich aus weiterhin dazu beitragen.





GIE

INFORMATION



## VERZWEIGTES WISSEN

Seit der Gründung im Jahr 1956 wächst das Forschungszentrum kontinuierlich, aber nicht willkürlich. Aus dem Samen der Kernforschung entwickeln sich verschiedene Äste: Forscher bearbeiten das Thema Radioaktivität von strahlungsbeständigen Reaktormaterialien bis zu radioaktiven Tracern für Medizin und Landwirtschaft. Über die Jahre nutzen sie dieses Know-how auch auf nichtnuklearen Feldern. Es bildet sich die gefächerte Krone mit den Hauptthemen Information und Gehirn sowie Energie und Umwelt. Zunehmend erstrecken sich Äste auch über mehrere Bereiche und verdeutlichen die Interdisziplinarität von Jülich.

1956 – 1970

GRÜNDUNG UND BETRIEB

1970 – 1990

ERWEITERUNG UND WEITERENTWICKLUNG

1990 – 2016

ORIENTIERUNG AN GESELLSCHAFTLICHEN HERAUSFORDERUNGEN

**60** | 1956–2016  
JAHRE | FORSCHUNG  
IM ZENTRUM

# 1956 – 1970



## GRÜNDUNG UND BETRIEB

Im Dezember 1956 beschließt der Landtag Nordrhein-Westfalen den Bau einer „Atomforschungsanlage“ am Standort Jülich. Das Hauptanliegen ist die friedliche Nutzung der gesamten Kernforschung. Der Wissenschaftspolitiker Leo Brandt (SPD) wird erster Leiter der Anlage. 1962 werden die Forschungsreaktoren angefahren. Die Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH (AVR), ein Zusammenschluss von 15 Energieversorgungsunternehmen, errichtet neben dem Gelände der KFA einen Hochtemperaturreaktor mit kugelförmigen Brennelementen. Der Versuchsreaktor wurde von 1967 bis 1988 betrieben. Die Jülicher Wissenschaftler beschäftigen sich bald auch mit Umweltforschung und Landwirtschaft. Die Nuklearmedizin ist von Anfang an ein besonderer Schwerpunkt.



1956



Landtag NRW beschließt Errichtung einer „Atomforschungsanlage“

1957

1958



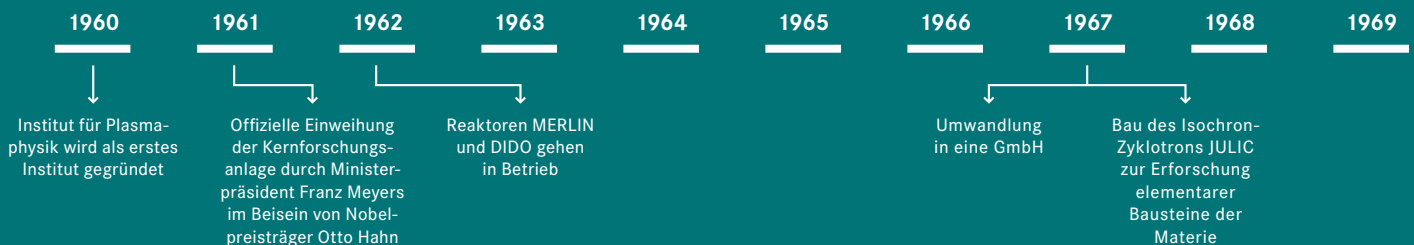
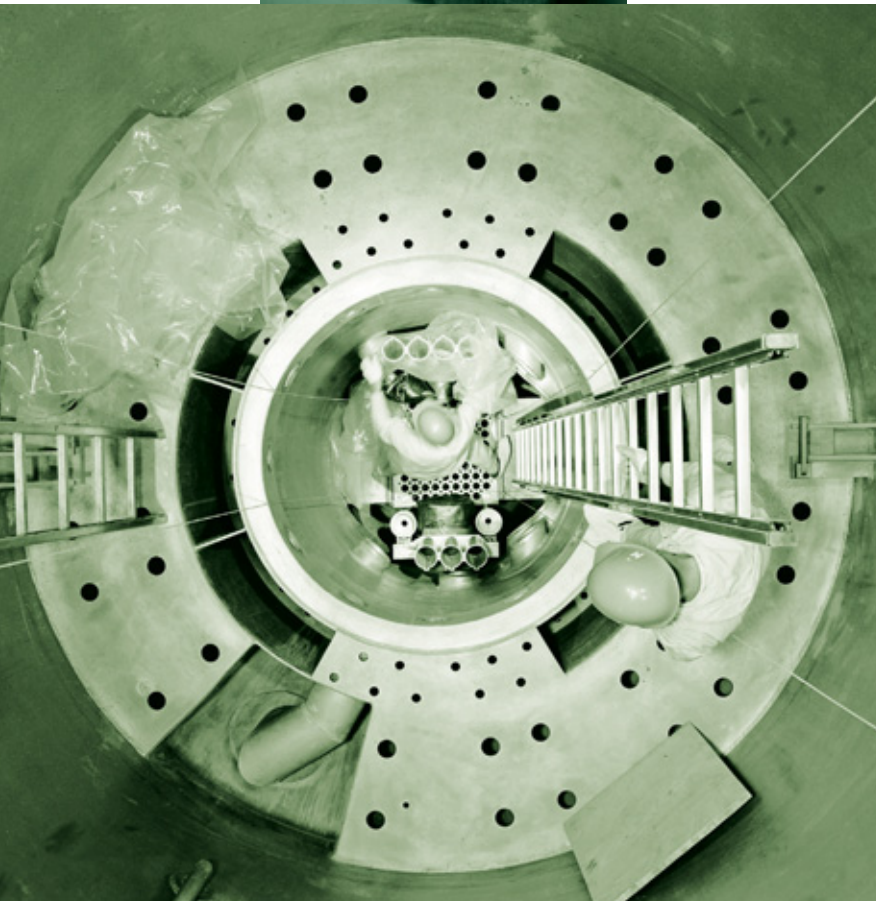
Grundsteinlegung für die Forschungsreaktoren MERLIN (FRJ-1) und DIDO (FRJ-2)

1959



*Wir dürfen niemals  
den Fehler machen, an  
der Technik zu zweifeln.  
Denn wer nicht an die  
Möglichkeit glaubt, dass  
Utopien technisch zu  
verwirklichen sind, der  
arbeitet nicht daran und  
kommt auch nicht voran.*

Leo Brandt (1908–1971)  
Ingenieur, Gründer und erster Leiter des  
Forschungszentrums Jülich

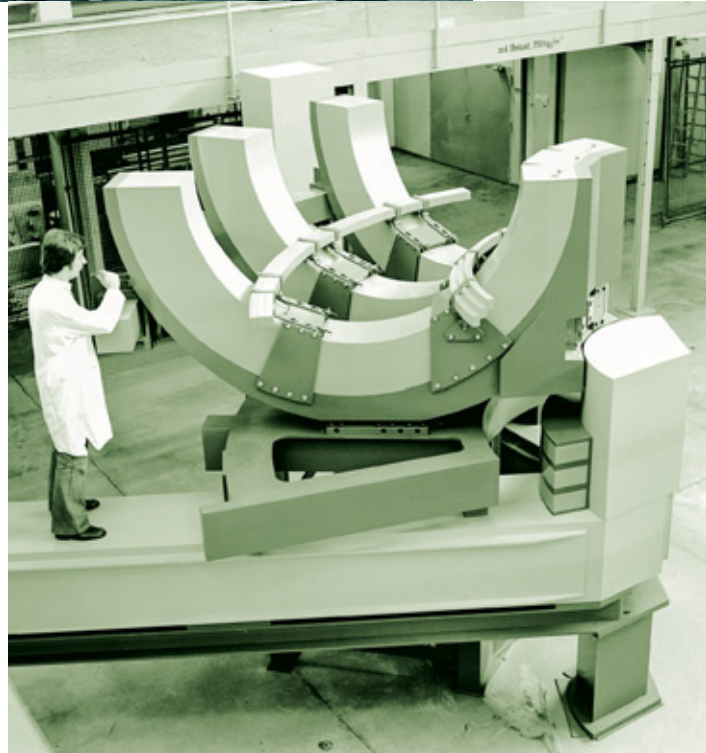


# 1970 – 1990



## GESELLSCHAFTLICHER WANDEL, NEUE AUFGABEN

Institute, die rund um die Kernforschung angesiedelt worden sind, nutzen Know-how und Infrastruktur über Disziplinengrenzen hinweg und bilden neue Schwerpunkte, wie zum Beispiel die Festkörperforschung. Da die Kernforschung zunehmend in die Kritik gerät, gewinnt Reaktorsicherheitsforschung an Bedeutung. Neue Programmgruppen nehmen die Wechselwirkungen von Umwelt, Technik, Mensch und Gesellschaft in den Blick. Mit Großgeräten wie TEXTOR und Supercomputern behauptet Jülich seinen Status als Großforschungseinrichtung.



1970

↓  
Institut für Festkörperforschung (IFF) wird gegründet

1971

↓  
100 Millionen Grad heißes Plasma wird erstmals erzeugt, eine Voraussetzung für die Verwirklichung der Kernfusion

1972

1973

1974

↓  
„Projektleitung Energieforschung“ als erstes Projekt der Projektträgerschaft Jülich (PtJ)

1975

1976

1977

1978

↓  
Kälteweltrekord in der Tieftemperaturanlage der IFF ermöglicht unter anderem die Erforschung der Supraleitung

1979



## Der Anfang einer neuen Dimension des Computing.

**Wolf Häfele (1927–2013)**  
Vorstandsvorsitzender (1981–1990),  
zum Supercomputer CRAY X-MP/22,  
der mit seinen 16-MB-Speicher  
als Sensation gilt (Bild unten)



1980

1981

1982

1983

1984

1985

1986

1987

1988

1989

Großgerät TEXTOR,  
das Jülicher Fusions-  
experiment, geht in  
Betrieb

Einweihung des  
Supercomputers  
CRAY X-MP, eines  
der schnellsten  
Rechner der Welt

Abschaltung des  
Forschungsreaktors  
MERLIN (FRJ-1)

Gründung des  
Höchstleistungs-  
rechenzentrums  
(HLRZ)

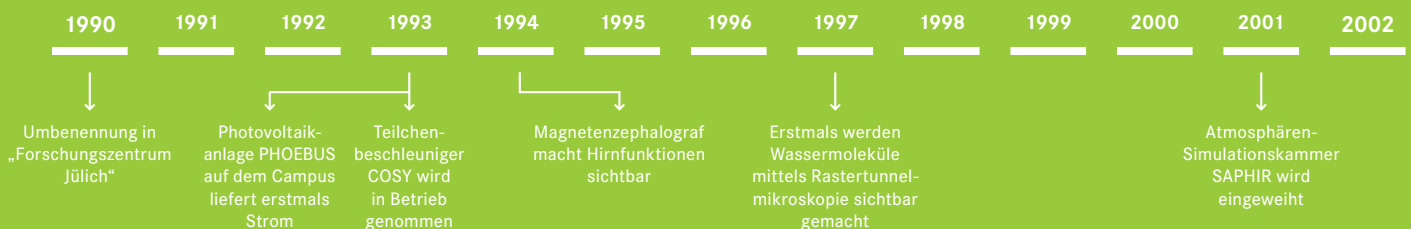
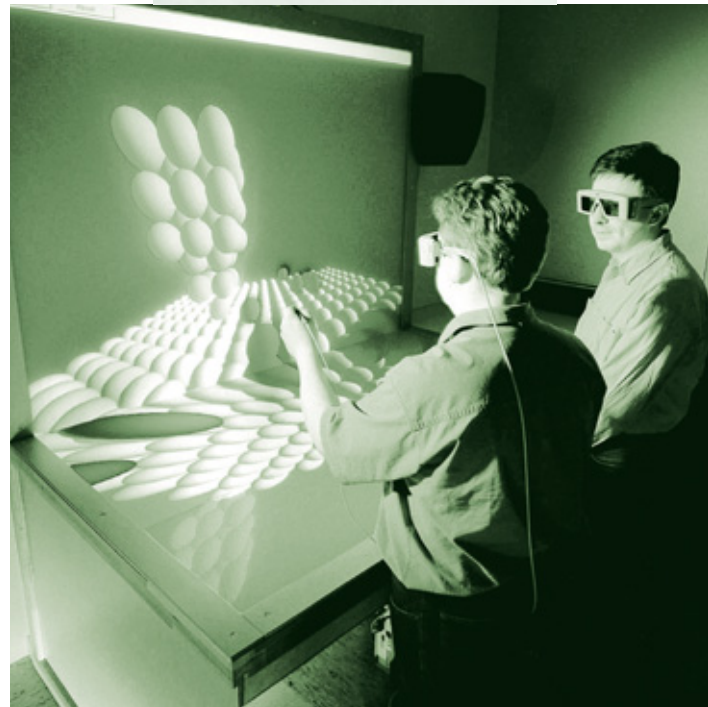
Abschaltung des  
AVR-Reaktors

Peter Grünberg  
entdeckt den  
GMR-Effekt, für  
den er 2007 den  
Nobelpreis erhält

# 1990–2016

## STRATEGIEN FÜR DIE ZUKUNFT

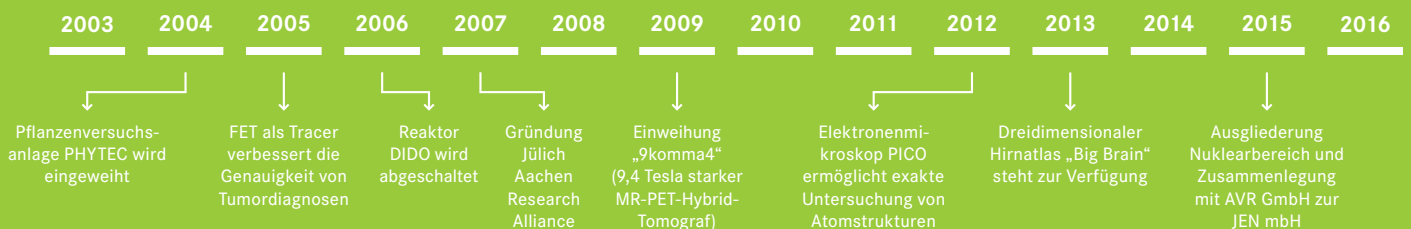
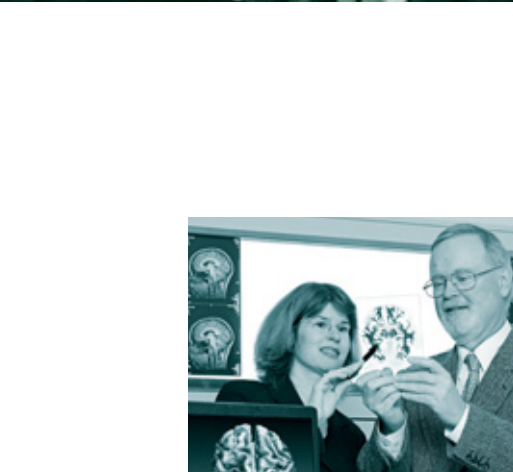
Ab 1995 wird Supercomputing zu einem Leuchtturm Jülichs und Simulation etabliert sich zunehmend als Brücke zwischen Theorie und Experiment. Die Boden- und Umweltforschung wird mit der Klimaforschung zum System „Umwelt“ verbunden. Ab 2006 sind Energie und Umwelt sowie Informationstechnologie und Neurowissenschaften die Schwerpunkte in Jülich. Ziel ist es, Schlüsseltechnologien für die Zukunft zu erforschen. Denn der von der Bundesregierung beschlossene Ausstieg aus der Kernenergie benötigt Innovationen in der Energieforschung. Der demografische Wandel erfordert, Erkrankungen des Gehirns wie Alzheimer besser diagnostizieren und behandeln zu können. Die Zukunftsthemen in Jülich werden Energie und Information sein.





*Wir wollen an den  
Disziplingrenzen  
Grundlagen für neue  
Technologien schaffen.*

**Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Marquardt**  
Seit 2014 Vorstandsvorsitzender des  
Forschungszentrums Jülich

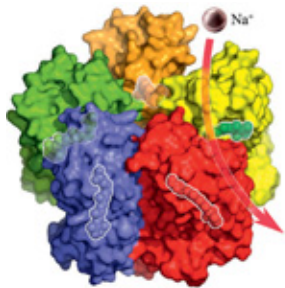


# Chronik

9. April 2015

## Lichtschalter für Nervenzellen

Die Optogenetik nutzt natürliche, lichtempfindliche Proteine als molekulare Schalter, um die Aktivität von Nervenzellen mit gezielten Lichtpulsen zu steuern. Einem internationalen Team unter Jülicher Beteiligung ist es gelungen, ein neues „Werkzeug“ für diese Forschungsdisziplin zu entwickeln. ➔ S. 38: „*Neuer Lichtschalter für Nervenzellen*“



24. April 2015

## Selbst ist das Virus

Um sich zu vermehren, benötigen bestimmte Viren Bakterien als Wirtsorganismen. Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich und der LMU München zeigen erstmals: Diese Viren bringen die nötigen Proteine zur innerzellulären Organisation ihres Reproduktionsapparates selbst mit, falls die Bakterien sie nicht besitzen.

11. Mai 2015

## Europas Wälder schwitzen

Die Wasserdampf-Abgabe der europäischen Wälder stieg in den letzten 100 Jahren durchschnittlich um fünf Prozent. Dieses überraschende Ergebnis zeigen Studien eines interdisziplinären Forscherteams unter Jülicher Beteiligung. Eigentlich war vermutet worden, dass der gestiegene CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre zu verkleinerten Spaltöffnungen der Blätter und Nadeln führt und somit weniger Wasser aus Wäldern verdunstet.

18. Mai 2015

## Den perfekten Reifen berechnen

Jülicher Forscher erweitern ihre Theorie, mit der sie die Reibung von Gummireifen rechnerisch vorhersagen können. Sie berücksichtigen nun auch die Scherkräfte, die vor allem durch die kurzfristige Bindung der Gummimoleküle mit der Straßenoberfläche entstehen. ➔ S. 36: „*Die Glatteis-Formel*“

22. Mai 2015

## Simulierte Bakterien-Bewegung

Manche Bakterienarten fangen in der Nähe von Oberflächen an, sich im Kreis zu bewegen. Jülicher Physiker finden mithilfe von Computersimulationen heraus, dass es von der Gleitfähigkeit der Oberfläche abhängt, wie eng und in welcher Richtung diese Bakterien ihre Kreise ziehen. Diese Erkenntnis könnte nützlich sein, um verschiedene Bakterien für biomedizinische Untersuchungen voneinander zu trennen.

28. Mai 2015

## Dipolmagnet für Beschleuniger



Der erste von insgesamt 44 Dipolmagneten für den Beschleunigerring HESR trifft in Jülich ein. Jeder von ihnen ist mit über 34 Tonnen ähnlich massig wie ein Schwerlastwagen. Entworfen und geplant in Jülich, gebaut von einem französischen Unternehmen, sollen die Magneten später den Teilchenstrahl im HESR auf Kurs halten. Dieser Ring ist der wesentliche Jülicher Beitrag für den Beschleunigerkomplex FAIR in Darmstadt.

4. Juni 2015

## Hirnsignale entschlüsseln

Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich und der Schweizer Hochschule EPFL stellen eine neue Methode vor, um Hirnsignale mit dem Computer zu analysieren. Mithilfe des Verfahrens können Forscher neue Erkenntnisse darüber gewinnen, wie sich Nervenzellen im Gehirn zu Netzwerken aus Tausenden Zellen zusammenschalten.

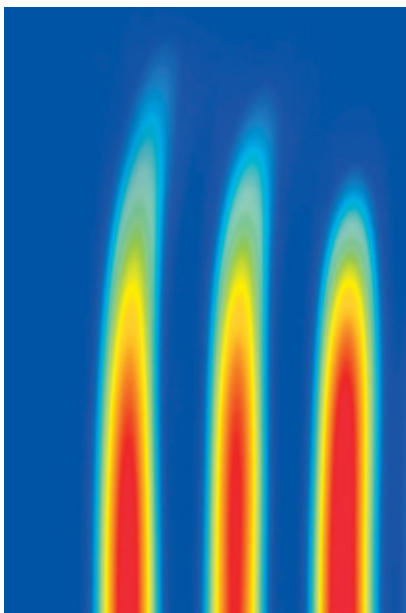
18. Juni 2015

## Dialog mit den Nachbarn

An der ersten Sitzung des „Jülicher Nachbarschaftsdialogs“, initiiert vom Forschungszentrum, nehmen rund 20 Vertreter von Kirche, Industrie, Verwaltung, Handwerk, Schule und Wissenschaft teil. Sie identifizieren die Ziele für die zukünftige Arbeit der Gruppe.

23. Juni 2015

## Weg zur Terahertz-Quelle



Terahertz-Strahlung ist für Körperscanner, ultraschnelle WLAN-Verbindungen, die schonende Krebsfrüherkennung, die Nahrungsmittelkontrolle und weitere Einsatzzwecke interessant. Noch aber wird sie im Alltag wenig genutzt, denn sie ist schwierig zu erzeugen. Jülicher Wissenschaftler haben gemeinsam mit internationalen Partnern Supercomputer-Simulationen durchgeführt, die den Weg zu einer kompakten Terahertz-Quelle mit einstellbarer Wellenlänge weist.

29. Juni 2015

## Urtümliche Mikroorganismen überraschen

Alle Zellen, auch die des Menschen, brauchen das Protein Aktin, um ihre Form zu behalten. Die Aktin-Moleküle verbinden sich zu langen Filamenten, die stets – so dachte man bisher – doppelsträngig sind. Ein Forscherteam mit Jülicher Beteiligung berichtet darüber, dass es bei einem Archaeobakterium Aktin-Filamente entdeckt hat, die als Einzelstrang vorliegen und trotzdem überaus stabil sind. Der Mikroorganismus lebt in heißen Quellen bei Temperaturen um 90 Grad Celsius.

14. Juli 2015

## Besuch der Ministerpräsidentin

Hannelore Kraft, nordrhein-westfälische Ministerpräsidentin, macht bei ihrer viertägigen Sommerreise, die unter dem Motto „NRW 4.0“ steht, in Jülich Station. Sie informiert sich im Jülich Supercomputing Centre über die Beiträge der Jülicher Forscher zum digitalen Wandel der Gesellschaft.



21. Juli 2015

## Messflüge im Monsun



Das Forschungsflugzeug HALO startet in Richtung Zypern, Malediven und Indien. Mit an Bord sind zwölf Instrumente für die Messkampagne OMO. Mit ihnen wollen Klimaforscher – darunter Jülicher Wissenschaftler – untersuchen, wie sich Schadstoffemissionen am Erdboden durch hochreichenden Transport im Monsun auf die chemischen Selbstreinigungskräfte der Atmosphäre auswirken.

22. Juli 2015

## Rätsel um Haareis gelöst

Haareis bildet sich bei Temperaturen knapp unter null Grad auf abgestorbenen Ästen von Laubbäumen. Es ist fein, seidig und erinnert an Zuckerwatte. Eine Jülicher Chemikerin weist gemeinsam mit zwei Forschern aus Brabach und Bern (Schweiz) nach, dass hinter diesem Naturphänomen der Pilz „Rosagetönte Gallertkruste“ steckt. Wenn er tote Äste „verdaut“, gelangen einige dabei entstehende Substanzen durch winzige Kanäle im Astgewebe nach außen. Sie sind die Kristallisationskeime bei der Eisbildung.

22. Juli 2015

## Größenverhältnisse von Pflanzenteilen

Wie verteilt sich die Biomasse einer Pflanze auf Blätter, Stamm, Stängel und Wurzel? Eine internationale Forschergruppe unter Jülicher Beteiligung veröffentlicht die Antwort auf diese Frage, nachdem sie eine globale Datensammlung angelegt und ausgewertet hat. Das Ergebnis der Studie rückt die gängige Theorie zurecht, nach der eine Pflanze ihre einzelnen Teile proportional in bestimmten Größenverhältnissen ausbildet.

30. Juli 2015

## Bindung an Münzmetalle



Verbindungen von organischen Molekülen mit anorganischen Feststoffen werden unter anderem zum Bau von organischen Leuchtdioden und Solarzellen sowie als Katalysatoren eingesetzt. Forscher aus Jülich, Berlin und Heidelberg zeigen, dass die Stärke der Bindung des organischen Moleküls Benzol an alle drei Münzmetalle – Gold, Silber und Kupfer – gleich groß ist.

3. August 2015

## Wunderbares Material produziert

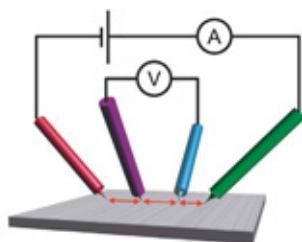


Forscher der Jülich Aachen Research Alliance (JARA), darunter ein 23-jähriger Physikstudent, präsentieren eine neue Methode, um Graphen in ultrahoher Qualität in großem Maßstab herzustellen. Graphen gilt wegen seiner besonderen Eigenschaften als „Wundermaterial“, das unter anderem für die Optoelektronik und für die Medizin interessant ist.

3. August 2015

## Mikroskop misst Leitfähigkeit

Jülicher Wissenschaftler haben die Oberflächenleitfähigkeit von Silizium, dem wichtigsten Material der Halbleiterindustrie, mit bislang unerreichter Genauigkeit vermessen. Dabei verwendeten sie ein selbst entwickeltes Rastertunnelmikroskop mit vier Spitzen. Silizium leitet den elektrischen Strom an der Oberfläche sehr viel besser als im Inneren.



24. August 2015

## Membranzentrum eingeweiht

Forschungsstaatssekretär Thomas Rachel weiht das neue Membranzentrum ein, dessen Bau vom Bundesforschungsministerium mit 15,5 Millionen Euro gefördert wurde. Mit Membransystemen lassen sich schädliche Klimagase deutlich effizienter aus Abgasen abtrennen als mit konventionellen Methoden. Zudem sind Membranen die Grundlage für neuartige Brennstoffzellen- und Batterietypen.



1. September 2015

## Gebündelte Nuklearkompetenz

Die „Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen“ (JEN) geht an den Start. Mit der Zusammenlegung der Nuklearbereiche des Forschungszentrums Jülich sowie der Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor (AVR) GmbH werden vorhandenes Wissen und Erfahrung über den Rückbau kerntechnischer Anlagen am Standort Jülich gebündelt.

1. September 2015

## Hirnsimulation braucht Größe

Die Simulation von Hirnfunktionen mit Supercomputern soll helfen, die Abläufe in unserem Gehirn zu verstehen. Doch selbst die leistungsstärksten Rechner der Welt sind weit davon entfernt, rund 100 Milliarden Nervenzellen in ihrer Aktivität abbilden zu können. Deshalb reduzieren heutige Hirnmodelle die Zahl der Nervenzellen und der Kontaktstellen. Jülicher Wissenschaftler weisen nach, dass dies zu verzerrten Ergebnissen führen muss.

29. September 2015

## Grundlegendes über Superdatenspeicher

„Nature Nanotechnology“ veröffentlicht die Ergebnisse von Forschern aus Jülich, Japan, Südkorea und den USA. Diese haben Vorgänge in memristiven Speicherzellen entschlüsselt, die unter anderem als Superdatenspeicher vor der Marktreife stehen. ➔ S. 28: „Erkenntnisse über die Generation Widerstand“

5. Oktober 2015

## Elektronen-tomografie

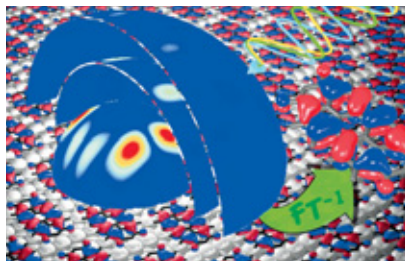


Wissenschaftler des Ernst Ruska-Centrums am Forschungszentrum Jülich stellen die tomografische 3-D-Rekonstruktion eines Nanoröhrchens vor. Die dreidimensionale Darstellung haben sie am Computer aus rund 3.500 Bildern erzeugt, die sie mit einem Transmissionselektronenmikroskop in nur 3,5 Sekunden aufgenommen hatten. ➔ S. 40: „*Nanowelt in 3-D*“

5. Oktober 2015

## Elektronenorbitale sichtbar gemacht

Elektronenorbitale geben Auskunft über den Aufenthaltsort von Elektronen in Atomen und Molekülen. Forscher der Universität Graz, des Forschungszentrums Jülich und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt berichten in der Fachzeitschrift „Nature Communications“, dass sie diese wolken- oder ballonförmigen Gebilde in allen drei Dimensionen experimentell sichtbar machen konnten.



5. Oktober 2015

## Solarzellen für Wasserspaltung

Jülicher Forscher stellen eine Mehrfachsolarzelle aus Silizium vor, die sich vergleichsweise kostengünstig produzieren lässt und Wasserstoff nach dem Prinzip der „künstlichen Fotosynthese“ direkt mit Sonnenlicht erzeugt. Der Gesamtwirkungsgrad der Zelle liegt bei 9,5 Prozent. ➔ S. 32: „*Neue Wege in der Wasserstoff-Welt*“

7. Oktober 2015

## Forschen mit CO<sub>2</sub> aus dem Kraftwerk

Das Forschungszentrum Jülich und die RWE Power AG stellen in Niederaußem ihre Zusammenarbeit vor. Im dortigen Kraftwerk trennt eine Pilotanlage CO<sub>2</sub> aus dem Rauchgas ab. Mit dem CO<sub>2</sub> füttern Jülicher Pflanzenforscher Mikroalgen, um daraus zum Beispiel Bioöle als Basis für Treibstoffe zu gewinnen.

7. Oktober 2015

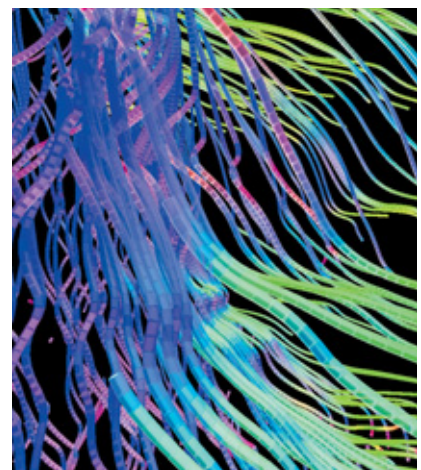
## Schwingende Biomembranen

Jülicher Forscher beschreiben in „Nature Communications“ eine neue Methode, um Schwingungen von Biomembranen zu messen. Solche Messungen sind wichtig, um besser zu verstehen, wie diese hauchdünnen und sehr elastischen Trennschichten den Transport von Stoffen in Zellen beeinflussen.

7. Oktober 2015

## Nervenfaseren werden sichtbar

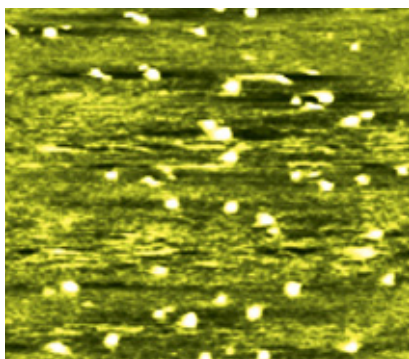
Mit „3-D Polarized Light Imaging“ haben Jülicher Wissenschaftler eine Methode entwickelt, um die Verläufe von Nervenfasern im Gehirn mit mikroskopischer Auflösung zu rekonstruieren. Nun zeigen sie – gemeinsam mit Forschern der Universität Groningen – mithilfe von Simulationen, dass das physikalische Modell zur Bestimmung der Faserverläufe verlässliche Ergebnisse liefert.



14. Oktober 2015

## Test von möglichen Alzheimer-Wirkstoffen

Wirkstoff-Kandidaten gegen Alzheimer scheiterten bislang immer wieder in den klinischen Studien mit Menschen. Forscher aus Jülich und Düsseldorf stellen ein Verfahren vor, mit dem im Vorfeld das Wirkpotenzial der Stoffe besser als bisher eingeschätzt werden kann. Es unterscheidet erstmals zwischen den Größen der toxischen Eiweißaggregate, gegen die sich die Wirkstoff-Kandidaten richten.



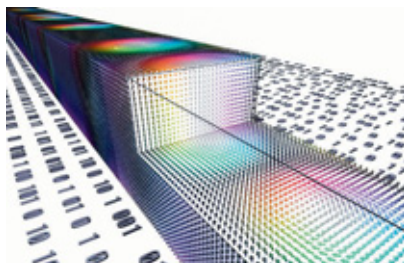
15. Oktober 2015

## Beweglichkeit von Polymeren

Viele Alltagsprodukte wie Autoreifen oder Getränkeflaschen bestehen aus Polymeren. Deren Eigenschaften hängen wesentlich davon ab, wie beweglich die einzelnen Polymer-Moleküle sind. Jülicher Forscher stellen ein Verfahren vor, um mithilfe von Neutronen die oft entscheidende Einschränkung der seitlichen Auslenkung der Moleküle einfacher und genauer als bisher zu untersuchen.

16. Oktober 2015

## Bits der Zukunft auslesen



„Nature Communications“ veröffentlicht einen Vorschlag Jülicher Forscher, wie man Daten auslesen könnte, die in winzigen Magnetwirbeln gespeichert sind. Solche sogenannten Skyrmionen gelten als mögliche Bits der Zukunft, weil sie sich energiesparend verarbeiten und auf engstem Raum speichern lassen würden.

15. Oktober 2015

## Brennstoffzellen-Weltrekord

Ein Stapel mit Hochtemperatur-Brennstoffzellen „made in Jülich“ läuft seit über acht Jahren. Das ist länger als je zuvor eine andere Festoxid-Brennstoffzelle. Diese Brennstoffzellenart gilt als ideal geeignet, um Haushalte, Lkw, Züge und Schiffe energieeffizient und umweltfreundlich mit Strom zu versorgen.

2. November 2015

## Neuer Superrechner I

Der Cluster-Rechner JURECA mit einer Rechenleistung von 2,2 Billionen Operationen pro Sekunde geht im Forschungszentrum Jülich in Betrieb. Entwickelt wurde er vom Jülich Supercomputing Centre zusammen mit dem russischen Hersteller T-Platforms und der Software-Firma ParTec. JURECAs Einsatzgebiete reichen von den Lebens- und Geowissenschaften über die Materialforschung bis hin zur Medizin.

5. November 2015

## Neuer Superrechner II

Das EU-Forschungsprojekt DEEP, das vom Jülich Supercomputing Centre koordiniert wird, präsentiert seinen Prototypen einer innovativen Rechnerarchitektur, der die Weichen für künftige Supercomputer stellen soll. ➔ S. 54: „Die Computer-Diplomatin“

17. November 2015

## Besuch aus Brüssel

Günther Oettinger, EU-Kommissar für Digitale Wirtschaft und Gesellschaft, informiert sich im Jülich Supercomputing Centre über dessen Beitrag zur Weiterentwicklung des Höchstleistungsrechnens mithilfe von Supercomputern.



1. Dezember 2015

## Entdeckung in Satelliten-Aufnahmen

Ein internationales Forscherteam unter Jülicher Beteiligung berichtet, dass es in Infrarot-Aufnahmen eines NASA-Umwelt-Satelliten Störungen in der mittleren und oberen Erdatmosphäre beobachtet hat, die beispielsweise durch Luftströmungen entstehen. ➔ S. 44: „Zufallstreffer für die Klimaforschung“

2. Dezember 2015

## Entstehung schwerer Elemente

Wissenschaftler der Universitäten Bonn und Bochum, des Forschungszentrums Jülich und zweier US-amerikanischer Universitäten stellen in der Fachzeitschrift „Nature“ eine neue Methode vor, mit der sich die Streuung von Helium-Kernen im Inneren von Sternen simulieren lässt.

➔ S. 46: „Die Geburt von Elementen“

17. Dezember 2015

## Depression und graue Substanz

Jülicher Neurowissenschaftler weisen nach, dass Depressionen mit organischen Veränderungen im Gehirn einhergehen. Bei depressiven Patienten ist die graue Substanz im medialen Frontalpol reduziert. ➔ S. 42: „Veränderung im Gehirn bei Depressionen“

2. Januar 2016

## Wintersmog in Peking

Jülicher Atmosphärenforscher starten in China eine neue Messkampagne. Einen Monat lang wollen sie die chemische Zusammensetzung der Luft im Großraum Peking messen, um herauszufinden, welche Substanzen die Smogbildung im Winter verstärken. ➔ S. 22: „Klimaziele. Klimarekorde. Klimamodelle.“



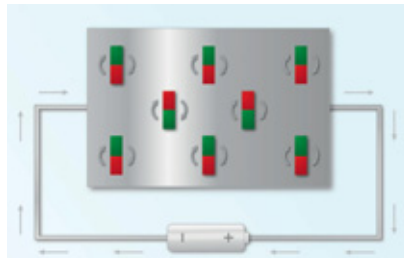
11. Januar 2016

## 1.000 Stunden Wasserstoffproduktion

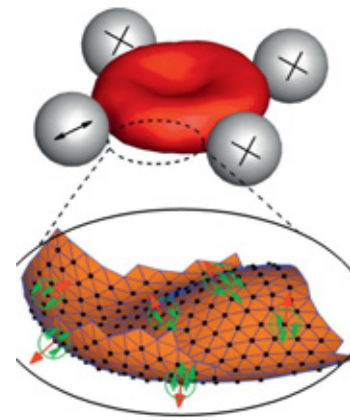
Im Projekt Ekylyser entwickeln Experten des Forschungszentrums Jülich zusammen mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie die Polymer-Elektrolyt-Membran (PEM)-Elektrolyse weiter, mit der Wasserstoff aus Wasser gewonnen werden kann. Durch Wasserstoff lassen sich große Mengen erneuerbarer Energie speichern. Eine Testanlage, in der die Forscher robustere und kostengünstige Werkstoffe erproben, erreicht ihre vorgesehene Laufzeit von 1.000 Stunden.

14. Januar 2016

## Antiferromagnetische Datenspeicher



Die renommierte Fachzeitschrift „Science“ publiziert ein Konzept, um antiferromagnetische Materialien für digitale Datenspeicher nutzbar zu machen. Europäische Forscher haben es entwickelt, darunter auch zwei theoretische Physiker aus Jülich. Solche Datenspeicher wären schneller schaltbar und kleiner als die herkömmlichen ferromagnetischen. Den Forschern war es erstmals gelungen, die magnetischen Momente eines Antiferromagneten elektronisch kontrolliert zu schalten und auszulesen.



14. Januar 2016

## Blutkörperchen in Aktion

Biophysiker aus Jülich, Münster und Paris weisen erstmals mit physikalischen Methoden nach, wie sich rote Blutkörperchen bewegen. Bislang war es unter Experten umstritten, ob die Blutkörperchen von äußeren Kräften bewegt werden oder ob sie selbst aktiv „zappeln“. Tatsächlich stimmt beides: Schnelle Moleküle in der Umgebung bringen die Membran der Blutkörperchen zum Zappeln, aber diese sind auch selbst aktiv, wenn sie genug Reaktionszeit haben.

3. Februar 2016

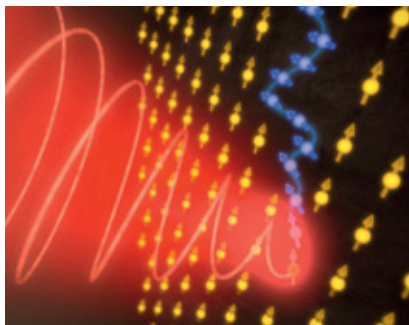
## Evakuierungszeiten ermitteln

Das Projekt „Sicherheit für Menschen mit körperlicher, geistiger oder altersbedingter Beeinträchtigung“ startet. Die Jülicher Forscher, die daran beteiligt sind, versuchen unter anderem durch Simulationen, realistische Evakuierungszeiten zu ermitteln, wenn ein Brand in einem Gebäude oder Gelände ausbricht oder es zu einem technischen Störfall kommt.

12. Februar 2016

## Baustein für Spintronik

Ein internationales Forscherteam mit Jülicher Beteiligung berichtet über einen neuen Effekt, durch den sich Spinströme mit Laserlicht kontrolliert erzeugen und steuern lassen. Spinströme basieren darauf, dass Elektronen einen Drehimpuls besitzen, der nur quantenmechanisch zu verstehen ist – den Spin. Die Wissenschaftler liefern somit einen wichtigen Baustein für die Spintronik, die in künftigen Computern eine extrem schnelle und energiesparende Datenübertragung ermöglichen soll.



12. Februar 2016

## Neuartige Neutronenquelle

Forschung mit Neutronen ermöglicht einzigartige Einblicke in das Innere von Materie und ist somit eine Schlüsseltechnologie. Jülicher Wissenschaftler stellen ein Konzept für kosteneffiziente Neutronenquellen vor, die mittelgroße Forschungsreaktoren ablösen sollen und ohne die reaktortypische Kettenreaktion funktionieren würden.

19. Februar 2016

## Ozonloch über der Arktis

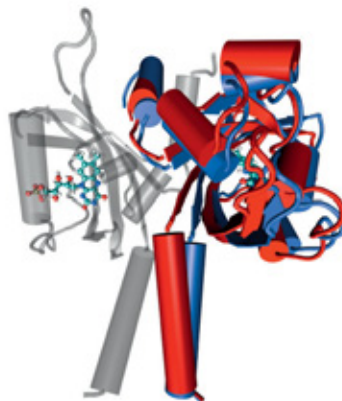


Wissenschaftler – darunter auch Jülicher Atmosphärenforscher – finden Anzeichen dafür, dass im Winter über der Arktis ein starker Ozonabbau begonnen hat. Dies ist ein erstes Ergebnis der Messflüge der mehrwöchigen Kampagne POLSTRACC. Die Messungen sollen helfen, die Mechanismen des Ozonabbaus noch besser zu verstehen. Eingesetzt wird auch der Detektor GLORIA, der von Wissenschaftlern aus Jülich und Karlsruhe entwickelt wurde.

23. März 2016

## Bewegung im lichtempfindlichen Protein

In der Natur stimulieren „LOV-Fotorezeptoren“ unter anderem die Bildung von Photosynthese-Pigmenten in Bakterien. Forscher aus Jülich, Düsseldorf, Aachen und Garching weisen mithilfe von Neutronenspektroskopie nach, dass es im Inneren dieser lichtsensitiven Proteine Bewegungen gibt, die entscheidend für deren Funktion sind. LOV-Fotorezeptoren sind auch biotechnologisch bedeutsam.



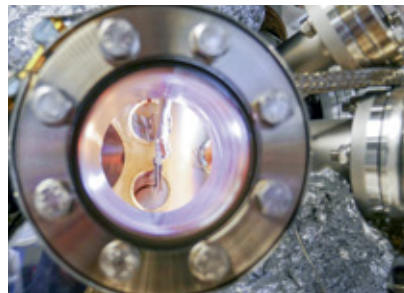
25. März 2016

## Verlässliche Quantenphysik-Software

Die Fachzeitschrift „Science“ veröffentlicht eine Studie von Wissenschaftlern aus über 30 Forschungseinrichtungen für die Quantensimulation von Materialeigenschaften. Auch Jülicher Forscher sind beteiligt. Ergebnis: Die verschiedenen Quantenphysik-Programme der aktuellen Generation liefern – auch dank der für die Studie entwickelten Vergleichsmethoden – gleichwertig präzise Ergebnisse.

29. März 2016

## Graphen und sein Träger



Die Kohlenstoffverbindung Graphen – nur ein Atom dick – ist härter als Diamant, leicht, biegsam und extrem leitfähig. Doch wenn sie auf das „falsche“ Trägermaterial aufgebracht wird, können vor allem die herausragenden elektrischen Eigenschaften verlorengehen. Jülicher Forscher zeigen, dass auch das effiziente Einbringen von Fremdatomen in Graphen, fachsprachlich Dotierung genannt, von der Wahl des Trägermaterials abhängt.



# Forschung

Seite 21 – 52

# Klimaziele. Klimarekorde. Klimamodelle.

195 Staaten haben im Dezember 2015 beim Weltklimagipfel in Paris ein neues Abkommen gegen die Erderwärmung beschlossen. Jülicher Forscher leisteten wichtige Beiträge zu den wissenschaftlichen Grundlagen.

**D**as Jahr 2015 gilt als wärmstes seit Beginn der Messungen 1880. Aktuelle Satellitendaten belegen einen deutlichen Rückgang des arktischen Wintereises. Seit 13 Jahren in Folge schrumpft der Eisanter am Nordpol offensichtlich unaufhaltsam. Ähnliches tut sich in Sibirien, Grönland und an der Mehrzahl der Gletscher weltweit.

„Es ist praktisch sicher, dass sich die Troposphäre seit Mitte des 20. Jahrhunderts global erwärmt hat“, heißt es im aktuellen Bericht des Weltklimarats IPCC. Hunderte von Wissenschaftlern aus der ganzen Welt haben als Autoren und Gutachter an den bisher vorgelegten fünf Sachstandsberichten mitgewirkt. Die beiden Jülicher Forscher Dr. Martina Krämer und Dr. Rolf Müller arbeiteten beispielsweise am aktuellen Bericht aus den Jahren 2013 und 2014 mit, der als Grundlage des Pariser Abkommens diente.

„In den Abschlussdokumenten von Paris findet sich die Realität, so wie wir sie als Wissenschaftler sehen“, bestätigt Prof. Andreas Wahner, Direktor am Jülicher

Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK). „Jedoch wird zum Beispiel das 1,5-Grad-Ziel in der Presse und den Kurzdarstellungen als neues Ziel gefeiert. Das ist aber nicht realistisch“, betont er. Wahner weist darauf, dass dieses Ziel laut allen Modellrechnungen nur dann erreicht werden kann, wenn es gelänge, sofort einen nahezu absoluten Emissionsstopp des Treibhausgases Kohlendioxid durchzusetzen. „Solange in den kommenden Jahren noch CO<sub>2</sub> emittiert wird, ist eine Begrenzung des Temperaturanstiegs auf 1,5 Grad, nach allem, was wir wissen, nicht mehr einzuhalten“, erklärt der Forscher.

Positiv vermerkt Andreas Wahner, dass im Bericht nicht nur über CO<sub>2</sub>-Limits diskutiert wird: „In den Verhandlungen auf dieser politischen Ebene stand erstmalig auch die Reduktion von Schadstoffen wie Methan, Stickoxiden, Spurengasen oder Ruß auf der Agenda“, unterstreicht er.

## Sommersmog ade?

Ein nicht unerheblicher Klimatreiber ist zum Beispiel bodennahes Ozon. Bis vor zehn Jahren war das Spurengas unter dem Titel „Sommersmog“ regelmäßig in den Schlagzeilen. Auch für Forscher überraschend, ist das bodennahe Ozon zum Beispiel in Deutschland seitdem viel schneller aus den Meldungen und auch aus der Troposphäre verschwunden, als es die Modellrechnungen vorhergesagt hatten. Was ist passiert?

Durch die Einführung von Katalysatoren sowohl für Benzin- als auch für Dieselfahrzeuge wurde insbesondere eine Stoffgruppe, die zum Sommersmog bei-



Jahre in Folge schrumpft der Eisanter am Nordpol unaufhaltsam. Gletscher und Permafrostböden sind ebenfalls auf dem Rückzug.



Astrid Kiendler-Scharr, Martin Riese, Andreas Wahner und ihre Teams untersuchen die Atmosphäre vom Boden bis in die Stratosphäre.

trägt, nämlich die Kohlenwasserstoffe, messbar reduziert. „Überraschenderweise ist die Bildung von Ozon aber deshalb stark zurückgegangen, weil die Stickoxid-Emissionen nicht in gleichem Maße wie die Kohlenwasserstoffe heruntergeschraubt wurden“, sagt Prof. Astrid Kiendler-Scharr, Direktorin am IEK. „Die nach wie vor hohen Stickoxid-Werte führen wir darauf zurück, dass die Katalysatoren einiger Dieselfahrzeuge diese offenbar nicht effektiv entfernen“, konstatiert Andreas Wahner.

Ozon entsteht als Beiprodukt, wenn Kohlenwasserstoffe aus Abgasen in Anwesenheit von Stickoxiden und UV-Licht mit den in der Luft vorhandenen OH-Radikalen reagieren. Auch Stickoxide reagieren mit OH-Radikalen, dabei entsteht aber kein Ozon, sondern Salpetersäure,  $\text{HNO}_3$ . Kohlenwasserstoffe und Stickoxide konkurrieren also in der Atmosphäre um die OH-Radikale. Sind weniger Kohlenwasserstoffe in der Luft, dafür aber gleich viele Stickoxide, überwiegt die Reaktion zwischen Stickoxiden und OH-Radikalen und es entsteht weniger Ozon. „Wären Stickoxide und Kohlenwasserstoffe im gleichen Verhältnis über die Jahre zurückgeschraubt worden, hätte man viel länger mit hohen Ozonwerten im Sommer zu tun gehabt“,

erklärt Astrid Kiendler-Scharr, „denn das Verhältnis zwischen Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden bestimmt, wie viel Ozon produziert wird, nicht der absolute Wert beider Stoffklassen.“

Tatsächlich sind die Werte für Kohlenwasserstoffe in der Luft in den vergangenen 20 Jahren so stark gesunken, dass es nach Ansicht der Forscher nun auch höchste Zeit ist, die Stickoxidbelastung massiv zu verringern.

In einer neuen Studie untersuchen die Jülicher Troposphärenforscher zudem, wie pflanzliche Emissionen mit Luftschadstoffen aus Abgasen reagieren. „Diese Daten werden dringend benötigt, um den Einfluss dieses Zusammenspiels zwischen Mensch und Pflanze auf das Klima präziser berechnen zu können“, betont Astrid Kiendler-Scharr. Wenn die flüchtigen organischen Stoffe, die Pflanzen zu mehreren Millionen Tonnen pro Jahr abgeben, in der Atmosphäre oxidiert werden, bilden sich als Nebenprodukte sowohl Ozon als auch größere Komplexe, sogenannte Aerosole. Diese können das Sonnenlicht streuen oder als Wolkenkeime dienen und somit einen kühlenden Effekt haben. Manche der organischen Pflanzen-



Felix Plöger  
berechnet globale  
Luftzirkulationen in  
der Stratosphäre.

stoffe können jedoch die Aerosolbildung unterdrücken – was auch davon abhängt, ob die Pflanzen unter Trockenstress oder Insektenfraß leiden.

Während die luftchemischen Prozesse im Verlauf der Sommermonate weitgehend geklärt sind, arbeiten die Wissenschaftler nun mit Hochdruck an der Frage, welche Substanzen die Smogbildung im Winter verstärken. „Denn Feinstaub und Smog entstehen nicht nur durch Verkehr und Industrie“, bemerkt Andreas Wahner, „sondern ein Großteil der Schadstoffe wird erst in der Luft gebildet – durch OH-Radikale und weitere, bisher unbekannte Stoffe.“ Deshalb startete Anfang Januar 2016 das Team um Wahner und Kiendler-Scharr eine neue Messkampagne in China. Für die Dauer von zwei Monaten wurde die chemische

Zusammensetzung der Luft im stark belasteten Großraum Peking gemessen. „Ein großes Ziel ist es, der chinesischen Regierung wie schon bei anderen Kampagnen zuvor konkrete Handlungsempfehlungen zu geben“, erläutert Andreas Wahner. „Die Daten werden uns außerdem helfen, unsere numerischen Computersimulationen zu verbessern und zu überprüfen, ob wir tatsächlich das richtige Verständnis von den Vorgängen in der Atmosphäre haben“, resümiert er. Denn es gibt offenbar mehr OH-Radikale in der Atmosphäre als herkömmliche Computermodelle vorhersagen. Woher diese zusätzlichen Moleküle kommen, ist bisher unbekannt.

„Wenn Theorie und real gemessene Daten partout nicht zusammenpassen wollen, müssen manchmal auch die vorhandenen Daten komplett neu interpretiert werden“, fügt Dr. Felix Plöger vom IEK an. Sein Spezialgebiet sind globale Luftströme in der Stratosphäre. Er untersucht Luftpakete, die in den Tropen aus der Troposphäre in die Stratosphäre, also in Höhen von circa 15 bis 50 Kilometern, aufsteigen und dann bis in polare Breiten wandern, wo die Luftmassen wieder absinken. „Auf ihrem Weg durch die Stratosphäre altert die Luft, und ein Luftpaket benötigt für diese Zirkulation üblicherweise fünf bis sechs Jahre. Zusätzlich beeinflussen schnelle Mischprozesse zwischen Tropen und polaren Breiten diesen Transport“, beschreibt Felix Plöger die Situation. Aus dem Alter

## Innerhalb des vergangenen Jahrzehnts haben sich die Zirkulationsmuster der Luftmassen weltweit verschoben.

Felix Plöger | Institut für Energie- und Klimaforschung

der Luftpakete bei Ankunft in polaren Breiten leiteten Forscher bislang die Geschwindigkeit der globalen Zirkulation ab.

### Mischprozesse neu berechnen

Alle aktuellen Klimamodelle weisen darauf hin, dass durch die Erderwärmung die Luftmassen schneller zwischen Tropen und polaren Breiten zirkulieren, die Luftpakete also jünger werden. Eine beschleunigte Zirkulation gilt den Wissenschaftlern als ein Maßstab dafür, wie rasch der Klimawandel voranschreitet. Satelliten- und Ballondaten der vergangenen 35 Jahre zeigen jedoch ein anderes Bild: Die stratosphärischen Luftpakete der Nordhalbkugel, der dortigen Subtropen und mittleren Breiten scheinen älter zu werden, nur die der Südhalbkugel zirkulieren offenbar schneller. Haben die Forscher sich verrechnet? „Modelle und real gemessene Daten scheinen sich zunächst zu widersprechen“, gibt Plöger zu bedenken. In seiner Modellrechnung bezog er daher sowohl die großskalige globale Luftströmung als auch Mischprozesse mit ein, die dazu führen, dass tropische Luftpakete auf ihrem Weg nach Norden mit älteren Luftmolekülen aus hohen Breiten angereichert werden. „Diese Mischprozesse sind auf der Nordhalbkugel intensiver, da die hier vorhandenen größeren Landmassen für stärkere Turbulenzen sorgen“, erwähnt Plöger. So erscheinen die Luftpakete älter, als sie ohne die zusätzliche Vermischung wären. Dieses Phänomen nennt man „aging by mixing“.

So zeigt sich in einer 2015 von den Jülicher Wissenschaftlern veröffentlichten Neuberechnung, dass zwischen 1990 und 2013 das Alter der Luftmassen nahezu weltweit abnimmt, bis auf Teile der Nordhalbkugel. Nach Berücksichtigung der Mixing-Effekte steht dies nicht im Widerspruch zu einer Beschleunigung der globalen Zirkulation. Zudem stellt sich für den Zeitraum 2002 bis 2012 – entsprechend den Satellitendaten – nun auch in den Modellsimulationen eine klare Asymmetrie zwischen der Nord- und Südhalbkugel heraus. „Das Alter einer Luftmasse ist das Ergebnis einer sehr feinen Balance zweier gegensätzlicher Effekte“, fasst Felix Plöger zusammen. „Änderungen des Alters von Luftpaketen sind kein klarer Beweis für eine veränderte stratosphärische Zirkulation“, betont er, „erst wenn man die Mischeffekte in der unteren Stratosphäre miteinbezieht, ergibt sich ein eindeutigeres Bild.“ Insbesondere scheinen sich die Zirkulations- und Mischungsmuster innerhalb des letzten Jahrzehnts weltweit verschoben zu haben. Welche Auswirkung dies auf das Klima hat, ist Gegenstand intensiver Forschungsarbeiten am IEK.

Wie rasch ein Luftpaket aus den Tropen in Europa landen kann, zeigen aktuelle Berechnungen von Dr. Bärbel Vogel, die ebenfalls am IEK forscht. Sie entdeckte während einer Messkampagne in der Stratosphäre über Europa Spurengase wie Kohlenmonoxid, Methan und Wasserdampf, die in dieser Größenordnung eigentlich in die Troposphäre gehören. Ihre Modellrechnungen zeigen, dass Luftmassen in Südostasien durch Taifune innerhalb von ein bis zwei Tagen von bodennahen Luftschichten bis in die obere Troposphäre, also auf etwa 15 Kilometer, gehoben werden. Im Sommer gelangen diese Luftmassen dann in die großräumige asiatische Monsunzirkulation. Diese ist dafür verantwortlich, dass die Luftpakete samt Schadstoffen innerhalb von nur fünf Wochen bis nach Europa transportiert werden. Koordiniert durch Wissenschaftler des IEK, sammelt eine Flugzeugmesskampagne in Indien im Sommer 2016 erstmalig Daten aus diesen Höhen, um die Prozesse im Detail zu verstehen.

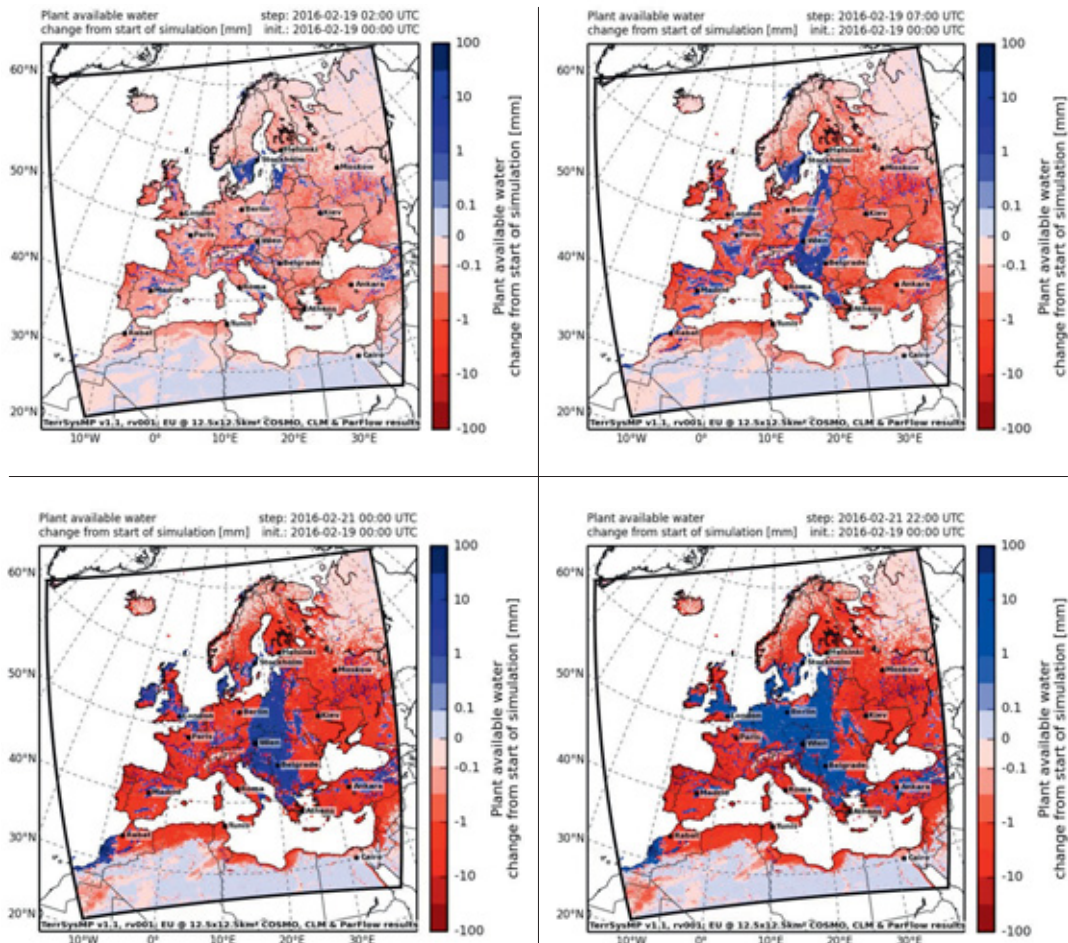
Dass es wesentlich ist, natürliche Abläufe zu erfassen, um diese in den Klimaprognosen dann entsprechend einzuordnen, zeigt eine Studie von Dr. Mengchu Tao und Dr. Paul Konopka, beide arbeiten am IEK. Durch die Erderwärmung rechnen



Jülicher Forscher messen die Luftchemie sowohl in entlegenen Eiswüsten als auch in den stark belasteten Metropolen der Welt.



## Terrestrial Systems Modeling Platform



Mit TerrSysMP kann das pflanzenverfügbare Wasser berechnet werden. Die Bilder zeigen die Menge an Wasser, das im Boden gespeichert ist und der Pflanze zur Verfügung steht.

Forscher weltweit mit einem steigenden Gehalt an Wasserdampf in der Atmosphäre. Da Wasserdampf das wichtigste Treibhausgas darstellt, ist es essenziell, natürliche Schwankungen von menschengemachten Einflüssen zu unterscheiden. Die Jülicher Wissenschaftler stellten fest, dass zwischen den periodisch auftretenden starken plötzlichen Stratosphärenerwärmungen und dem Wassergehalt der Stratosphäre ein direkter Zusammenhang besteht. „Über einen Zeitraum von 35 Jahren konnten wir zeigen, dass in den 80er Jahren acht solcher stratosphärischer Erwärmungen stattgefunden haben, in den 90er Jahren nur eine, und seit 2000 haben wir elf dieser Wärmeereignisse verzeichnet“, beschreibt Paul Konopka die Situation. „Gleichzeitig wurde die Stratosphäre während solcher Wärmeperioden trockener, in den 90ern war sie entsprechend feuchter“, fügt er an. Das hat Konsequenzen für das Klima am Erdboden: Die

Forscher gehen davon aus, dass eine höhere Luftfeuchte in der Stratosphäre den Treibhauseffekt verstärkt, ein Abfall der Wasserdampfkonzentration kann hingegen die Erderwärmung abpuffern. Der Effekt dieser Schwankungen auf das globale Klima ist Gegenstand intensiver internationaler Forschung. Denn die plötzlichen Stratosphärenerwärmungen führen nicht nur zu einer trockeneren Stratosphäre, sondern auch dazu, dass der Polarwirbel über dem Nordpol im Winter zusammenbricht, und damit tageweise zu ungewöhnlich hohen Temperaturen.

### Neuer Leitfaden für Eiswolken

„Auch der Effekt von Eiswolken auf das Klima muss neu bewertet werden“, sagt Dr. Martina Krämer, ebenfalls Forscherin am IEK. Sie hat 2015 einen in Fachkreisen viel beachteten wissenschaftlichen Leitfaden für Eis-

wolken – den sogenannten Zirren – veröffentlicht. In diesem „Cirrus Guide“ unterscheidet die Wissenschaftlerin zwischen zwei Typen von Zirren. Grob vereinfacht zwischen optisch dünnen und optisch dichten Eiswolken, die aber völlig unterschiedlich entstehen und auch anders zusammengesetzt sind: die dünnen enthalten weniger, die dichten mehr Eiskristalle. Diese Unterschiede bestimmen auch, wie diese Wolken mit Wärmestrahlung von Sonne und Erdoberfläche umgehen.

### Klimamodelle justieren

Der ersten Sorte, den optisch dünnen Zirren, wird ein wärmender Effekt auf das Klima zugeschrieben, die zweite Art soll das Klima kühlen. „Optisch dünne Zirren lassen mehr Sonnenstrahlung durch, weil sie weniger Eiskristalle beinhalten. Die dichteren Zirren lassen aufgrund ihrer optischen Eigenschaften – viele Eiskristalle auf engem Raum – weniger Sonnenlicht passieren“, erklärt Martina Krämer. „Die Modelle arbeiten im Moment jedoch mit zu hohen Eiskristallzahlen und somit mit ungenauen Prognosen zur Rückkopplung“, stellt sie fest. Immerhin sind 30 Prozent der Tropen im Jahresmittel mit Zirren bedeckt. Ihren Einfluss korrekt berechnen zu können, wäre ein Meilenstein der Klimaforschung. Der Cirrus Guide hilft nun dabei, bestehende Klimamodelle entsprechend zu justieren.

Um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserversorgung in Europa für die Landwirtschaft und die Bevölkerung besser einzuordnen, gehen Prof. Stefan Kollet und Prof. Harrie-Jan Hendricks-Franssen vom Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG) und Dr. Klaus Görgen vom Jülicher Supercomputing Centre (JSC) neue Wege mit dem Kompetenzzentrum für wissenschaftliches Hochleistungsrechnen in terrestrischen Systemen des Geoverbunds ABC/J: Gemeinsam mit Kollegen vom DFG-Sonderforschungsbereich Transregio 32 entwickeln sie Modelle für die Simulation des Zusammenspiels von Wasser-, Energie- und Stoffflüssen vom Grundwasser bis in die Atmosphäre. Die Forscher haben hierzu ein Modellsystem entwickelt, das sie „Terrestrial Systems Modeling Platform“ (TerrSysMP) getauft haben. Mit diesem Modell berechnen sie neben den typischen Atmosphärendaten wie Lufttemperatur oder Niederschlag erstmalig auch Prognosen zu gekoppelten Wasserkreislaufprozessen im Boden. „So werden auch das pflanzenverfügbare Wasser oder Änderungen des Gesamtwasserspeichers im Untergrund kalkuliert“, erklärt Stefan Kollet.



Prozent der Tropen sind im Jahresmittel mit Zirren bedeckt.

Eine solche umfassende Simulation bedarf enormer Rechenleistung, um tagesaktuelle Ergebnisse zur Verfügung stellen zu können. Daher nutzen die Forscher für ihre Berechnungen unter anderem die Jülicher Supercomputer JUQUEEN und JURECA. Die Ergebnisse, die jeweils experimentelle Voraussagen für bis zu 72 Stunden zeigen, stellen sie in Form von Videos auf YouTube zur Verfügung. → [www.fz-juelich.de/terrsys](http://www.fz-juelich.de/terrsys)

Die Videos zeigen beispielsweise, wie der Grundwasserstand variiert oder wie viel Wasser im Boden gespeichert ist. Während die einen Daten für Wasserversorger von Interesse sind, möchten Landwirte vor allem wissen wie viel „pflanzenverfügbares Wasser“ vorhanden ist.

### Industrie und Politik beraten

„Der nächste Schritt ist es, das System weiter auszubauen und unsere Berechnungen zum Beispiel mit Satellitendaten zusammenzuführen“, unterstreicht Kollet. „Zudem suchen wir langfristig den Anschluss an die Industrie, um einen entsprechenden Wissenstransfer in Richtung Endnutzer zu ermöglichen“, blickt er voraus.

Die Arbeiten der Jülicher Forscher zeigen, wie komplex die Vorgänge im terrestrischen Erdsystem und Klimageschehen sind. Das Ziel ist es daher, gemeinsam mit internationalen Wissenschaftlerteams die Modelle zur Vorhersage des terrestrischen Wasser- und Energiekreislaufs und des Klimas immer präziser zu gestalten. „Wir schaffen die wissenschaftliche Basis, um Vorhersagen für kürzere Zeitskalen als bisher zu ermöglichen. Solche Vorhersagen sind eine wichtige Grundlage für die Politik. Sie helfen, über notwendige Maßnahmen zur Eindämmung der Erderwärmung, aber auch über Anpassungen an den Klimawandel zu entscheiden“, fasst Prof. Martin Riese, Direktor am Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK), zusammen.

# Erkenntnisse über die Generation Widerstand

Computerspeicher, die schnell sind und ein gutes Gedächtnis haben, könnten künftig aus neuartigen Bauelementen bestehen, den memristiven Zellen. Noch sind sie nicht ausgereift. Doch das wird sich wohl bald ändern. Dazu tragen detaillierte Einblicke Jülicher Forscher in die Vorgänge beim Speichern bei.

**B**eim PC ist es einem so vertraut, dass man kaum darüber nachdenkt: Da gibt es die Festplatte, auf der man seine Dateien dauerhaft abspeichert, und einen Arbeitsspeicher. Die Existenz dieses Speichers, auch bekannt unter seinem Kürzel DRAM, wird einem meist nur beim Computerkauf bewusst – oder wenn der Computer zu leistungsschwach ist, um beim Hochfahren die Befehle und Programme zügig zu laden. Dass im PC überhaupt zwei Arten Speicher zum Einsatz kommen, hat gute Gründe: Die Daten im Arbeitsspeicher verflüchtigen sich, sobald der Strom abgeschaltet wird. Dafür kann er während des Computerbetriebes Daten sehr viel schneller einschreiben und auslesen als die Festplatte mit dem Langzeitgedächtnis.

Auch Forschern aus Wissenschaft und Industrie ist diese Aufgabenteilung der Speicher vertraut. Anders als unsereins denken viele von ihnen trotzdem darüber nach – besonders darüber, ob diese Trennung nicht aufzuheben ist. Sie erforschen Möglichkeiten, Daten schneller und gleichzeitig dauerhaft zu speichern, auf möglichst kleinem Raum und bei geringem Energiebedarf. Besonders vielversprechende Kandidaten für einen solchen Speicher sind die sogenannten memristiven Zellen, kurz ReRAM. Sie speichern die beiden Grundelemente aller Computersprachen, die Null und die Eins, auf eine grundsätzlich andere Weise als etwa eine Festplatte oder ein herkömmlicher Arbeitsspeicher. Ein ReRAM merkt sich die Informationsbits anhand ihres elektrischen Widerstandes, der zwischen hohen und niedrigen Werten schaltbar ist – und behält seinen Zustand selbst dann, wenn keine äußere Spannung mehr anliegt.

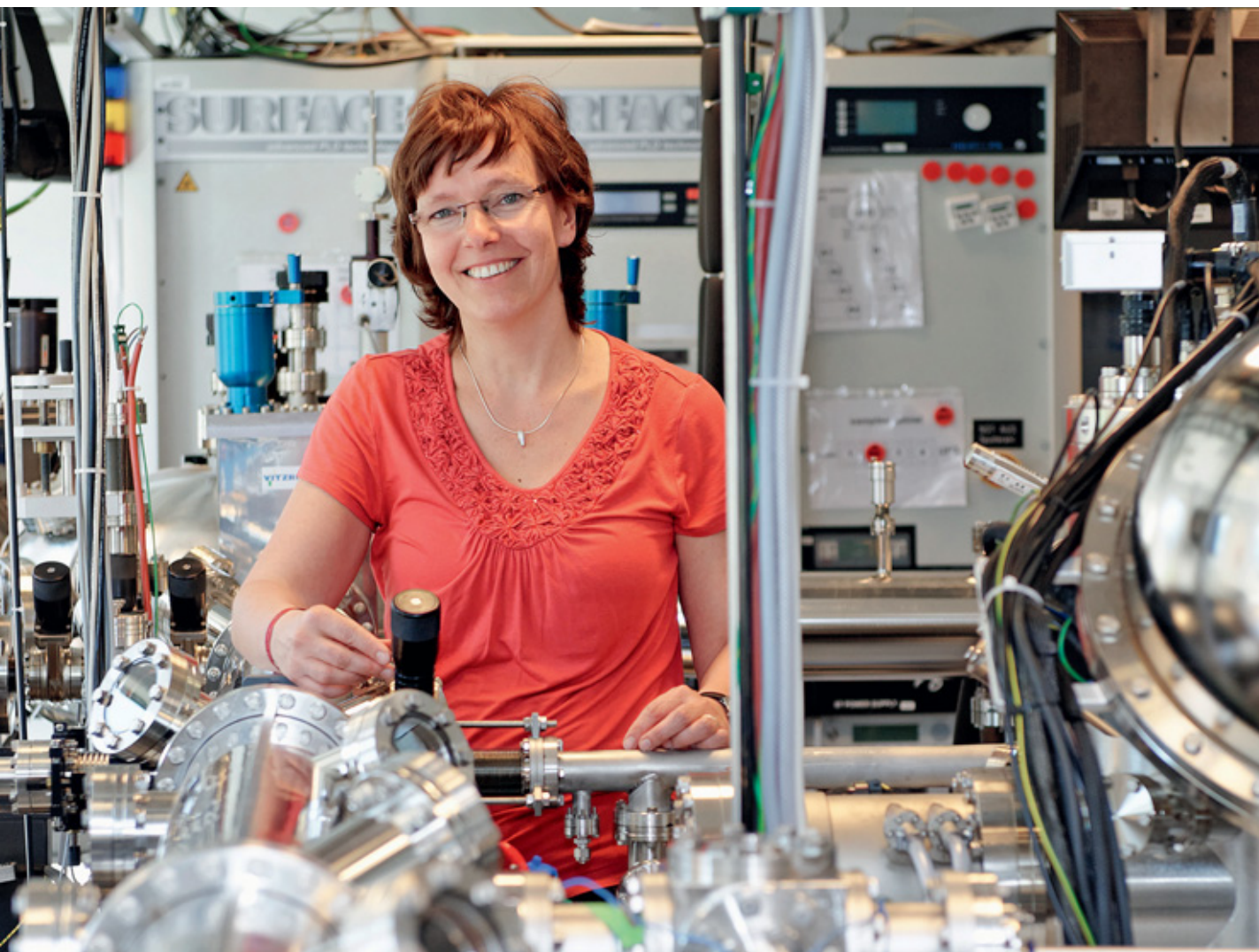


Ein Blick in das Jülicher Electronic Oxide Cluster Labor. Dort werden im Ultrahochvakuum Materialschichten für Datenspeicher hergestellt und untersucht.

## Überraschend und wegweisend

Ein Forscherteam, das die internationale Konkurrenz in Sachen ReRAM immer wieder aufhorchen lässt, ist in Jülich und Aachen zuhause. Auch 2015 haben die Wissenschaftler um Prof. Rainer Waser wieder überraschende und zugleich wegweisende Erkenntnisse gewonnen.

Die besonderen Eigenschaften von memristiven Zellen kommen auf unterschiedlichen Wegen zustande. Demnach unterscheiden die Fachleute zwei Arten von ReRAMs: Valenzwechsel-Zellen (VCM) und elektrochemische Metallisierungszellen (ECM). Bei beiden



Regina Dittmann im Jülicher Electronic Oxide Cluster Labor. Sie hat gemeinsam mit anderen Forschern Vorgänge analysiert, die in Valenzwechsel-Zellen ablaufen.

wandern Ionen – ganz ähnlich wie in einer Batterie – zwischen zwei Elektroden hin und her. Anders als in einer Batterie befinden sich die Elektroden an den beiden Seiten einer Metalloxidschicht, die nur wenige Nanometer (millionstel Millimeter) dick ist.

„Bisher nahm man an, dass sich VCM und ECM deutlich unterscheiden“, sagt Waser. Demnach fangen in einer ECM positiv geladene Metall-Ionen an zu wandern, wenn man eine Spannung anlegt. Dadurch wachsen zwischen den Elektroden faserartige Gebilde, sogenannte Filamente. Hat sich auf diese Weise ein elektrisch leitender Kontakt zwischen den beiden Elektroden ausgebildet, sinkt der Widerstand der Zelle schlagartig und sie befindet sich im „On-Zustand“, entsprechend der Eins in der Computersprache. Wird eine Spannung umgekehrter Polarität angelegt, löst sich das Filament auf, der Widerstand der Zelle steigt auf einen hohen Wert. Das entspricht dem „Off-Zustand“ oder der Null in der Computersprache.

Die Schalteigenschaften der VCM wurden dagegen bislang hauptsächlich darauf zurückgeführt, dass sich Sauerstoff-Ionen verschieben. Im Gegensatz zu den Metall-Ionen der ECM sind die Sauerstoff-Ionen negativ geladen. Wird eine Spannung angelegt, bewegen sie sich aus der Metalloxidschicht heraus. Die zurückbleibenden Leerstellen bilden Filamente, die im Gegensatz zu dem umgebenden Metalloxid leitfähig sind. Um Daten speichern zu können, müssen die jeweiligen Prozesse bei den VCM wie auch bei den ECM gezielt gesteuert werden. Die Jülicher und Aachener Wissenschaftler um Rainer Waser und Ilia Valov haben nun festgestellt, dass die Unterschiede zwischen beiden Zelltypen geringer sind als bislang angenommen.

➔ S. 31: Grafik

Zusammen mit Kollegen aus Südkorea, Japan und den USA haben sie herausgefunden: Das Bild, das sich die Forschung von dem ablaufenden Schaltprozess in VCM bisher machte, ist nicht vollständig. Denn zur



Rainer Waser leitet ein Jülich-Aachener-Forscherteam, das die internationale Konkurrenz in Sachen Superdatenspeicher immer wieder aufhorchen lässt.

Filamentbildung tragen nicht nur Sauerstoff-Ionen, sondern auch positive Metall-Ionen bei – ganz ähnlich wie bei einer ECM. „Dieser Vorgang wurde erst sichtbar, nachdem wir die Bewegung der Sauerstoff-Ionen unterdrückt hatten“, sagt Valov. Dazu brachten die Forscher eine dünne Kohlenstoffschicht direkt über dem Elektrodenmaterial auf. Unter anderem verwendeten sie das als „Wundermaterial“ bekannte Graphen, das nur aus einer einzigen Lage Kohlenstoff besteht.

**Die wesentlichen Vorgänge finden nicht im gesamten Bauelement statt, sondern nur an den winzigen Filamenten und in der Nähe der Elektroden-Grenzfläche.**

Regina Dittmann | Peter Grünberg Institut

„Wir konnten plötzlich eine Schaltcharakteristik beobachten, die der einer ECM-Zelle gleicht“, so Valov. Die Vermutung der Wissenschaftler, dass dies auf die Aktivität beweglicher Metall-Ionen zurückzuführen ist, konnten sie mithilfe weiterer Experimente bestätigen. Dabei setzten sie unter anderem die Rastertunnelmikroskopie ein. Die Fachzeitschrift „Nature Nanotechnology“ veröffentlichte im September 2015 die Ergebnisse des Forscherteams.

Was bedeuten die aktuellen Erkenntnisse für die Praxis? „Beispielsweise lassen sich nun neuartige VCM mit einer Zwischenschicht aus Kohlenstoff bauen, bei denen man von einem zum anderen Schaltprozess wechseln kann“, sagt Valov. Vor allem aber hilft ein richtiges, genaueres Verständnis der ablaufenden Vorgänge, VCM gezielt zu verbessern. Diese Optimierung erfolgt heutzutage nicht nur in Laborexperimenten, sondern auch mithilfe von Computersimulationen. Diese wiederum liefern nur dann realistische Ergebnisse, wenn die zugrunde liegenden Computermodelle die Prozesse in der Welt der Atome, Moleküle und Ionen möglichst vollständig wiedergeben.

#### Kooperation mit der Industrie

Die Aktivitäten von Grundlagenorientierten Wissenschaftlern sind bei der Forschung an memristiven Speicherzellen eng mit den Entwicklungsabteilungen der Industrie verzahnt. So kooperiert das Team von Rainer Waser unter anderem mit Samsung Electronics und Intel. Einige Unternehmen haben dem Markt schon VCM-Prototypen vorgestellt. Darüber hinaus werden Kleinserien für spezielle Anwendungen produziert. Doch noch ist die Technik nicht ausgereift genug, um auf breiter Front die gängigen Speichertypen zu verdrängen. „Memristive Zellen arbeiten bislang nicht genügend zuverlässig. Das schränkt ihre kommerzielle Nutzung ein“, sagt Prof. Regina Dittmann, Mitarbeiterin von Rainer Waser. Zwar zeigen Laborexperimente, dass manche Exemplare der Zellen mindestens zehn Jahre lang Daten speichern können, doch andere verlieren ihre Daten viel schneller. „Lange war nicht klar, warum“, so Dittmann. In enger Kooperation mit Wissenschaftlern des Jülich-Aachener Sonderforschungsbereiches (SFB) „Nanoswitches“ hat sie nun Licht ins Dunkel gebracht.

Den Forschern gelang es, die in VCM ablaufenden Reaktionen sichtbar zu machen – und zwar auf einige Nanometer genau. „Denn die wesentlichen Vorgänge

finden nicht im gesamten Bauelement statt, sondern nur an den winzigen Filamenten und in der Nähe der Elektroden-Grenzfläche“, erläutert Dittmann. Mehrere Jahre haben die Wissenschaftler alleine gebraucht, um existierende Mess- und Präparationsmethoden so zu verbessern, dass diese den hohen Anforderungen gewachsen waren.

### Das Geheimnis der Stabilität

Die Forscher fanden im Jülicher Electronic Oxide Cluster Labor heraus, wie man im Vakuum die Elektroden der VCM präzise mechanisch ablösen kann, um das Metalloxid freizulegen. Danach konnten sie später am italienischen Elektronen-Synchrotron Elettra mit der mikroskopischen Röntgenspektroskopie das Metalloxid in verschiedenen Schaltzuständen analysieren.

Als sie VCM-Exemplare aus einem Strontium-Titan-Oxid ( $\text{SrTiO}_3$ ) untersuchten, stellten sie fest: Bei allen Exemplaren, die lange Zeit stabil waren, hatte sich an der Grenze zur Elektrode eine Strontiumoxid-Schicht ( $\text{SrO}$ ) abgelagert. „Das brachte uns auf die Idee, dass diese Schicht Sauerstoff-Ionen nur sehr langsam transportiert, daher die ungewollte Rückwanderung dieser Ionen hemmt und somit die Zeitstabilität der Zelle verbessert“, erinnert sich Dittmann. Berechnun-

gen einer Aachener Gruppe des SFB bestätigten diese Idee. Daraufhin überprüfte das Wissenschaftlerteam seine Vermutung weiter, indem es unter anderem Aluminiumoxid als Schicht aufbrachte, das bekanntermaßen ein schlechter Sauerstoff-Ionen-Leiter ist.

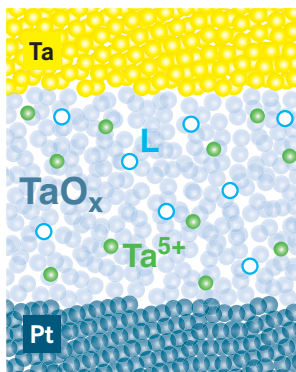
Tatsächlich kann die Aluminiumoxid-Schicht verhindern, dass die VCM-Zelle im „On-Zustand“ durch das Wiedereinwandern der Sauerstoff-Ionen unerwünscht in den „Off-Zustand“ zurückkehrt und somit Informationen verliert. Man könnte nun annehmen, eine solche Schicht würde auch umgekehrt das Auswandern der Sauerstoff-Ionen aus dem Metalloxid behindern und somit das gewollte Schalten der VCM vom Off- in den On-Zustand verlangsamen. Diese Bedenken kann Regina Dittmann zerstreuen: „Während des Schaltvorgangs steigen Spannung und Temperatur im Material an.“ Dadurch erhöhe sich der Sauerstofftransport schlagartig.

Die Forscher haben ihre Erkenntnisse im Oktober 2015 in der Fachzeitschrift „Nature Communications“ veröffentlicht. Rainer Waser freut sich: „Es ist uns als erstem Team weltweit gelungen, aufgrund des mikroskopischen Verständnisses des Sauerstofftransports in einer memristiven Zelle eine Regel für das ReRAM-Design abzuleiten.“

## So funktioniert eine Valenzwechsel-Zelle (VCM)

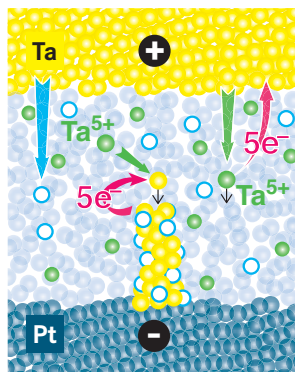
### OFF-Zustand

Im Off-Zustand hat die VCM einen hohen elektrischen Widerstand. Positiv geladene Tantal-Ionen (grün) und Stellen, an denen negative Sauerstoff-Ionen fehlen (Sauerstoff-Leerstellen, L, blau), sind zwischen den Elektroden verteilt.



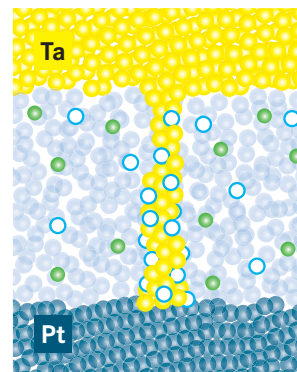
### Spannungszufuhr

Beim Anlegen einer Spannung lösen sich Tantal-Ionen aus der Tantalelektrode. Gemeinsam mit Sauerstoff-Leerstellen wandern sie zur Platinelektrode. Elektronen aus dieser negativen Elektrode machen aus den Ionen wieder Atome.



### ON-Zustand

So entsteht zwischen den beiden Elektroden ein elektrisch leitendes Filament aus Tantal und Sauerstoff-Leerstellen. In diesem Zustand (ON) hat die VCM einen niedrigen Widerstand. Wird anschließend eine Spannung umgekehrter Polarität angelegt, löst sich das Filament wieder auf (OFF-Zustand, Bild I.).



# Neue Wege in der Wasserstoff-Welt

Umweltfreundlicher Wasserstoff, hergestellt mithilfe von Sonnen- und Windenergie, könnte künftig Erdöl und Erdgas ersetzen. Zwei Jülicher Forschergruppen arbeiten auf ganz unterschiedliche Weise daran, die Chancen für den Wandel hin zu einer Wasserstoff-Energiewirtschaft zu verbessern.

**E**ine Reihe von Experten hält Wasserstoff für einen wesentlichen Baustein der Energiewende. Wenn im Jahr 2050 – so wie es die Bundesregierung plant – 80 Prozent des Stroms aus regenerativer Energie erzeugt werden, müssen wohl große Mengen Energie zwischengespeichert werden. In Zeiten, in denen Windkraft- und Solaranlagen mehr Strom produzieren als gerade benötigt, lässt sich der Strom nutzen, um damit Wasserstoff herzustellen. In Zeiten, in denen viel Strom benötigt wird, aber der Wind nicht ausreichend bläst und die Sonne nicht lang genug scheint, wird man, so die Vision, die darin gespeicherte Energie abgasfrei in Strom umwandeln.

Prof. Peter Wasserscheid vom Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg für Erneuerbare Energien (HI-ERN) sieht noch weitere Vorteile einer Wasserstoff-Energiewirtschaft: „Nimmt man die Klimaschutzziele ernst, so muss man nicht nur bei der Stromerzeugung, sondern auch im Verkehr und im Wärmesektor den Kohlendioxid-Ausstoß stark reduzieren. Mit Wasserstoff wäre das grundsätzlich möglich.“ Denn es gibt bereits Prototypen von Brennstoffzellenautos und sogar erste Serienfahrzeuge von Toyota, die mit Wasserstoff angetrieben werden. Und Brennstoffzellen-Heizgeräte für Ein- und Mehrfamilienhäuser nutzen ebenfalls

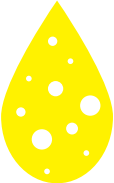
Wasserstoff, der heute allerdings noch im Gerät aufwendig aus Erdgas gewonnen wird.

Doch bislang gibt es Hindernisse, die den Sprung in die Wasserstoff-Zukunft erschweren. Peter Wasserscheid hat sich der Aufgabe verschrieben, sie auf innovative Weise beiseitezuräumen. Er ist der Gründungsdirektor des HI-ERN, das als Außenstelle des Forschungszentrums Jülich betrieben wird.

## Mehr Sicherheit, geringere Kosten

Eines der Hindernisse besteht darin, dass die „volumetrische Energiedichte“ (Fachsprache) des Wasserstoffs äußerst gering ist. Gemeint ist, dass in jedem Liter Wasserstoffgas bei Normaldruck nur ein Bruchteil der Energie gespeichert ist, die zum Beispiel in einem Liter Superbenzin enthalten ist, nämlich nur 3 statt 8.760 Wattstunden. Um die Energiedichte zu erhöhen, wird Wasserstoff beispielsweise in Tanklastern üblicherweise bei einem Druck von 200 bar transportiert oder in flüssiger Form bei minus 253 Grad Celsius (2.360 Wattstunden pro Liter). Doch der Umgang mit Druck- oder Flüssigwasserstoff erfordert höhere Sicherheitsmaßnahmen und führt zu höheren Kosten. Eine weitere Schwierigkeit beim Weg in die Wasserstoff-Zukunft ist, dass ein sehr teures Netz von Wasserstoff-Pipelines und Wasserstoff-Tankstellen aufgebaut werden muss.

Das Rezept, mit dem sich beide Hindernisse beseitigen ließen: Man nehme Wasserstoff und lasse ihn mit einer ungesättigten organischen Verbindung reagieren – einer Flüssigkeit also, bei der die Kohlenstoffatome durch Doppelbindungen miteinander verknüpft sind, die sich gerne mit Wasserstoff und anderen Elementen verbinden. Dadurch wandelt sich die

650 

Liter Wasserstoff oder mehr nimmt ein Liter LOHC auf.



Peter Wasserscheid, Gründungsdirektor des Helmholtz-Instituts Erlangen-Nürnberg, präsentiert seine Forschung zur Energieversorgung der Zukunft.

Flüssigkeit in eine energiereichere Verbindung um, die nur Kohlenstoff-Kohlenstoff-Einfachbindungen enthält und die die Chemiker daher als gesättigt bezeichnen. Diese Flüssigkeit kann dann ähnlich wie Erdöl und Benzin gelagert oder transportiert werden. Wird irgendwo Energie benötigt – um Autos anzutreiben, Häuser zu heizen oder in Form von Strom –, kann man den Wasserstoff aus der Flüssigkeit wieder freisetzen. Dabei geht die organische Verbindung wieder in den energieärmeren ungesättigten Zustand über und kann bei nächster Gelegenheit wieder mit Wasserstoff reagieren – der Kreislauf beginnt von vorn. Flüssigkeiten, die eine solche Energiespeicher- und Energietransport-Funktion übernehmen können, bezeichnen Experten als Liquid Organic Hydrogen Carrier (flüssige organische Wasserstoffträger) oder kurz: LOHC.

➔ S. 35: Grafik

Prinzipiell würde sich eine ganze Reihe von Stoffen als LOHC eignen. „Doch für den Erfolg des Konzepts ist es entscheidend, dass das LOHC-System in allen wichtigen Punkten – unter anderem Wasserstoffkapazität, Umwandlungsgeschwindigkeit, Stabilität, Sicherheit und Umweltfreundlichkeit – den Anforderungen genügt“, sagt Wasserscheid. Er ist überzeugt, die richtige Flüssigkeit gefunden zu haben: Dibenzyltoluol

(DBT), das sich mit Wasserstoff in Perhydrodibenzyltoluol (PHDBT) umwandelt. Es ist als Wärmeträgeröl bereits etabliert und kein Gefahrgut. Das Öl ließe sich mit der heutigen Benzininfrastruktur pumpen, lagern und transportieren.

#### Industrie zeigt Interesse

Das DBT-PHDBT-System ist bereits mehr als ein akademisches Planspiel. Wasserscheid ist einer der Gründer des Erlanger Unternehmens Hydrogenious Technologies GmbH, das kommerzielle Prototyp-Anlagen anbietet, in denen entweder DBT mit Wasserstoff gesättigt oder dem PHDBT der Wasserstoff entzogen wird. Andere Unternehmen wie Areva, Clariant oder Siemens interessieren sich ebenfalls schon für das LOHC-System. „Doch auch wenn die Technologie am Anfang der Kommerzialisierung steht – zu forschen gibt es daran trotzdem noch mehr als genug“, sagt Wasserscheid.

So hängt die Effizienz der Energiespeicherung wesentlich von den Katalysatoren ab, die für die Hydrierung – die Reaktion mit Wasserstoff – oder die Dehydrierung – den Entzug des Wasserstoffs – zur Verfügung stehen. Katalysatoren sind Stoffe, die eine Reaktion beschleunigen und anschließend idealerweise

unverändert vorliegen. Wasserscheids Team versucht unter anderem, die molekularen Vorgänge am aktiven Zentrum des Katalysators genauer zu verstehen. So wollen die Wissenschaftler beispielsweise herausfinden, wie heiß hydriert werden darf, ohne dass unerwünschte Nebenreaktionen ablaufen. Und sie entwickeln Katalysatoren, die ähnlich wie ein Ei aufgebaut sind, wobei die Eierschale das Eiweiß und das Eigelb umhüllt. Die Eierschale entspricht dabei dem katalytisch aktiven Material, das Ei-Innere einem eigentlich inaktiven Partikel. Es hat sich gezeigt, dass solche „Eggshell-Katalysatoren“ wirkungsvoller sein können als traditionell aufgebaute Katalysatoren: Die wertvolle, katalytisch aktive Metallkomponente ist in Eggshell-Katalysatoren für die LOHC-Moleküle viel leichter zugänglich. Daher kann mit einer bestimmten Menge an Metall mehr Wasserstoff pro Zeiteinheit gebunden oder freigesetzt werden.

#### Katalysatoren verbessern Wirtschaftlichkeit

Die jüngsten Forschungsergebnisse der Gruppe zeigen, dass solche Verbesserungen der Katalysatorsysteme die Wirtschaftlichkeit des LOHC-Konzepts beträchtlich steigern können.

Dass ein Wasserstoffträger bereitsteht, mit dem sich Energie vorteilhaft speichern und transportieren lässt, ist zweifellos eine gute Nachricht für die Energiezukunft. Doch woher der Wasserstoff einmal kommen soll, ist nur ganz allgemein klar: aus der elektrolytischen Wasserspaltung unter Einsatz von Wind- oder Sonnenenergie. Das konkret umzusetzen, ist nicht einfach. Eines der bisher gängigen Szenarien: Große Elektrolyseanlagen nutzen in Zeiten geringer Nachfrage den Strom, der von Solar- und Windkraftanlagen produziert und über das Netz intelligent verteilt wird. In Deutschland erzeugen bereits rund 20 sogenannte „Power-to-Gas“-Demonstrationsanlagen nach diesem



Félix Urbain hat gemeinsam mit anderen Wissenschaftlern des Instituts für Energie- und Klimaforschung ein Modul entwickelt, das mittels Sonnenenergie Wasserstoff produziert.

Prinzip Wasserstoff. Aktuell aber sind diese kaum wirtschaftlich zu betreiben, denn es gibt noch zu selten überschüssigen und damit billigen Strom. Zudem ist der regenerativ erzeugte Wasserstoff bislang teurer als derjenige, der beispielsweise aus Erdgas gewonnen wird.

#### Künstliches Blatt

Eine Alternative zur Power-to-Gas-Technologie besteht darin, dass der Wasserstoff direkt von den Solarmodulen selbst produziert wird. Ein derartiges Solarmodul ist so etwas wie ein künstliches Blatt. Denn wie ein Blatt in der Natur wandelt es Sonnenenergie in chemische Energie um. Wissenschaftler vom Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung haben 2015 solch ein Solarmodul entwickelt. Dieses basiert auf Silizium und erzielte mit 9,5 Prozent einen Rekordwert beim Gesamtwirkungsgrad, produziert also bei gleicher Sonneneinstrahlung mehr Wasserstoff als alle vergleichbaren Module. Das Modul mit der bis dahin höchsten Effizienz hatte einen Wirkungsgrad von 7,8 Prozent.

Das neue Jülicher Solarmodul besteht aus drei übereinandergestapelten Zellen. „Dadurch kann es das Sonnenlicht-Spektrum über verschiedene Wellenlängen hinweg effizienter einfangen“, erläutert Félix

**Wir können mit unserer Solarzelle Fotospannungen erzeugen, die ausreichen, um Wasser elektrolytisch zu spalten.**

Félix Urbain | Institut für Energie- und Klimaforschung

Urban. Der Forscher vom Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK) weiter: „Außerdem können wir mit unserer Stapelzelle Fotospannungen erzeugen, die ausreichen, um Wasser elektrolytisch zu spalten.“ Gängige Solarzellen aus kristallinem Silizium schaffen das nicht. Ihre Fotospannung liegt unter einem Volt, während für die Wasserspaltung mindestens 1,6 Volt notwendig sind. Bei einer Vier-Stapel-Variante ihres Moduls erreichen die Wissenschaftler sogar bis zu 2,8 Volt. „Das lässt uns Spielraum, um künftig für die Wasserspaltung statt teurer Platinkatalysatoren weniger edle Metalle wie Nickel einzusetzen“, sagt Dr. Friedhelm Finger, Leiter der Abteilung „Materialien und Solarzellen“ am IEK.

Die Jülicher Silizium-Dünnschichtsolarmodule werden nicht wie kristalline Solarzellen aus einem Silizium-Wafer – eine Scheibe aus einem Silizium-Block – gefertigt. Die Forscher scheiden stattdessen Schichten mit verschiedenen Techniken im Vakuum auf einer Glas- oder Kunststoffunterlage ab. Der Aufbau der Siliziumschichten und damit deren optische und elektronische Eigenschaften lassen sich maßschneidern. Zu unterscheiden sind dabei grundsätzlich amorphe Schichten – darin liegen die Atome ungeordnet vor – und mikrokristalline Schichten, die aus mikrometergroßen Kristallen bestehen, in denen die Atome streng geordnet sind. Das neue Jülicher Modul kommt somit ohne spezielle Hochleistungs-Halbleitermaterialien aus, die

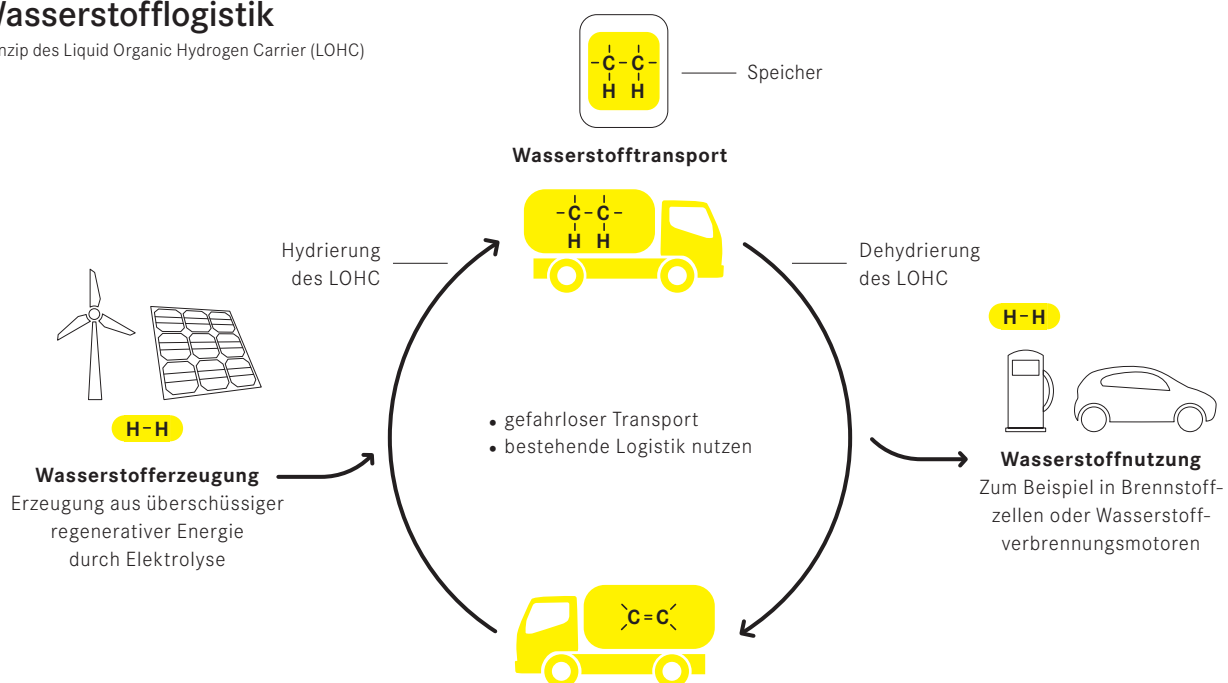
sehr viel teurer sind als Silizium. Außerdem ist Silizium nicht giftig oder umweltgefährdend. „Wir denken, dass wir den Gesamtwirkungsgrad unserer Wasserstoff produzierenden Mehrstapel-Solarmodule noch auf über zehn Prozent steigern können“, sagt Friedhelm Finger. Außerdem sollen die Module großflächiger als bisher werden, ohne dabei an Effizienz zu verlieren. Sind die Jülicher Forscher in beiderlei Hinsicht erfolgreich, könnte der Gesamtwirkungsgrad ihrer „künstlichen Blätter“ durchaus mit dem der derzeitigen Power-to-Gas-Technologie mithalten. „Sie bieten dabei die Möglichkeit, den Wasserstoff am Ort der Sonneneinstrahlung und damit dezentral herzustellen“, so Finger. Außerdem kann die Menge des produzierten Wasserstoffs auf die Nachfrage vor Ort abgestimmt werden, indem entsprechend viele der neuen Module verschaltet werden.

### Eine neue Option

„Momentan geht es allerdings bei dieser Forschung nicht um konkrete Anwendungen. Wir zeigen damit hauptsächlich eine neue Möglichkeit auf, Wasserstoff unter Verwendung regenerativer Energie zu erzeugen“, stellt Prof. Uwe Rau klar, Leiter des Institutsbereichs Photovoltaik am IEK. Experten gehen davon aus, dass in unserer Energiezukunft viele verschiedene Technologien der Energieerzeugung und der Energiespeicherung nebeneinander benötigt werden.

## Wasserstofflogistik

Prinzip des Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC)



# Die Glatteis-Formel

Sie ist Wintersportlern eine Freude, Autofahrern und Fußgängern eine Gefahr, Reifenherstellern eine Herausforderung: die Glätte von Eis. Ein neues mathematisches Modell eines Jülicher Forschers beschreibt, warum Eis so glatt ist.

**V**or rund 20 Jahren machte Dr. Bo Persson vom Jülicher Peter Grünberg Institut erstmals alle Reifenhersteller weltweit auf sich aufmerksam. Damals stellte er völlig neuartige Überlegungen dazu an, wie groß die reale Berührungsfläche ist, wenn zwei Objekte – zum Beispiel Reifen und Straße – miteinander in Kontakt kommen. Diese Überlegungen ließ er dann in eine ebenfalls neue Theorie zur Haftreibung von Gummi einfließen, die er im Laufe der Jahre immer weiter verfeinerte – durch Vergleich mit praktisch ermittelten Messwerten und in Kooperation mit Reifenherstellern.

2015 berichteten er und seine Kollegen über eine Erweiterung ihrer Theorie, die eine spezielle Verformung des Reifens – die Scherung – berücksichtigt. „Wir gehen dabei davon aus, dass die kurzzeitige Haftung der Gummimoleküle entscheidend zur Scherkraft beiträgt – das hat sich in Tests bestätigt“, erläutert Persson. Er betont, dass diese Ergebnisse zunächst nur für trockene und saubere Straßen gelten.

Solch ideale Bedingungen sind für die Hersteller energieeffizienter Reifen wichtig. Doch gefährlich wird es für Autofahrer vor allem auf regennassen oder gar vereisten Straßen. Bo Persson hat 2015 hier gänzlich Neues zu bieten: „Ich habe ein phänomenologisches Gesetz über die Scherkräfte aufgestellt, das in der Lage ist, die Reibungskraft von Eis in Abhängigkeit von der Gleitgeschwindigkeit und der Temperatur zu beschreiben“, sagt er. Die Anwendung dieser Glätteformel könnte künftig nicht nur helfen, Reifen und Schuhsohlen herzustellen, die auf Eis nicht mehr so stark wie bisher ins Rutschen kommen. Sondern mit ihr könnte es künftig auch möglich sein, Materialien zu optimieren, durch die beispielsweise Ski und Kufen besser gleiten.

## Ein 150 Jahre altes Rätsel

Die Frage, wie es dazu kommt, dass Eis überhaupt so rutschig ist, beschäftigt Wissenschaftler schon seit über 150 Jahren. Andere Festkörper aus Metall oder Kunststoff bieten deutlich mehr Reibungswiderstand als Eis, auch wenn sie perfekt glatt-

geschliffen sind. Aus dem Schwimmbad weiß man allerdings: Bringt man Wasser ins Spiel, dann verwandeln sich Fliesen in eine Rutschbahn. Auch bei Eis machen Forscher eine dünne Wasserschicht auf der Oberfläche für die Glätte verantwortlich, also für die geringe Reibung. Denn bereits Michael Faraday konnte 1859 nachweisen, dass die Oberfläche von Wassereis auch bei Temperaturen deutlich unter null Grad Celsius angetaut ist. Zwei Eiskwürfel verkleben sofort, wenn man sie zusammenbringt: Bei Kontakt gefriert die dünne Schicht von flüssigem oder beinahe flüssigem Wasser und stellt so eine feste Verbindung zwischen den Eiskwürfeln her.

Jahrzehntelang dachte man, dass der Gewichtsdruck des Menschen – auf Schlittschuhen oder ohne – dafür sorgt, dass hinreichend viel Wasser schmilzt. Diese Erklärung für die Glätte hielt sich bis vor kurzem in vielen Physik-Schulbüchern. Rechnungen haben jedoch gezeigt, dass dieser Effekt viel zu klein ist, als dass er für die Eisglätte verantwortlich sein könnte. Das Gewicht eines Menschen oder auch eines Autos alleine bringt Eis nicht zum Schmelzen.

## Unzugängliche Kontaktfläche

„Das Problem ist, dass die Reibungsfläche zwischen dem Eis und dem rutschenden Objekt auf der Ebene der Atome und Moleküle experimentell kaum untersucht werden kann“, erläutert Persson. „Denn das Objekt macht die Kontaktfläche unzugänglich etwa für Elektronen- oder Ionenstrahlen, mit deren Hilfe man freie Eisfläche erforschen kann.“ Daher weiß man

**Selbst wenige Atome von angetautem Wassereis genügen, um die Scherkräfte erheblich herabzusetzen, die für die Reibung verantwortlich sind.**

Bo Persson | Forscher am Jülicher Peter Grünberg Institut



Der Jülicher Physiker Bo Persson arbeitet erfolgreich an Theorien, mit denen sich das Verhalten von Reifen auf trockenen, nassen und vereisten Straßen beschreiben und vorhersagen lässt.

auch sehr wenig über die vermutete dünne Wasserschicht an dieser Kontaktfläche. Das erschwert es, Theorien zur Eisglätte aufzustellen.

Persson ging nun beim Aufstellen seiner Glätteformel davon aus, dass nicht nur an der freien Eisoberfläche eine angetaute Schicht vorliegt, sondern auch an der unzugänglichen Kontaktfläche zwischen Eis und bewegtem Objekt. Er nahm darüber hinaus an, dass dort die Reibung für die wasserähnliche Schicht verantwortlich ist. „Selbst nur eine wenige Nanometer – also

wenige Atome – dicke Schicht von angetautem Wassereis genügt, um die Scherkräfte erheblich herabzusetzen, die für die Reibung verantwortlich sind“, sagt Persson. Mit anderen Worten: Bei Belastungen quer zur Oberfläche, wie sie durch ein rutschendes Objekt auf dem Eis ausgeübt werden, gleiten angetaute Atomlagen leicht übereinander. Basierend auf dieser Vermutung hat Persson erstmals ein mathematisches Modell entwickelt, dass die Reibungskraft zwischen einer Eisschicht und einem darauf befindlichen Körper beschreibt.

Inzwischen hat Persson das Verhalten von Gummi – das übliche Reifenmaterial – in seine Berechnungen einbezogen. Mit großem Erfolg: Ein Forscherteam der Technischen Universität Wien hat in Zusammenarbeit mit Hankook Tire die Reibung von Gummimischungen verschiedener Sommer- und Winterreifen gemessen und mit Perssons Voraussagen verglichen. Das Ergebnis: Experimentelle Daten und Theorie passten nahezu perfekt zueinander.

# Neuer Lichtschalter für Nervenzellen

Die Aktivität von Nervenzellen mit Lichtblitzen zu steuern, dieser Aufgabe widmet sich das noch junge Forschungsgebiet der Optogenetik. Wissenschaftler aus Jülich, Frankfurt, Grenoble und Moskau haben dafür ein neues molekulares Werkzeug entwickelt.

Es klingt ein wenig nach einer verrückten Forscherutopie: Rotes, gelbes oder grünes Licht schaltet Nervenzellen an oder aus. Fluoreszierende Farbstoffe machen zudem sichtbar, welche Zellen gerade aktiv sind. Doch die Lichtorgel ist keine Science-Fiction: In den letzten Jahren ist es Wissenschaft-

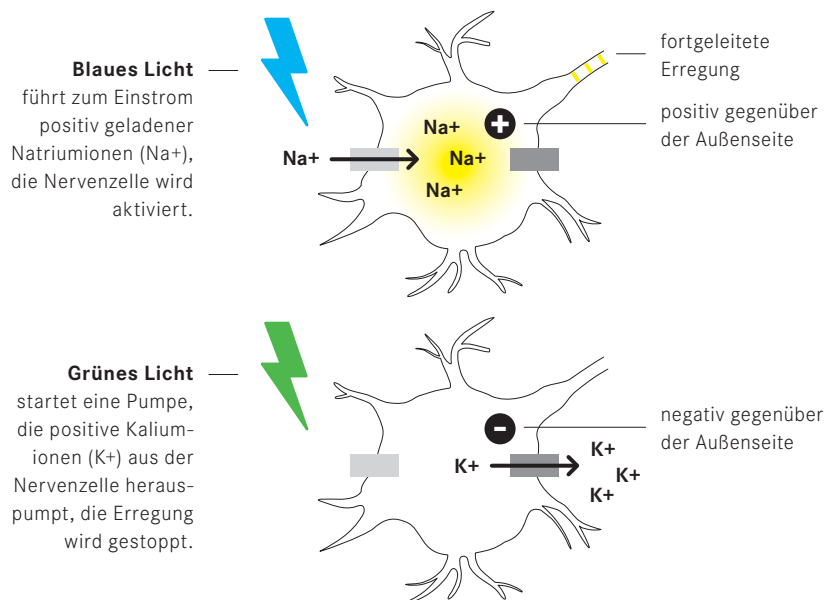
lern weltweit gelungen, damit nicht nur einzelne Zellen, sondern beispielsweise auch das Verhalten von Fliegen, Fadenwürmern und Mäusen zu steuern.

Lichtempfindliche Moleküle, wie sie in der Natur bei vielen Organismen vorkommen, sind zentrale Elemente des als Optogene-

tik bezeichneten Forschungsgebiets. Das erste Molekül, das Forscher sich zunutze machten, stammt aus der Süßwasseralge *Chlamydomonas reinhardtii*. Ihre sogenannten Kanalrhodopsine bilden eine Art Schleuse in der Zellmembran. Sie öffnet sich, wenn das Molekül von blauem Licht getroffen wird. Wenn das Algen-Gen für diese Schleuse gentechnisch in Nervenzellen eingebaut wird, produzieren diese das Kanalrhodopsin und integrieren es in ihre Zellmembran. Trifft nun blaues Licht auf die Zelle, öffnen sich innerhalb von tausendstel Sekunden die Schleusen. Durch diese strömen positiv geladenen Natriumionen hinein. Das Zellinnere, das im Ruhezustand gegenüber der Außenseite negativ geladen ist, wird dadurch positiver. Bei Überschreitung eines Schwellenwertes wird die Zelle depolarisiert, wie es im Fachjargon heißt. Das elektrische Signal, das dabei entsteht, wird an andere Nervenzellen weitergeleitet.

## Start und Stopp

Wie die Lichtsteuerung funktioniert



### Lichtempfindliche Moleküle

- lichtgesteuertes Kanalrhodopsin aus *Chlamydomonas reinhardtii*
- modifizierte Ionenpumpe aus *Krokinobacter eikastus*

### Pumpe aus Meeresbakterium

Mindestens ebenso wichtig für die Kontrolle von Nervenzellen ist es, die Erregung punktgenau wieder zu stoppen. Auch dafür gibt es bereits Schalter, etwa ein Molekül aus Bakterien, das auf gelbes Licht reagiert. Es pumpt dann negativ geladene Chlorid-Ionen in die Zellen; das Innere wird wieder negativer als die Außenseite und die Erregung ist beendet. Ein internationales Team von Strukturbioologen um



Valentin Gordeliy entschlüsselt die Baupläne von Proteinen und macht sie für die Optogenetik nutzbar.

Kalium aus der Zelle. Über diese Ergebnisse berichtet das internationale Forscherteam im Fachjournal „Nature Structural & Molecular Biology“.

Koautor Vitali Shevchenko, der wie Gushchin in Grenoble, Jülich und am Moscow Institute of Physics and Technology arbeitet, erläutert die Vorteile der neuen Pumpe: „Natrium- und vor allem Kalium-Ionen sind im natürlichen Umfeld der Nervenzellen reichlich vorhanden. Eine Pumpe, die mit diesen Ionen arbeitet, ist physiologischer, sozusagen naturnäher, als ein Schalter, der Chlorid-Ionen in die Zelle pumpt.“

Prof. Valentin Gordeliy, der Arbeitsgruppen am Jülicher Institute of Complex Systems (ICS), Bereich Strukturbiochemie, und am Institut de Biologie Structurale in Grenoble leitet, erweiterte nun den Werkzeugkasten der Optogenetik um einen neuartigen Stoppschalter. Das Molekül, das aus dem Meeresbakterium *Krokinobacter eikastus* stammt und mit dem Kürzel KR2 bezeichnet wird, stellt den Ruhezustand der Zelle auf einem anderen Wege wieder her: Es pumpt positiv geladene Natrium-Ionen aus der Zelle heraus, wenn diese mit grünem Licht beleuchtet wird.

Wie diese Pumpe aufgebaut ist, fanden Gordeliy und sein Team mittels Röntgenkristallografie heraus. Damit gewannen sie hochaufgelöste Strukturbilder des Einzelproteins und des fünfteiligen Kom-

plexes, zu dem sich KR2-Moleküle unter physiologischen Bedingungen zusammenfügen. Bei ihrer Analyse entdeckten sie ungewöhnliche Gebilde: „Die Struktur weist Elemente auf, die man bisher von keiner anderen Ionenpumpe kennt“, sagt Ivan Gushchin vom ICS. Dazu gehört eine Art Deckel, der über der äußeren Öffnung der Pumpe liegt. Auch fand sich eine ungewöhnlich geformte Struktur im Inneren des Kanals. „Wir vermuteten darin eine Art Filterelement, das für die Natrium-Selektivität von KR2 verantwortlich sein könnte“, berichtet Gushchin. Als Probe aufs Exempel veränderten die Forscher den mutmaßlichen Filter ein wenig, indem sie einzelne Aminosäuren in der „Schleusenkammer“ austauschten. Prompt änderte sich die Vorliebe der Pumpe: Statt Natriumionen pumpte eine der Mutanten nun

### Nützliches Werkzeug

Nun gilt es noch, das neue Schaltermolekül in verschiedene Zelltypen einzubauen. Sind diese dann mit einem Kanalrhodopsin aus *Chlamydomonas* und einer KR2-Kaliumpumpe ausgestattet, könnten Forscher sie nach Belieben steuern: Mit blauem Licht knipsen sie die Zellen an, mit grünem wieder aus. „Damit ist der neue Schalter auf jeden Fall ein großartiges Werkzeug für die Forschung“, sagt Shevchenko. In fernerer Zukunft sieht er auch Perspektiven für den medizinischen Einsatz des farbenfrohen Optogenetik-Baukastens: „Wenn man Aktivitäten der Nervenzellen besser versteht und sie mit Licht gezielt beeinflussen kann, wäre das vielleicht auch ein Ansatzpunkt für neue Therapien bei Erkrankungen des Gehirns“, hofft er.

# Nanowelt in 3-D

Wissenschaftler des Ernst Ruska-Centrums haben ein Verfahren verbessert, das Strukturen im Nanometer-Bereich sichtbar macht: Die Elektronentomografie ist schneller geworden, die nötige Strahlendosis gesunken. Nicht nur technische Nanokatalysatoren, sondern auch biologische Zellen können so dreidimensional abgebildet werden.

**V**iele Menschen haben schon einmal eine computertomografische Untersuchung am eigenen Leibe erlebt, etwa wegen Kopfschmerzen unklarer Herkunft oder nach einem Unfall. Eine rotierende Röntgenquelle durchleuchtet den Patienten, der dabei auf dem Untersuchungstisch kontinuierlich vorgeschoben wird. Das Resultat sind schichtweise Aufnahmen der untersuchten Körperregion. Diese Bilder können am Computer zu einer räumlichen Darstellung zusammengefügt werden.

So ähnlich funktioniert auch die Elektronentomografie, mit der Wissenschaftler des Ernst Ruska-Centrums (ER-C) am Forschungszentrum Jülich Gebilde im Nanomaßstab erforschen. Ein Elektronenstrahl ersetzt dabei den Röntgenstrahl. Ein

Transmissionselektronenmikroskop nimmt in rascher Folge Bilder aus unterschiedlichen Winkeln von der winzigen Probe auf. „Die einzelnen Bilder zeigen keinen Querschnitt durch die Probe. Stattdessen überlagern sich die Informationen aus unterschiedlichen Schichten und werden anschließend gemeinsam auf eine Ebene projiziert“, erläutert Prof. Rafal Dunin-Borkowski, einer der beiden Direktoren des ER-C und zugleich Direktor am Jülicher Peter Grünberg Institut. Dabei werden Strukturen erkennbar, deren Größe sich in Nanometern misst. (Ein Nanometer ist ein millionstel Millimeter.)

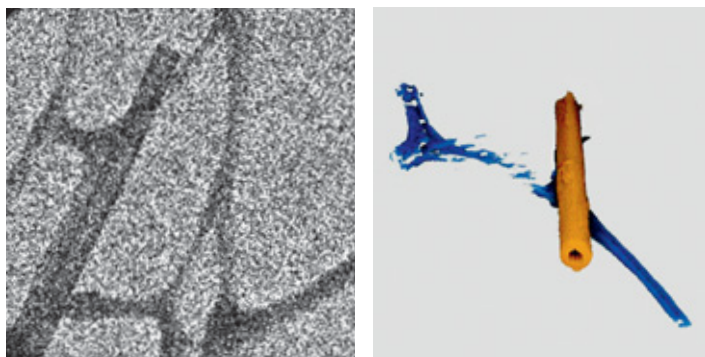
## Beste Trennschärfe

Elektronentomografische Aufnahmen sind somit deutlich trennschärfer als Röntgenaufnahmen. Das Auflösungsvermögen

der Elektronentomografie ist das bei weitem beste, das heute technisch möglich ist. Die Methode bietet eine einzigartige Möglichkeit, neuartige Nanomaterialien zu untersuchen. Sie eignet sich aber grundsätzlich auch sehr gut, um etwa Viren und Bakterien nach Schwachpunkten abzusuchen, an denen medizinische Wirkstoffe ansetzen könnten.

Doch bislang gab es dabei eine große Hürde: Ein intensiver Elektronenstrahl über einige Minuten hinweg macht kaputt, was eigentlich erforscht werden soll: Er schädigt die Struktur von Bakterien, Viren und biologischen Zellen. Wissenschaftler des ER-C haben 2015 gezeigt, dass insbesondere durch neuartige Detektoren die notwendige Elektronenstrahldosis auf ein Zehntel des bisherigen Wertes gesenkt werden kann, ohne dass die Bildqualität darunter leidet. Zugleich steigerten sie die Zahl der pro Zeiteinheit aufgenommenen Bilder enorm. So nahmen sie von einem Nanoröhrchen in 3,5 Sekunden 3.487 Bilder auf – bislang hätte das mit den üblichen rund 100 Bildern einige zehn Minuten gedauert.

Somit ermöglicht es die Elektronentomografie nun auch, chemische Reaktionen, elektronische Schaltvorgänge und andere dynamische Prozesse sichtbar zu machen. „Die Beschleunigung und die Senkung der Strahlendosis eröffnen neue Perspektiven, speziell für die Lebenswissenschaften und für die Erforschung weicher



Auf Bildern wie dem linken basiert die tomografische 3-D-Rekonstruktion eines Nanoröhrchens (rechts, orange) auf einer Kohlenstoff-Trägerschicht (blau).



Rafal Dunin-Borkowski (Mitte) vom Ernst Ruska-Centrum ist ein Pionier der Elektronentomografie.

Materie“, freut sich Dunin-Borkowski. Zur weichen Materie zählen unter anderem neue Materialkombinationen an der Schnittstelle von Nanotechnologie, Polymerchemie und Biologie.

#### Rasante Aufnahmeserie

Der neuartige Detektor, mit dem die Wissenschaftler des ER-C ihr Elektronenmikroskop ausgestattet haben, kann einfallende Elektronen direkt erfassen, ohne sie wie bisher nötig vorab in Photonen, also Licht, umwandeln zu müssen. Mitarbeiter des Jülicher Zentralinstituts für Engineering, Elektronik und Analytik haben die Elektronik des Detektors mitentwickelt. Diese sorgt dafür, dass sich die Daten deutlich schneller auslesen lassen als bisher – die Voraussetzung für die extrem schnelle Aufnahmefolge. Zudem sind nur wenige Sekunden Rechenzeit nötig, um die 3-D-Struktur am Rechner zu rekonstruieren. Das ermöglicht es Forschern in Zukunft, laufende Experimente praktisch „live“ mitzuverfolgen.

Das Nanoröhrchen, das die Wissenschaftler elektronentomografisch untersucht haben, besteht aus Elementen der Seltenen Erden. Aktuell werden Nanoröhrchen aus Lanthaniden, wie die Seltenen Erden auch genannt werden, erforscht, weil sie sich möglicherweise für die Stromgewinnung aus Abwärme sowie für neue Katalysatoren eignen. Häufig lohnen sich chemische Verfahren für die Industrie erst dadurch, dass Katalysatoren die Reaktionen beschleunigen. „Elektronentomografische Untersuchungen mit hoher zeitlicher und

räumlicher Auflösung könnten beispielsweise helfen zu erklären, wie es zum ungewollten Funktionsverlust von Nanokatalysatoren kommt“, sagt Vadim Migunov vom ER-C. Das würde es im nächsten Schritt erlauben, ausdauernd funktionierende Nanokatalysatoren herzustellen – etwa um mit größerer Effektivität Wasserstoff aus Wasser zu gewinnen oder um schädliche Klimagase aus chemischen Prozessen abzutrennen. Methodischer Fortschritt in der Nanowelt kann so zum Fortschritt für unseren Alltag werden.

# 3.487

Bilder von einem Nanoröhrchen nahmen Wissenschaftler des Ernst Ruska-Centrums in nur 3,5 Sekunden auf.

# Veränderung im Gehirn bei Depressionen

Röntgenaufnahmen zeigen einen Armbruch, Lungenfunktionskurven zeigen, nach welchem Luftvolumen Patienten die Puste ausgeht. Psychische Erkrankungen lassen sich häufig nicht so einfach abbilden. Den Jülicher Wissenschaftlern Dr. Sebastian Bludau und Prof. Simon Eickhoff ist es erstmals gelungen, organische Veränderungen im Gehirn nachzuweisen, die mit Depressionen einhergehen können.

**D**epressionen gehören neben Krebs und Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu den sogenannten Volkskrankheiten. Bei Depressionen ist allerdings ein handfester organischer Beleg oftmals schwierig. Die psychische Erkrankung hat nur selten eine einzige Ursache. Meist kommen mehrere Faktoren wie genetische Anlagen, Hormonstörungen oder belastende Lebenserfahrungen zusammen. Unterschiedlich sind auch die Symptome, unter denen die Betroffenen leiden: ein Gefühl von innerer Leere, Angst, Schlaf- und Konzentrationsstörungen sowie massive Antriebslosigkeit.

Bisher wird die Diagnose vor allem anhand der Symptome gestellt. Die Studie der Jülicher Neurowissenschaftler zeigt nun, dass

bei Depressionen auch charakteristische organische Veränderungen im Gehirn auftreten. Sebastian Bludau und Simon Eickhoff wiesen erstmals nach, dass bei depressiven Patientinnen und Patienten die graue Substanz in einer Region des Stirnhirns, dem sogenannten medialen Frontalpol, reduziert ist. Dies konnten sie anhand von Magnetresonanztomografie-Bildern von 73 Patienten belegen, die sie mit ebenso vielen Bildern von gesunden Kontrollpersonen verglichen. Ausgewertet wurden die Bilder mithilfe spezieller Computerprogramme.

## 3-D-Hirnatlas als Arbeitsgrundlage

Die Wissenschaftler des Instituts für Neurowissenschaften und Medizin nutzten

als Basis dafür den Hirnatlas JuBrain, der ebenfalls am Forschungszentrum Jülich entwickelt wird. Hierfür werden hauchdünne Gehirnschnitte Verstorbener mit moderner Bildanalyse ausgewertet und danach zu einem dreidimensionalen Abbild des Gehirns zusammengesetzt. Dabei zeigte sich unter anderem, dass das untersuchte Gehirnareal im Stirnlappen (das sogenannte Brodmann Areal 10) nicht – wie bislang angenommen – in sich homogen aufgebaut ist. In der Struktur und auch in den wahrgenommenen Aufgaben konnten die Forscher zwei Areale unterscheiden: ein mehr zur Mitte (medial) gelegenes und ein seitliches (laterales).

Als Bludau und Eickhoff bei Gesunden und Depressiven das Volumen der grauen Hirnsubstanz in beiden Arealen analysierten, zeigte sich, dass bei Depressiven im Durchschnitt das Volumen des medialen Areals verringert ist. Im lateralen Areal dagegen war kein Unterschied zu der gesunden Kontrollgruppe messbar. Dazu passt, was schon über die Aufgaben der medialen Region bekannt war: „Der mediale Frontalpol ist in sozial-affektive Prozesse wie Grübeln oder Selbstreflexionen involviert, die bei Depressionen eine Rolle spielen“, erläutert Bludau. Darüber hinaus fanden die Neurowissenschaftler einen Zusammenhang zwischen Erkrankungsdauer bzw. -schwere und dem Volumen in dieser Hirnregion: „Je schwerer die Erkrankung diagnostiziert war und je län-



Simon Eickhoff (l.) und Sebastian Bludau wiesen erstmals nach, dass viele depressive Patientinnen und Patienten im sogenannten medialen Frontalpol des Gehirns weniger graue Substanz haben.



Menschen mit Depressionen leiden häufig an Angst- oder Schlafstörungen.

ger sie andauerte, desto geringer war die graue Substanz im medialen Frontalpol“, berichtet Bludau.

#### Weitere Studien geplant

Die Forschungsarbeit der Jülicher Wissenschaftler kann somit perspektivisch dazu beitragen, die Diagnose einer Depression genauer zu untermauern. Zwar genügt diese Messung keinesfalls als alleinige Diagnostik. Doch war es in dieser Studie möglich, je nach speziellem Verfahren bei zwei Drittel bis drei Viertel der Fälle zu erkennen, ob die Daten von einem Patienten oder von einer Kontrollperson stammten. „Weitere Studien müssen nun klären, ob das verringerte Volumen Ursache oder Folge der Depression ist“, erläutert Sebastian Bludau.

## Digitaler Hirnatlas JuBrain

„Neben der klinischen Bedeutung belegt die Arbeit auch die Relevanz der Jülicher Hirnkartierung JuBrain, die weltweit einmalig ist“, erklärt Prof. Katrin Amunts. Seit mehr als 15 Jahren kartiert die Neurowissenschaftlerin zusammen mit Prof. Karl Zilles und ihrem Team die Hirnrinde und die darunterliegenden Kerngebiete. Mittlerweile sind Karten von etwa 100 Arealen öffentlich zugänglich. Die Anzahl wächst ständig. Die Karten des JuBrain-Atlas sind auch Grundlage dafür, Erkenntnisse über die genetischen Merkmale der Regionen sowie über die Signalmoleküle des Gehirns und über die Verbindungen zwischen den einzelnen Hirnarealen zu gewinnen. Ein erster Prototyp eines Hirnatlas, der all diese verschiedenen Aspekte integrieren wird, wurde der Öffentlichkeit gerade im Rahmen des „Platform Release“ des von der EU geförderten „Human Brain Project“ frei zugänglich gemacht.

➔ [www.humanbrainproject.eu/platform-release](http://www.humanbrainproject.eu/platform-release)

# Zufallstreffer für die Klimaforschung

Manchmal haben Wissenschaftler einfach Glück und stoßen unerwartet auf etwas, wonach sie gar nicht gezielt gesucht haben. So konnte ein internationales Forscherteam, an dem Jülicher Wissenschaftler beteiligt waren, mit dem NASA-Umweltsatelliten „Suomi National Polar-orbiting Partnership“ überraschenderweise Schwerewellen in der oberen Atmosphäre messen – und damit wichtige Informationen für die Klimaforschung liefern.

**N**achts Wolkenformationen aus dem All zu beobachten, dafür war der Day/Night Band (DNB) Sensor vorgesehen. Er kreist an Bord des kurz Suomi-NPP genannten Umweltsatelliten seit 2011 in gut 800 Kilometer Höhe um die Erde. Das Gerät erfasst selbst schwaches Licht im sichtbaren und im nahen Infrarotbereich. Bei der Auswertung der Daten stellte sich heraus: Der Sensor ist noch empfindlicher als gedacht und registriert in mondlosen Nächten ein schwaches Leuchten am Himmel. Der DNB-Sensor kann das sogenannte Nachtleuchten („nightglow“) wahrnehmen. Dieses wird in chemischen Prozessen von atomarem Sauerstoff, Natrium und Hydroxyl-Radikalen in der Mesosphäre erzeugt, einer Schicht in rund 90 Kilometer Höhe über der Erdoberfläche.

## Scharfe Bilder aus der Mesosphäre

Das schwache Glühen am Nachthimmel verändert sich in charakteristischer Weise, wenn sogenannte Schwerewellen diese Schicht der Atmosphäre beeinflussen. Solche Wellen entstehen in einer stabilen Luftschicht, wenn diese durch äußere Anregungen gestört wird – ähnlich wie ein fallender Stein auf einer ruhigen Wasseroberfläche kreisförmige Wellen erzeugt. Der „Stein“ kann in der Atmosphäre beispielsweise ein Tropensturm sein, ein schweres Gewitter oder einfach

Luft, die über einen Bergrücken strömt. Erstmals ließ sich nun beobachten, dass auch der Ausbruch eines Vulkans solche Wellen hervorrief, wie das internationale Forscherteam in seiner Veröffentlichung der Ergebnisse im Fachjournal PNAS hervorhebt. Die Luftschwingungen breiten sich von einer solchen Quelle seitlich und nach oben aus, und diese Wellenmuster kann der DNB-Sensor wahrnehmen.

Die Bilder, die er aufzeichnet, sind dabei von bislang unerreichter Genauigkeit, beträgt die Größe der Bildpunkte doch nur 740 mal 740 Meter – ziemlich klein nach den Maßstäben der Atmosphären- und Klimaforscher.

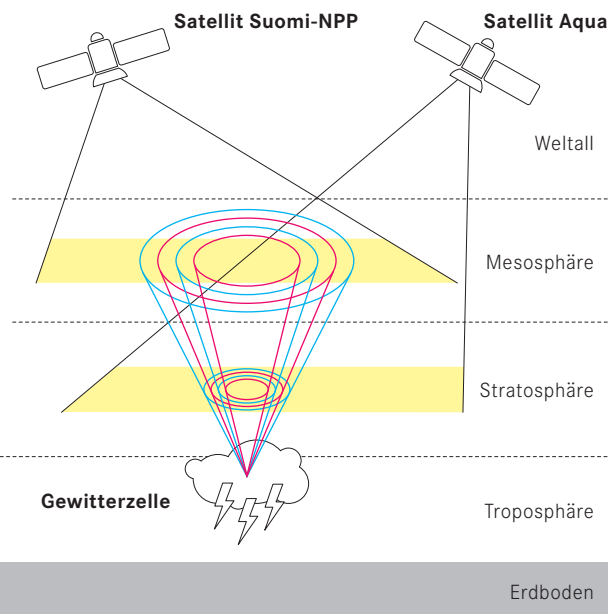
Die so unerwartet gewonnenen Daten sind besonders aussagekräftig, wenn man sie mit Messungen eines zweiten Satelli-

## Zwei Satelliten sehen mehr

Schwerewellen im Visier von Satelliten

Durch ein Gewitter wird Energie freigesetzt. Diese versetzt die Atmosphäre in Schwingungen. Sensoren an Bord von Satelliten können den Weg der Schwerewellen verfolgen.

- kalte Wellenfront
- warme Wellenfront
- Messbereich





Lars Hoffmann verfolgt den Weg der Schwerewellen durch verschiedene Schichten der Atmosphäre.

ten kombiniert. Und hier kommen die Wissenschaftler des Jülich Supercomputing Centre (JSC) ins Spiel: Sie analysieren mit den Supercomputern schon seit langem die Ergebnisse eines Infrarot-Messgeräts an Bord eines NASA-Satelliten namens Aqua. Dabei haben sie die Schwerewellen in der Stratosphäre im Blick, also in einer Höhe von 30 bis 40 Kilometern, und untersuchen deren Einfluss auf klimarelevante Prozesse. „Die Kombination der verschiedenen Satellitendaten erlaubt es uns jetzt erstmals, den ganzen Weg der Schwerewellen durch verschiedene Höhenschichten zu verfolgen“, freut sich Dr. Lars Hoffmann, der das Klima-SimLab des JSC leitet. „Wir beobachten die Ausbreitung der Schwerewellen nun von den Quellen an der Erdoberfläche über Troposphäre und Stratosphäre, bis sie in der Mesosphäre brechen.“

#### Einfluss auf das Klima

Wenn die Wellen sich hier in großer Höhe auflösen, geben sie Impuls und Energie an die Mesosphäre ab. „Und das macht sie

für die Klimaforschung sehr interessant“, erläutert Hoffmann. Denn die Schwerewellen regulieren die großräumigen Strömungen in der Atmosphäre. „Diese Einflüsse auf die Zirkulation von Luftmassen lassen sich bisher nur unvollkommen beschreiben. Das ist ein wesentlicher Unsicherheitsfaktor in den Klimamodellen.“ Die Schwerewellen sind entscheidend für den Energieaustausch zwischen unterer und oberer Atmosphäre; sie beeinflussen Wind, Temperatur und die chemische Zusammensetzung der Erdatmosphäre. Damit spielen sie eine wichtige Rolle für viele Klimaphänomene, wie etwa die Schwankungen des Monsunregens, die El-Niño-Ereignisse oder die Bildung pola-

rer Stratosphärenwolken. Wenn ihre Wirkung sich nun besser berechnen ließe, so Hoffmann, könnten die Modelle der Klimaforscher sehr viel präziser werden.

Weiterentwicklungen des DNB-Sensors könnten künftig sogar noch bessere Bilder liefern. „Der Sensor war ja nicht für diese Aufgabe konstruiert, die Aufzeichnung der Schwerewellen war nur ein unerwartetes Nebenprodukt“, erklärt Hoffmann. „Wenn man das Gerät nun für diese Messungen optimiert, erhalten wir sicher noch aufschlussreichere Daten.“ Er ist überzeugt: Was mit einem glücklichen Zufall anfang, lässt sich mit gezielten Forschungsanstrengungen allemal verbessern.

## Die Entdeckung der Schwerewellen in den neuen NASA-Daten war ein unverhoffter Glücksfall.

Lars Hoffmann | Klima-SimLab

# Die Geburt von Elementen

Vor rund 13 Milliarden Jahren, rund 400 Millionen Jahre nach dem Urknall, entstanden im Inneren der ersten Sterne Kohlenstoff und schwerere chemische Elemente. Jülicher Forscher haben gemeinsam mit internationalen Partnern auf dem Supercomputer JUQUEEN einen dabei abgelaufenen Schlüsselprozess von Grund auf nachvollzogen.

**S**terne wie unsere Sonne sind gigantische, extrem heiße Schmelzöfen. In ihrem Inneren verbinden sich Atomkerne zu neuen Elementen. So verschmelzen etwa drei Heliumkerne, die auch als Alphateilchen bezeichnet werden, zum Element Kohlenstoff. Kommt noch ein weiteres Alphateilchen hinzu, bildet sich Sauerstoff – eine weitere Voraussetzung für die Entstehung irdischen Lebens.

## Enorme Rechenleistung nötig

Um die Prozesse zu simulieren, die zur Bildung von chemischen Elementen führen, benötigt man eine enorme Rechenleistung. Selbst die schnellsten Supercomputer der Welt sind bislang gerade einmal in der Lage, die Entstehung von sehr leichten Elementen wie etwa Deuterium – eine besondere Form des Wasserstoffs – und Helium „ab initio“ nachzuvollziehen. Ab-initio-Simulationen kommen ohne experimentell zu bestimmende Parameter aus und beruhen aus-

schließlich auf den Gesetzen der Physik. Bisher beschränkten sich diese Simulationsverfahren auf Prozesse, an denen nicht mehr als fünf Nukleonen – Protonen und Neutronen, die Bausteine von Atomkernen – mitwirken.

An der Geburt von schwereren Elementen sind jedoch mehr Nukleonen beteiligt. Mit jedem zusätzlichen Nukleon steigt der erforderliche Rechenaufwand sprunghaft an. Das liegt unter anderem daran, dass vielfältige theoretisch mögliche Quantenzustände jedes Nukleons zu berücksichtigen sind. Das führt zu einer riesigen Zahl denkbarer Kombinationen und Wechselwirkungen. Mithilfe eines neuen Rechenverfahrens gelang es 2015 einem internationalen Forscherteam, einen komplexen Vorgang zu simulieren, an dem insgesamt acht Nukleonen beteiligt sind: die Ablenkung zweier Heliumkerne, die auch als Streuung von Alphateilchen bezeichnet wird. Für die Berechnungen nutzte das Team einen der leistungsstärksten Supercomputer der Welt, den

Superrechner JUQUEEN am Jülich Supercomputing Centre (JSC). Die renommierte Fachzeitschrift „Nature“ veröffentlichte die Ergebnisse der Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich, der Universitäten Bonn und Bochum und zweier US-amerikanischer Universitäten.

## Der Trick der Forscher

Den enormen Rechenaufwand verringerte das Forscherteam mit einem Kniff: „Wir haben die beteiligten Nukleonen nicht frei im Raum, sondern auf einem virtuellen Gitter platziert. Dessen Zustand lässt sich sehr effizient parallel mit einer großen Zahl von Prozessoren berechnen, wie sie JUQUEEN besitzt“, erläutert Prof. Ulf Meißner, im Forschungszentrum Jülich Direktor am Institut für Kernphysik und am Institute for Advanced Simulation. Auf diese Weise steigt die Rechenzeit nicht wie bisher exponentiell, sondern nur noch quadratisch mit der Zahl der beteiligten Nukleonen an. Der Rechenaufwand für ein System mit 16 Teilchen ist somit nur viermal größer als für ein 8-Teilchen-System. Stiege die Rechenzeit dagegen wie bislang exponentiell, wäre ein Supercomputer wie JUQUEEN nicht mehr nur ein paar Wochen, sondern gleich mehrere Jahrtausende beschäftigt.

Dass der Trick mit dem virtuellen Gitter so gut funktioniert, hat seinen Grund in einem besseren Verständnis der theoretischen Grundlagen: „Vor allem mein Kollege und ehemaliger Student Evgeny Epel-

**Ohne den Zugang zum Jülicher Supercomputer JUQUEEN wäre unsere Forschung nicht möglich gewesen.**

Ulf Meißner | Institut für Kernphysik und Institute for Advanced Simulation



Simuliert Prozesse in Sternen, die zur Bildung von chemischen Elementen führen: Ulf Meißner

baum von der Ruhr-Universität Bochum und ich haben in den letzten Jahren eine verbesserte theoretische Beschreibung der Nukleonen-Wechselwirkungen entwickelt, die für diese Art der Problembearbeitung wie maßgeschneidert ist“, sagt Meißner. Er ist der Lise-Meitner-Preisträger 2016 der Europäischen Physikalischen Gesellschaft und arbeitet auch am Helmholtz-Institut für Strahlen- und Kernphysik der Universität Bonn.

Physiker konnten bereits vor einigen Jahren die Grundbedingungen für die Bildung

von Kohlenstoff ermitteln. Nun rückt mit dem neuen Rechenverfahren ein weiteres Ziel in greifbare Nähe: Die Forscher wollen nachvollziehen, wie das Element Sauerstoff aus der Verschmelzung von einem Alphateilchen mit einem Kohlenstoffkern entsteht – ein Vorhaben, das auch schon als „heiliger Gral der Astrophysik“ bezeichnet wurde. Die Methode könnte darüber hinaus auch neue Perspektiven für Simulationsrechnungen in der Elementarteilchenphysik eröffnen, in der anstelle von Atomkernen das Verhalten von Quarks und Gluonen im Mittelpunkt

steht. Quarks sind die Bausteine der Nukleonen; Gluonen sind verantwortlich dafür, dass sich Nukleonen gegenseitig anziehen. So trägt das neue Simulationsverfahren dazu bei zu ermitteln, wie aus einfachen Atombausteinen „das Leben, das Universum und der ganze Rest“ (wie es im Titel eines Romans von Douglas Adams heißt) entstehen konnte.

# Neuer Stahl für die Energiewende

Dampfkraftwerke müssen flexibler werden – immer häufiger laufen sie nur noch, wenn es zu wenig Wind oder Sonne als Energiequelle gibt. Jülicher Forscher haben eine neue Sorte Stahl entwickelt, die für den Start- und-Stopp-Betrieb besser geeignet ist als herkömmliche Materialien.

Über Jahrzehnte hinweg übernahmen Kohlekraftwerke die Grundlast der Stromversorgung: Sie waren permanent in Betrieb, um jederzeit Strom zu liefern, selbst in nachfrageschwachen Zeiten. Für diesen Dauerbetrieb werden Werkstoffe benötigt, die den Bedingungen im Kraftwerk – 620 Grad und reaktionsfreudige Gase – möglichst lange widerstehen. Forscher suchen zudem nach neuen Materialien, die immer höhere Betriebstemperaturen ermöglichen. Denn: „Nur mit höheren Temperaturen lässt sich auch der Wirkungsgrad eines Dampfkraftwerkes erhöhen“, sagt der Jülicher Wissenschaftler Dr.-Ing. Bernd Kuhn. Und wenn das Kraftwerk mehr Strom aus jeder Tonne Kohle oder jedem Kubikmeter Erdgas herausholt, wird es effizienter und klimafreundlicher.

Doch die Energiewende stellt die Dampfkraftwerke vor eine zusätzliche Herausforderung. Sie werden immer häufiger herunter- und heraufgefahren. Denn wenn der Wind kräftig bläst, drängt der Strom aus zahlreichen Windkraftanlagen ins Netz und die Stromproduktion aus Dampfkraftwerken lohnt sich nicht mehr. Der resultierende Start- und-Stopp-Betrieb belastet die Bauteile deutlich mehr als der Dauerbetrieb. Hinzu kommt: „Kühlt eine Anlage ab, sammelt sich Kondenswasser in den Rohren. Passiert das immer wieder, erhöht sich die Korrosionsgefahr“, erläutert Kuhn. Der Forscher vom Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung hat mit seinem Team eine Sorte Stahl entwickelt, die den häufigen Lastwechseln besser standhält als konventionelle Stähle und weniger leicht rostet.

„HiperForge“ nennen die Jülicher Forscher ihre Stahlsorte für Dampfturbinschaufeln oder Hochtemperaturschrauben. Das erste Geheimnis von HiperForge liegt in der speziellen chemischen Zusammensetzung. Ausgangspunkt ist ein ebenfalls in Jülich entwickelter Stahl, der von der Industrie unter dem Namen Crofer 22 vor allem für Hochtemperatur-Brennstoffzellen vermarktet wird. Er enthält Zusätze der chemischen Elemente Niob, Wolfram und Silizium, die sich verbinden und im Stahl sogenannte Ausscheidungen bilden. Crofer 22 ist aber für den Einsatz in Kraftwerken nicht fest genug. Das konnten die Jülicher Forscher ändern: Sie reduzierten den Chromgehalt und passten den Anteil an Ausscheidungen für Einsatzbereiche bei 600 bis 650 Grad Celsius an; die erforderliche Wärmebehandlung und Umformung stellten sie gezielt ein, um sehr feine Ausscheidungen zu bewirken.



Das Jülicher Team bei der Verleihung des Charles Hatchett Award (v. l.): Prof. Tilmann Beck, Prof. Lorenz Singheiser, Doktorand Michal Talik und Dr. Bernd Kuhn. Rechts der Präsident des Institute of Materials, Minerals and Mining, Dr. Mike Hicks.

## Das Geheimnis von HiperForge

„Die Schwierigkeit besteht darin, die Ausscheidungen äußerst fein im Stahl zu verteilen. Sonst kann der Stahl spröde werden“, erläutert Kuhn. In den speziellen Umformverfahren, bei denen diese feine Verteilung der Ausscheidungen erreicht wird, liegt das zweite Geheimnis von HiperForge.

Für weniger anspruchsvolle Anwendungen kann auf diese Umformverfahren verzichtet werden. Stattdessen werden die



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

Stähle, die von den Jülicher Forschern „HiperFer“ getauft wurden, nach ihrer Herstellung lediglich wärmebehandelt. So können sie besser geschweißt oder zu Rohren verarbeitet werden. „Diese Wärmebehandlung sorgt für eine gleichmäßige Mikrostruktur des Materials, also beispielsweise für eine nahezu einheitliche Größe und Form der Körner im Werkstoffgefüge. Dabei werden die mechanischen Eigenschaften des Stahls gezielt verändert“, erläutert Kuhn.

Ist das Interesse der Industrie an HiperFer und HiperForge noch einmal deutlich gestiegen. Damit HiperForge allerdings in größerem Umfang für Dampfturbinen vermarktet werden kann, sind rund zwölf Jahre Dauertest erforderlich. Rund zwei davon hat die Stahlsorte bisher absolviert. Bis dahin gilt es die Zeit zu nutzen, um HiperFer und HiperForge auch noch für andere Anwendungen fit zu machen. So gibt es schon Ideen, die Stahlsorten

wegen ihrer besonderen Korrosionsbeständigkeit und Verformungsfestigkeit bei höheren Temperaturen für Technologien einzusetzen, die regenerativen Strom zur Produktion von künstlichem Erdgas oder anderen Energieträgern nutzen. Außerdem kommen sie für den Einsatz in solarthermischen Kraftwerken infrage. Das neue Material „made in Jülich“ wird sich also künftig womöglich vielfältig für die Energiewende nützlich machen.

#### Preiswürdig

Das britische Institute of Materials, Minerals and Mining hat den Jülicher Werkstoffwissenschaftlern 2015 den Charles Hatchett Award verliehen – ein Preis, der herausragende wissenschaftliche Veröffentlichungen auszeichnet, in denen das Element Niob eine Rolle spielt. Seitdem

620 

Grad Celsius müssen kraftwerksgeeignete Werkstoffe widerstehen können.

# Forschung in Kürze

## Simulation

### Moleküle mit Doppelfunktion



Wie ein Molekül in der Membran von Nervenzellen zwei unterschiedlichen Aufgaben nachkommen kann, fand ein Team um Prof. Christoph Fahlke vom Jülicher Institute of Complex Systems heraus. Die Forscher untersuchten eine Familie von Transportproteinen, die Excitatory Amino Acid Transporters (EAATs). Diese sind zum einen ein Aufräumkommando: Nachdem der Botenstoff Glutamat an der Kontaktstelle zwischen zwei Nervenzellen ein Signal übertragen hat, schleusen sie ihn wieder in die Zelle zurück. Denn zu viel Glutamat schadet, wie etwa beim Schlaganfall zu beobachten ist. Zum anderen hat der Glutamat-Transporter einen zweiten Beruf als Ionenkanal. Geöffnet lässt er negativ geladene Ionen, vor allem Chlorid, durch die Zellmembran passieren und verändert damit die Erregbarkeit der Nervenzellen. Mit Simulationen am Jülicher Supercomputer JUROPA und Laborexperimenten wurde nun geklärt, was dabei geschieht. EAAT nimmt während des Glutamattransports verschiedene Formen an. Bei einer Zwischenform kann sich ein Abschnitt des Moleküls verschieben. Es entsteht eine Pore, in die Wasser einströmt. Über diese „Wasserstraße“ durchqueren Chloridionen die Membran, berichten die Forscher im Fachjournal „Cell“.

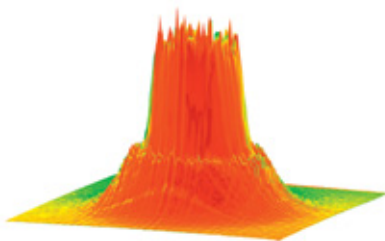
Mutationen von EAATs gibt es beispielsweise bei Patienten mit Epilepsie und Bewegungsstörungen. Damit sind diese Moleküle ein interessanter Ansatzpunkt für Medikamente.

## Weiche Materie

### Rezeptbuch für Kolloide

Weiche Kolloide sind nano- oder mikrometertgroße fein verteilte Teilchen oder Tröpfchen, beispielsweise aus Proteinen oder Kunststoffmolekülen. Industriell kommen sie etwa in Kosmetika, Dispersionsfarben und Lebensmittelzubereitungen zum Einsatz. Wissenschaftler vom Jülicher Zentrum für Forschung mit Neutronen haben in einem internationalen Team ein Modellsystem für weiche Kolloide entwickelt, das aus Wasser und Blockcopolymeren besteht – fadenförmige Kunststoffmoleküle mit einem wasserliebenden und einem wasserabweisenden Teil. Im Wasser ordnen sie sich sternförmig an, mit den wasserliebenden Enden nach außen.

Der Weichheitsgrad der Modell-Kolloide lässt sich über einen weiten Bereich einstellen, indem man das Längenverhältnis zwischen dem wasserliebenden und dem wasserabweisenden Teil verändert. Das Modell ermöglicht es, Zusammenhänge zwischen dem atomaren Aufbau und den Eigenschaften der Kolloide besser zu verstehen. So lässt sich nun vorhersagen, wann eine



Kolloidlösung flüssig und wann glasartig erstarrt ist. Die Wissenschaftler haben zudem eine Art Rezeptbuch erstellt, mit dem sich neuartige Kolloide entwickeln lassen.

## Kernspinresonanz (NMR)

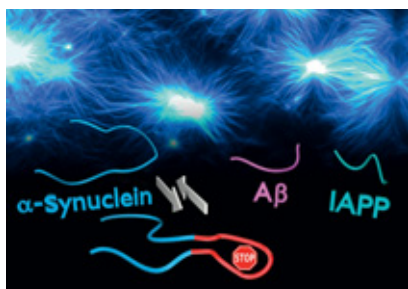
### Mit kleinen Magnetfeldern mobil

In der Röhre eines Kernspintomografen (kurz MRT) zu liegen, löst bei vielen Patienten Unbehagen aus. Die enge Röhre ist eine riesige Spule, die Magnetfelder erzeugt. Durch das Zusammenspiel von Magnetfeldern und Radiowellen lassen sich Gewebe oder Organe untersuchen. Das gleiche Prinzip wird auch bei der NMR-Spektroskopie verwendet, um den molekularen oder atomaren Aufbau von Flüssigkeiten oder Feststoffen zu analysieren.

Üblicherweise sind NMR-Geräte groß, teuer und arbeiten mit immer stärkeren Magnetfeldern, um möglichst viele Informationen zu erhalten. Doch Prof. Stephan Appelt vom Jülicher Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik hat gemeinsam mit Kollegen des Instituts für Energie- und Klimaforschung sowie Forschern der RWTH Aachen einen Weg gefunden, um mit deutlich schwächeren Magnetfeldern vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. „Für dieses sogenannte Niederfeld-NMR brauchen wir keine großen und teuren Spulen. Dadurch wird das Gerät kleiner und auch mobil einsetzbar“, so Appelt. Es könnte beispielsweise in der Industrie zur Überwachung von chemischen Prozessen zum Einsatz kommen. Die Technologie ließe sich auch zu einem kompakten Kernspintomografen für medizinische Zwecke weiterentwickeln. 2015 haben die Forscher das entscheidende Bauteil ihres NMR-Prototyps in der Fachzeitschrift „Nature Physics“ vorgestellt: Der „externe Resonator“ verstärkt das Messsignal und unterdrückt störendes Rauschen.

## Strukturbiochemie

## Parkinson-Protein ausgebremst



Normalerweise liegen Moleküle von  $\alpha$ -Synuclein in den Nervenzellen des Gehirns einzeln und ungeordnet vor. Wenn sie sich stattdessen zu faserigen Aggregaten zusammenlagern, gilt dies als Schlüsselprozess der Parkinson-Krankheit. Wissenschaftler des Jülicher Institute of Complex Systems und der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf fanden gemeinsam mit einem schwedischen Kollegen einen Weg, die Entstehung dieser fatalen Fibrillen zu hemmen – ein möglicher Ansatzpunkte für künftige Therapien.

Die Forscher konzentrierten sich auf zwei Segmente des Moleküls, beta 1 und beta 2, die leicht aneinanderhaften und sich im Kern von  $\alpha$ -Synuclein-Aggregaten finden. In den Experimenten wurden die beiden bindungsfreudigen Abschnitte über eine Brücke aus zwei Schwefelatomen miteinander verknüpft. Es entstand eine haarnadelförmige Struktur. Derart modifizierte Moleküle verbinden sich nicht mehr untereinander und verhindern, dass normale Synuclein-Moleküle in ihrer Umgebung toxische Aggregate bilden, berichten die Wissenschaftler in der Zeitschrift „Angewandte Chemie“. Das modifizierte  $\alpha$ -Synuclein hemmt zudem die Zusammenballung von Proteinen, die mit Alzheimer und Diabetes Typ II in Verbindung stehen – eine wichtige Erkenntnis, um Parallelen zwischen diesen Erkrankungen auf die Spur zu kommen.

## Nanoelektronik

## Krebszellen schnell entdecken

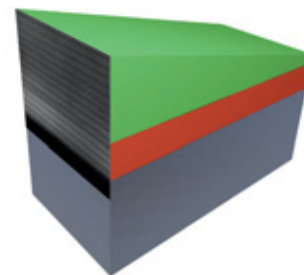
Ist es Krebs oder nicht? Das ist die Frage aller Fragen, wenn ein Patient einen verdächtigen Befund erhält. Bei einer schnellen Antwort innerhalb nur einer Stunde könnten künftig bioelektrochemische Sensoren helfen, die Wissenschaftler des Jülicher Peter Grünberg Instituts (PGI) mit Kollegen der University of South Australia im Fachjournal „ACS Nano“ vorstellen.

Silizium-Nanodraht-Transistoren werden mit Antikörpern bestückt, die spezifisch an Moleküle auf der Oberfläche von Krebszellen binden. Fließt eine Flüssigkeit mit verschiedenen Zellen über einen Mikrochip mit solchen Sensoren, hängen die Krebszellen an den Antikörpern fest. Das verändert die messbare Leitfähigkeit im Transistor. Selbst eine einzelne Krebszelle unter zehn Millionen gesunden Lymphzellen wäre damit zu entdecken, errechneten die Forscher.

„Wir haben einen hochempfindlichen Test entwickelt, der bisherigen klinischen Standards überlegen sein könnte. Aber das müssen wir noch in klinischen Studien belegen“, sagt Prof. Andreas Offenhäuser, Direktor am PGI und Leiter der Helmholtz Nanoelectronic Facility.

## Materialforschung

## Neuer Weg zu coolen Chips



Viel leisten, sich aber dabei wenig erhitzen – das wünschen sich Forscher von neuen Chips für Computer und Mobiltelefone. Eine Materialklasse, die erst vor wenigen Jahren entdeckt wurde, kommt diesem Wunsch entgegen: topologische Isolatoren. Diese leiten Strom nur an der Oberfläche, im Inneren aber nicht. Daher haben sie einen geringeren Widerstand und entwickeln weniger Wärme als herkömmliche Materialien. Zudem fließt der Strom – abhängig vom Spin der Elektronen – nur in eine Richtung, was für die Entwicklung spintronischer Bauelemente interessant ist. Wie man solch vorteilhafte Strukturen gezielt mit den gewünschten Eigenschaften herstellen kann, berichten Wissenschaftler des Jülicher Peter Grünberg Instituts (PGI) und der RWTH Aachen in „Nature Communications“.

Prof. Detlev Grützmacher vom PGI hatte die entscheidende Idee: „Anstatt zwei Halbleiter unterschiedlichen Typs wie üblich zu legieren, um daraus einen topologischen Isolator zu gewinnen, haben wir mittels Molekularstrahlepitaxie beide Halbleiter Atomschicht für Atomschicht aufeinander geschichtet.“ So konnten die Forscher den Aufbau der Schichten genau kontrollieren und ermitteln, welche Schichtdicken mit welchen Eigenschaften einhergehen – ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu maßgeschneiderten Chips.

## Mikroskopie

# Elektrische Aura von Nanoobjekten

In den letzten Jahren haben Forscher um Prof. Stefan Tautz und Dr. Ruslan Temirov vom Jülicher Peter Grünberg Institut die Möglichkeiten der Rastertunnelmikroskopie (RTM) erheblich erweitert. So hatten sie erstmals die Atomstrukturen im Inneren von Molekülen sichtbar gemacht, indem sie an die Spitze des RTM ein einziges Molekül als Sensor hängten. 2015 sorgten sie erneut für Aufsehen in der Fachwelt. „Mit unserer neuen Methode lassen sich elektrische Felder in der Nähe

einer Probenoberfläche erstmals mit atomarer Genauigkeit im Bereich von weniger als einem Nanometer quantitativ erfassen“, sagt Temirov. Solche elektrischen Felder umgeben alle Nanostrukturen wie eine Art Aura. Ihre Eigenschaften geben beispielsweise Aufschluss darüber, wie sich Ladungen in Atomen oder Molekülen verteilen.

Auch bei ihrer neuen Methode, der Raster-Quantenpunkt-Mikroskopie, hängen die Forscher ein einzelnes Molekül an die Mikroskopspitze. Dieses organische Molekül besteht aus 38 Atomen und dient als sogenannter Quantenpunkt. Dieser

kann aufgrund von Quanteneffekten nur ganz bestimmte unterscheidbare Energiezustände annehmen. Seine Funktion an der RTM-Spitze gleicht der einer Balkenwaage, die sich mal zur einen, mal zur anderen Seite neigt. Ein Ausschlag in die eine oder andere Richtung entspricht dabei der An- oder Abwesenheit eines zusätzlichen Elektrons, das entweder von der Spitze auf das Sensormolekül herüberspringt oder eben nicht. Die „Molekül-Waage“ vergleicht auf diese Weise keine Gewichte, sondern zwei elektrische Felder: das der Nanostruktur und das einstellbare und daher bekannte Feld rund um die Spitze.

## Publikationen

Auf bedeutsame Publikationen beziehen sich andere Forscher besonders häufig – die Zahl der Zitate gilt daher als wichtiges Maß für den Einfluss eines Wissenschaftlers in seinem Fachgebiet. Jülicher Wissenschaftler schnitten hier 2015 gut ab: Prof. Simon Eickhoff vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin (INM), Prof. Björn Usadel vom Institut für Bio- und Geowissenschaften, Prof. Rainer Wasser vom Peter Grünberg Institut und Prof. Martin Winter vom Institut für Energie- und Klimaforschung/Helmholtz-Institut Münster wurden in die „Highly Cited Research“-Datenbank des Medienunternehmens Thomson Reuters aufgenommen. Sie umfasst rund 3.000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 22 Fachgebieten.

Zudem zeigt eine aktuelle Erhebung der Zeitschrift „Lab Times“, die Publikationen der Jahre 2007 bis 2013 auswertete: Jülicher Forscher gehören zu den meist-zitierten Neurowissenschaftlern Europas. Simon Eickhoff erreichte mit 143 wissenschaftlichen Artikeln und 6.891 Zitaten Platz 12, JARA-Seniorend Professor Karl Zilles kam auf den 18. Platz und Prof. Gereon Fink vom INM belegte Platz 19.

## Fachzeitschriften mit den häufigsten Jülicher Veröffentlichungen

2015

| Zeitschrift                                   | Zahl der Publikationen |
|-----------------------------------------------|------------------------|
| Physical Review/B                             | 75                     |
| Journal of Nuclear Materials                  | 39                     |
| Geophysical Research Abstracts                | 39                     |
| Physical Review/D                             | 35                     |
| Atmospheric Chemistry and Physics             | 28                     |
| Innovatives Supercomputing in Deutschland     | 28                     |
| Physical Review Letters                       | 27                     |
| Nuclear Fusion                                | 26                     |
| PLOS ONE                                      | 26                     |
| Atmospheric Chemistry and Physics Discussions | 20                     |
| NeuroImage                                    | 20                     |
| Fusion Engineering and Design                 | 20                     |

## Jülicher Publikationen in den letzten fünf Jahren

| Jahr | Summe | in begutachteten Zeitschriften | dav. mit Forschern anderer Einrichtungen | Bücher, sonst. Publikationen | Dissertationen, Habilitationen |
|------|-------|--------------------------------|------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 2011 | 2.115 | 1.363                          | 1.013   74,3 %                           | 651                          | 101                            |
| 2012 | 2.233 | 1.452                          | 1.100   75,8 %                           | 688                          | 93                             |
| 2013 | 2.414 | 1.485                          | 1.175   79,1 %                           | 825                          | 104                            |
| 2014 | 2.449 | 1.614                          | 1.337   82,8 %                           | 713                          | 122                            |
| 2015 | 2.483 | 1.738                          | 1.458   82,3 %                           | 630                          | 115                            |



# Kooperation

Seite 53 – 70

# Die Computer-Diplomatin

Über 50 Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen aus 20 Forschungseinrichtungen und Unternehmen, verteilt über sieben europäische Länder, entwickeln gemeinsam eine neue und innovative Art von Supercomputer: Er soll besonders schnell und flexibel rechnen und dabei wenig Energie verbrauchen. Die Partner aus unterschiedlichen Arbeitsbereichen und Kulturen für ein gemeinsames Projekt an einen Tisch zu bringen, erfordert besondere Kompetenzen.

**D**r. Estela Suarez vom Jülich Supercomputing Centre (JSC) bringt diese mit: Sie koordiniert die Arbeiten und ist verantwortlich dafür, dass das Vorhaben reibungslos realisiert wird.

Astrophysiker beschäftigen sich mit der Physik von Himmelserscheinungen, Kometen und fernen Galaxien. Das könnte zu der Annahme verleiten, sie seien eher keine Spezialisten für irdische Probleme und menschliches Handeln. Auf Estela Suarez trifft das nicht zu: Die promovierte Astrophysikerin sorgt von Jülich aus seit 2011 dafür, dass über 50 Wissenschaftler – verteilt über ganz Europa – mit vollem Einsatz an einem Strang ziehen. Die meisten von ihnen sind Computer- und Softwarespezialisten. Ihr gemeinsames Ziel: eine neue Generation von Superrechnern.

Estela Suarez selbst sieht eine ihrer wesentlichen Aufgaben darin, die Kommunikation zwischen den Wissenschaftlerteams anzuregen und zu lenken. „Hardwarehersteller, Softwareentwickler und Anwender haben ihre jeweils eigene, spezielle Sichtweise und sprechen darüber hinaus völlig unterschiedliche Sprachen“, erläutert sie. „Ich versuche zu erreichen, dass sich alle trotzdem verstehen.“ Offenbar mit Erfolg:

„Estela findet immer den richtigen Ton im Umgang mit uns Nerds“, sagt Prof. Norbert Eicker vom Jülich Supercomputing Centre. Er weiß, dass Computerexperten oft als geniale Sonderlinge gelten, als wenig kommunikationsfreudig und nur bedingt tauglich für das Alltagsleben.

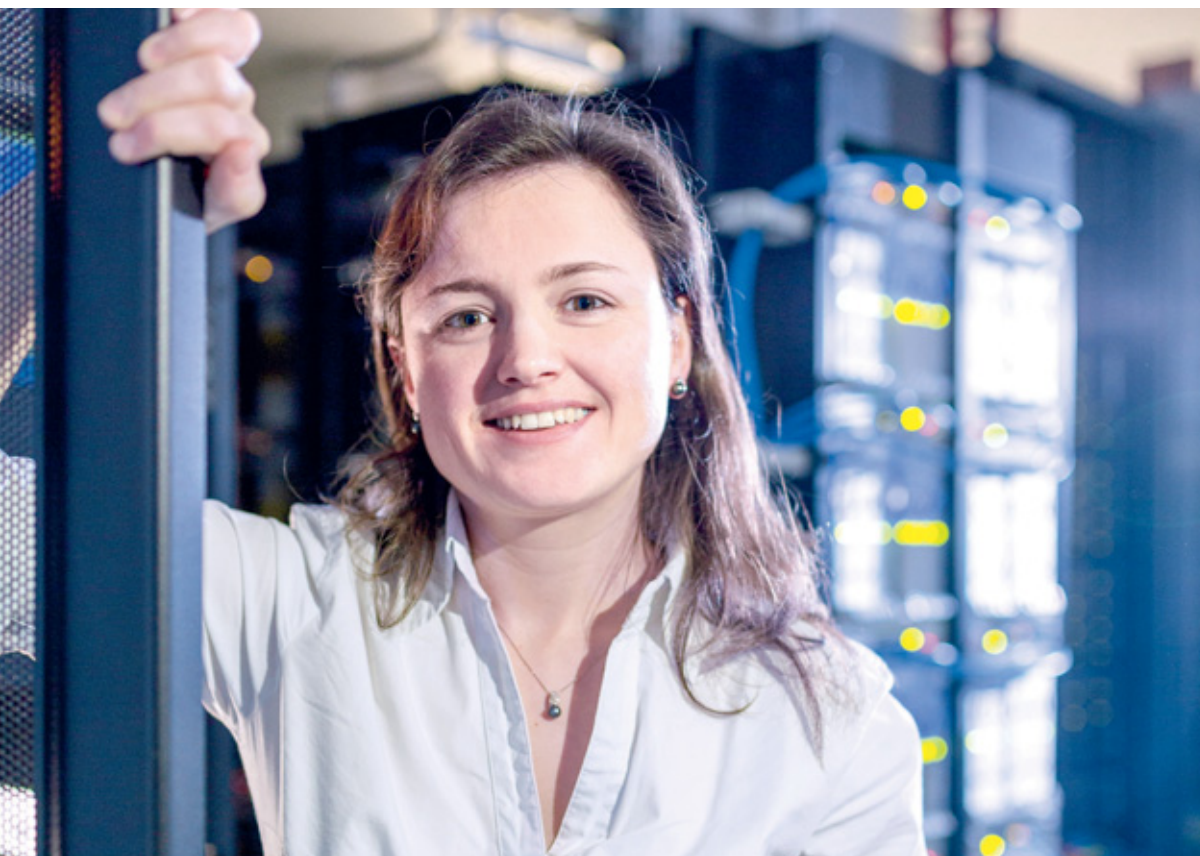
## Viele Denkweisen, viele Nationalitäten

Wenn sich die Diskussion zwischen den Projektpartnern festfährt, ist die Projektmanagerin Estela Suarez gefordert. „Typischerweise hat jeder recht. Es gibt nur unterschiedliche Sichtweisen und Interessen, um das Projektziel zu erreichen“, stellt sie fest. „Dabei wirken sich die Unterschiede in der Denkweise stärker auf das Projekt aus als die Differenzen, die sich aus den verschiedenen Nationalitäten der Wissenschaftler ergeben.“ Wobei die gebürtige Spanierin auch in diesem Punkt Brücken baut. Sie spricht Spanisch, Englisch, Französisch, Italienisch und Deutsch. „Das kann schon von Vorteil sein, wenn man die Wissenschaftler in ihrer Landessprache ansprechen kann“, sagt sie. Für die Gesprächsatmosphäre ist das förderlich, auch wenn die gemeinsame Projektsprache Englisch ist.

Das Projekt, das solche Kompetenzen erfordert, heißt DEEP-ER. Estela Suarez koordiniert das Vorhaben, wie zuvor schon dessen Vorläufer DEEP. Das Kürzel bedeutet „Dynamical Exascale Entry Platform – Extended Reach“. Die Silbe „Exa“ steht dabei für die Zahl 10 hoch 18, also für eine Trillion. So viele Fließkommarechnungen pro Sekunde (Flops) sollen die Supercomputer der nächsten Generation bewältigen. Flops wiederum sind ein Maß für die Leistungsfähigkeit von Computern, etwa so wie die Kilowattangabe – früher PS – für die Motorleistung eines Formel-1-Rennwagens steht. Die

**Typischerweise hat jeder recht.  
Es gibt nur unterschiedliche  
Sichtweisen und Interessen.**

Estela Suarez | Projektmanagerin DEEP und DEEP-ER



Die gebürtige Spanierin Estela Suarez koordinierte 2015 vom Jülich Supercomputing Centre aus die europäischen Großprojekte DEEP und DEEP-ER.

Rechenkraft eines Exascale-Computers würde etwa der von zehn Millionen aktuellen PCs entsprechen.

DEEP startete im Dezember 2011 mit 16 Partnern. Als im April 2012 Projektleiter Wolfgang Gürich vom JSC in den Ruhestand ging, stand die Nachfolgerin schnell fest: Estela Suarez. Auf diese Aufgabe war sie gezielt vorbereitet worden. Gürich hatte darüber hinaus seine Erfahrung in der Organisation von Projekten sowie dem Management von Wissenschaftlergruppen an sie weitergegeben. „Er war sozusagen mein persönlicher Mentor und zeigte mir viele Kniffe“, erinnert sich Suarez. Sie koordiniert seit Oktober 2013 auch das ergänzende Vorhaben DEEP-ER. Beide Projekte liefen fast zwei Jahre parallel, bis DEEP im Sommer 2015 endete.

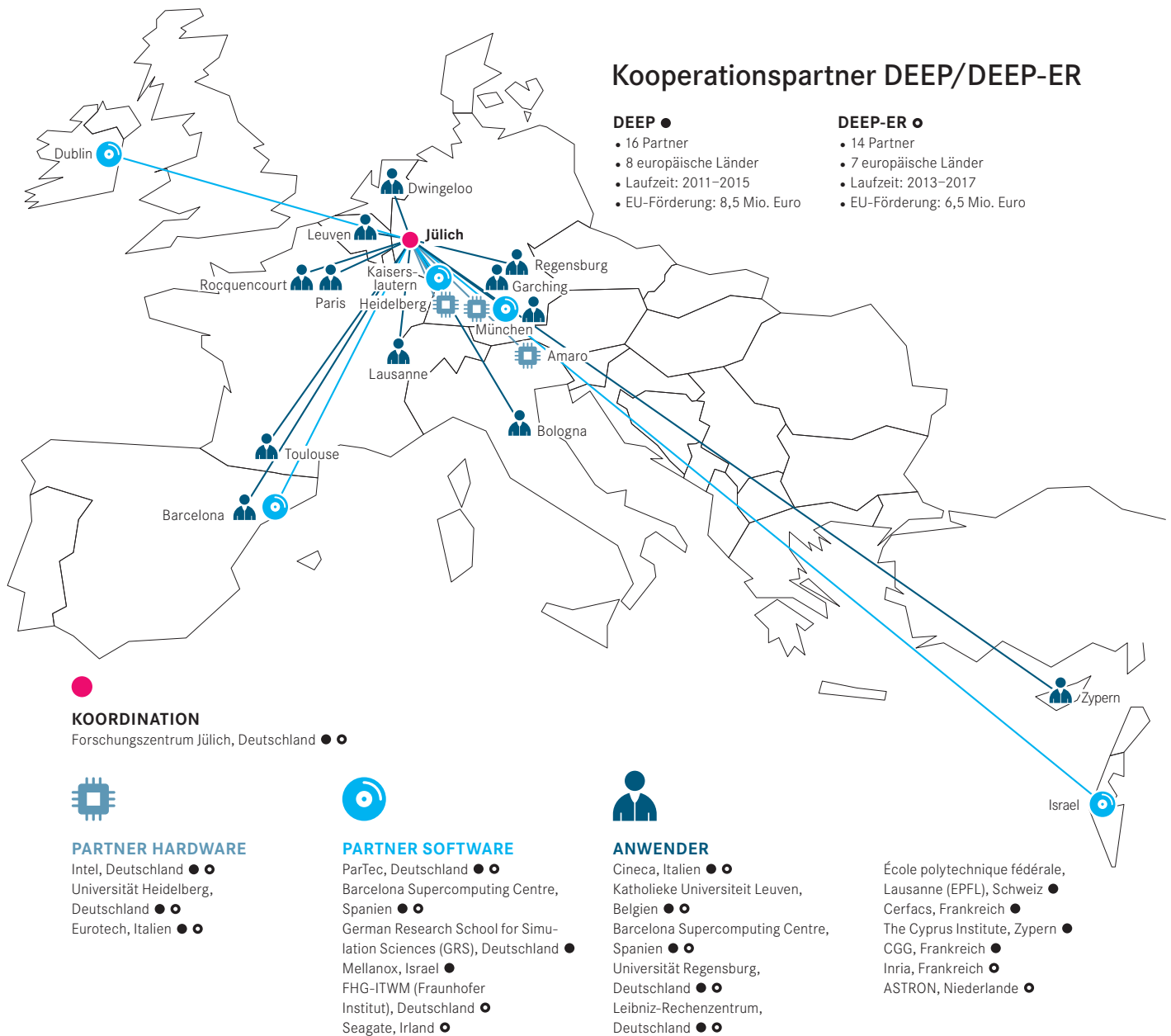
„Es war fantastisch zu erleben, wie das exzellente interdisziplinäre und internationale DEEP-Team eine völlig neue Rechnerarchitektur realisierte, die in einer Diskussionsrunde als Idee an einer Tafel entstand“, erklärt Suarez. Diese Architektur ist wichtig, um die nächste Generation von Supercomputern zu ermöglichen.

Denn um in das Exascale-Zeitalter einzutreten, muss die Leistung der derzeit schnellsten Computer der

Welt um rund das 1.000-Fache erhöht werden. „Das ist schwierig, denn die bisherigen Rezepte stoßen an ihre Grenzen“, sagt Suarez. Im Grunde geht es bei allen Ansätzen darum, immer mehr Aufgaben parallel zu rechnen. Ein Weg sind Cluster. Hier werden Einzelrechner – auch Rechenknoten genannt – über ein schnelles Netzwerk zusammengeschaltet. Beispielsweise wird dann eine Simulation in mehrere gleichartige Teilaufgaben zerstückelt, die auf die Einzelrechner verteilt werden. Das beschleunigt die Lösung der Teilaufgaben enorm und damit die gesamte Berechnung. Ein anderer Ansatz ist die Nutzung von speziellen Beschleuniger-Prozessoren. Sie verfügen im Vergleich zu Cluster-Prozessoren über viel mehr Rechenkerne, die aber einzeln deutlich leistungsschwächer sind. Solche Beschleuniger-Prozessoren eignen sich besonders gut, um viele weniger anspruchsvolle Teilaufgaben auszulagern und zu berechnen.

JSC-Leiter Thomas Lippert war 2010 der Erste, der sich fragte: „Was wäre, wenn man die zwei unterschiedlichen Rechnerarchitekturen miteinander verknüpfen würde?“ Aus dieser Idee heraus entwickelten JSC-Wissenschaftler das sogenannte Cluster-Booster-Konzept. Dessen Ansatz in Kürze: Die Programmteile, die nicht so gut parallelisiert werden können, laufen auf einer Clusterarchitektur. Die einfachen

## Kooperationspartner DEEP/DEEP-ER



parallelisierten Programmteile übernimmt ein neuartiges System aus Beschleuniger-Prozessoren, das die Forscher entwickelt und „Booster“ getauft haben. Ein spezielles Softwaresystem erleichtert die Verteilung der Programmteile über Cluster und Booster und steuert die Kommunikation untereinander.

Nun galt es, das Konzept in die Praxis umzusetzen. Die Jülicher Wissenschaftler sprachen darüber mit ausgewählten Unternehmen und europäischen Forschungseinrichtungen. Denn ein ambitioniertes Projekt in dieser Größenordnung lässt sich nur in einer Kooperation mit Partnern umsetzen, deren Kompetenzen und Fragestellungen sich ergänzen. „Schließlich

muss neben der neuartigen Hardware auch die sogenannte Middleware entwickelt werden. Diese sorgt dafür, dass Forscher ihre Programme trotz der komplizierten Rechnerarchitektur weitgehend wie gewohnt erstellen und laufen lassen können“, erläutert Suarez. „Eine solche Entwicklung kann nur im Verbund von erfahrenen Partnern unterschiedlicher Wissensgebiete geleistet werden.“ Zudem sei es wichtig, die Anwender des Supercomputers einzubeziehen – Forscher, die beispielsweise das Klima, das menschliche Gehirn oder Materialeigenschaften simulieren. Sie profitieren wiederum, weil sie ihre Software frühzeitig modernisieren und an künftige Supercomputerarchitekturen anpassen können. Für die Hardware- und die Middle-

ware-Hersteller ist die Zusammenarbeit mit den Forschungseinrichtungen und Anwendern die perfekte Möglichkeit, neue Produkte bis zur Marktreife zu entwickeln und zu erproben. „Die Zusammenarbeit in den Projekten nutzt einfach jedem der Partner enorm“, sagt Suarez.

In einem nächsten Schritt galt es, Fördergelder bei der Europäischen Union zu beantragen. Estela Suarez, erst kurz zuvor nach Jülich gekommen, fügte die Entwürfe der Partner zu einem einheitlichen Arbeitsprogramm zusammen, stimmte das zu beantragende Budget dafür ab und verhandelte nach dem positiven Urteil der Gutachter mit der EU über die Einzelheiten der Förderung. Letztlich erhielt DEEP mit seinen Partnern 8,5 Millionen Euro Fördergelder, für DEEP-ER, das bis April 2017 läuft, noch einmal 6,5 Millionen.

### Prototyp präsentiert

Trotz dieser guten Ausgangssituation sind Projekte wie DEEP keine Selbstläufer, sondern benötigen einen fähigen Koordinator. Thomas Lippert betont, dass jemand nur dann ein solches Projekt erfolgreich managen kann, wenn er den Spirit des Forschungsthemas versteht und es inhaltlich mitgestalten kann. „Die Projektpartner würden mangelnde Kompetenz schnell erkennen und dann den Koordinator links liegen lassen“, so Lippert. Estela Suarez war schon während des Studiums vom wissenschaftlichen Programmieren fasziniert. Während ihrer astrophysikalischen Doktorarbeit hatte sie ein Simulationsprogramm für einen Detektor auf einem Satelliten geschrieben. „Die Kenntnisse über Computerarchitekturen hat sie sich anschließend in Jülich außergewöhnlich schnell angeeignet“, erinnert sich Gürich.

Offenbar macht Suarez bei ihrer Computer-Diplomatie vieles richtig: Die Projektpartner präsentierten 2015 einen Cluster-Booster-Prototypen mit einer Rechenleistung von 500 Billionen Flops. Sie testeten ihn und konnten dabei belegen, dass er so energieeffizient arbeitet wie erhofft und sehr flexibel eingesetzt werden kann. Anfang 2016 stellten die Wissenschaftler einen zweiten, kleineren Prototypen vor, den sogenannten GreenICE-Booster. Bei ihm kommt eine besonders innovative Kühlung zum Einsatz. Die elektronischen Baugruppen sind von einer speziellen, nichtleitenden Flüssigkeit umgeben, die schon bei moderaten Temperaturen von 50 Grad Celsius verdampft: Der Phasenübergang von flüssig zu gasförmig maximiert den Kühleffekt. Dadurch wird keine Abwärme mehr an den Raum abgegeben. Der Energiebedarf der Kühlung



Der GreenICE-Booster (vorne) besitzt eine innovative Kühlung.

sinkt so auf einen Anteil von etwa einem Prozent am gesamten Energieverbrauch. Bei herkömmlichen luftgekühlten Systemen kann dieser Anteil dagegen bis zu 25 Prozent betragen.

Im Projekt DEEP-ER geht es nun zum einen darum, ein besonders effizientes System für die Dateneingabe und die Datenausgabe zu entwickeln. Manche Anwendungen – etwa Klimasimulationen – spucken nach den Berechnungen nicht nur wenige Zahlen aus, sondern eine Unmenge an Daten. Gibt es dadurch Engpässe, verlangsamt sich trotz gewaltiger Rechenleistung das Gesamtsystem. Zum anderen arbeiten die Wissenschaftler daran, den Cluster-Booster-Rechner ausfallsicherer zu machen. Das ist vor allem dann wichtig, wenn künftig nach diesem Konzept gebaute Computer mit mehr Prozessoren ausgestattet werden als die Prototypen. Denn mit der Vielzahl der Prozessoren steigt die Wahrscheinlichkeit, dass einer von ihnen während einer laufenden Simulation ausfällt. Bei den vielen Kooperationspartnern im Projekt gab es dagegen keine Ausfälle. „Deren Engagement und deren Bereitschaft, kommunikative und inhaltliche Grenzen zu überwinden, haben es ermöglicht, dass aus einer Idee Realität wurde“, sagt Suarez.

# 500



Billionen Flops Rechenleistung hat der Prototyp, den die Projektpartner 2015 präsentierten.

# Internationale Kooperationen (EU)

EU-geförderte Projekte mit Jülicher Beteiligung 2015  
Fördersumme über 1 Million Euro

| Akronym                   | Projekttitel                                                                                                       | Vertrags-<br>volumen<br>Jülich (Euro) |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <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 SoNDe</b>            | Solid-State Neutron Detector – A new Neutron Detector for High-Flux Applications                                   | <b>2.966.330</b>                      |
| <b>K ESMI</b>             | European Soft Matter Infrastructure                                                                                | <b>2.774.539</b>                      |
| <b>K IMAGINE</b>          | Imaging Magnetism in Nanostructures using Electron Holography                                                      | <b>1.984.340</b>                      |
| <b>K Pro-Plant-Stress</b> | Proteolytic processing in plant stress signal transduction and responses to abiotic stress and pathogen attack     | <b>1.804.663</b>                      |
| <b>K EPPN</b>             | European Plant Phenotyping Network                                                                                 | <b>1.615.852</b>                      |
| <b>K POLP-BAR</b>         | Production of Polarized Antiprotons                                                                                | <b>1.509.900</b>                      |
| <b>CUSTOM-SENSE</b>       | Custom-made biosensors – Accelerating the transition to a bio-based economy                                        | <b>1.482.220</b>                      |
| <b>K DEEP</b>             | Dynamical Exascale Entry Platform                                                                                  | <b>1.443.509</b>                      |
| <b>SMART GRIDS PLUS</b>   | ERA-Net Smart Grids Plus: support for deep knowledge sharing between regional and European Smart Grids initiatives | <b>1.331.147</b>                      |
| <b>K PRACE-3IP</b>        | Third Implementation Project Phase of the Pan-European High Performance Computing infrastructure and services      | <b>1.284.042</b>                      |
| <b>K DEEP-ER</b>          | Dynamical Exascale Entry Platform – Extended Reach                                                                 | <b>1.247.449</b>                      |
| <b>K GREEN-CC</b>         | Graded Membranes for Energy Efficient New Generation Carbon Capture and Storage Process                            | <b>1.178.580</b>                      |
| <b>EoCoE</b>              | Energy oriented Centre of Excellence for computer applications                                                     | <b>1.174.480</b>                      |
| <b>K PRACE-4IP</b>        | 4 <sup>th</sup> Implementation Phase of the Pan-European High Performance Computing infrastructure and services    | <b>1.078.969</b>                      |
| <b>SINE2020</b>           | World-class Science and Innovation with Neutrons in Europe 2020                                                    | <b>1.017.360</b>                      |

Beteiligung an EU-Programmen innerhalb des 7. Forschungsrahmenprogramms und des Rahmenprogramms für Forschung und Innovation Horizon 2020

| EU-Programm                            | Anzahl bewilligter Projekte | von Jülich koordiniert | Förder-summe Jülich (Euro) |
|----------------------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------------|
| 7. Forschungsrahmenprogramm            |                             |                        |                            |
| <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>83.973.055</b>          |
| Horizon 2020                           |                             |                        |                            |
| <b>EURATOM</b>                         | 3                           | –                      | <b>7.051.453</b>           |
| <b>Excellent Science</b>               | 24                          | 3                      | <b>16.397.946</b>          |
| <b>Industrial Leadership</b>           | 1                           | –                      | <b>53.948</b>              |
| <b>Societal Challenge</b>              | 15                          | 3                      | <b>4.638.902</b>           |
| <b>Horizon 2020 gesamt</b>             | <b>43</b>                   | <b>6</b>               | <b>28.142.249</b>          |

**K** Forschungszentrum Jülich als Koordinator

# Nationale Kooperationen

Laufende Projekte 2015 mit einer Fördersumme ab 2 Millionen Euro im jeweiligen Projektzeitraum

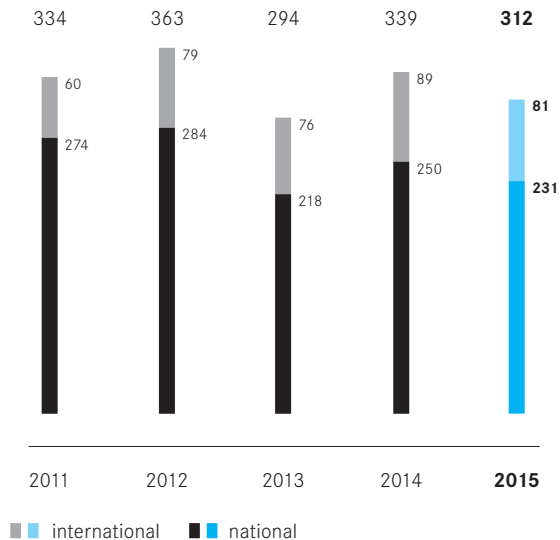
| Akronym                 | Projekttitel                                                                                                                                                            | Förderer | Vertragsvolumen Jülich (Euro) |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------|
| –                       | 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>K</b> <b>DPPN</b>    | Deutsches Pflanzen Phänotypisierungsnetzwerk                                                                                                                            | BMBF     | 18.342.495                    |
| <b>K</b> <b>BioSC</b>   | Bioeconomy Science Center                                                                                                                                               | MIWF     | 17.872.137                    |
| –                       | Ausbau eines Petaflop-Rechners                                                                                                                                          | MIWF     | 16.000.000                    |
| <b>K</b> <b>IAGOS-D</b> | In-service Aircraft for a Global Observing System, Hauptphase                                                                                                           | BMBF     | 5.434.534                     |
| <b>HI MS</b>            | Helmholtz-Institut Münster Anschubfinanzierung                                                                                                                          | MIWF     | 5.000.000                     |
| <b>MeMo</b>             | Elektrochemische Metall-Metalloxid-Hochtemperaturspeicher für zentrale und dezentrale stationäre Anwendungen                                                            | BMBF     | 4.421.590                     |
| <b>K</b> <b>AUFWIND</b> | Algenproduktion und Umwandlung in Flugzeugtreibstoffe: Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit, Demonstration                                                                | BMEL     | 3.155.501                     |
| <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>HI ERN</b>           | Bauvorhaben zum Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg                                                                                                                    | StMWI    | 2.634.454                     |
| <b>MIE</b>              | Molecular Interacting Engineering                                                                                                                                       | BMBF     | 2.588.276                     |
| <b>SenseUP</b>          | Ausgründungsvorhaben Stephan Binder und Georg Schaumann HTSR Plattform GoBio                                                                                            | BMBF     | 2.535.687                     |
| <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>D3-Derivate</b>      | Helmholtz-Validierungsfonds „Validierung von Alzheimer-therapeutischen Substanzen abgeleitet von D3“                                                                    | HGF      | 1.996.211                     |
| <b>K</b> <b>LIST</b>    | Großflächiger Lichteinfang in der Silizium-basierten Dünnschichtsolarzellen-Technologie<br>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                     |

Die Anzahl der national geförderten Projekte in 2015 betrug insgesamt 377, davon 177 mit mehreren Partnern. 29 Verbünde wurden von Jülich koordiniert.

**K** Forschungszentrum Jülich als Koordinator

# Industriekooperationen

## Anzahl der Industriekooperationen



Prof. Otmar Wiestler, Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft, und Prof. Holger Hanselka, Präsident des KIT, besuchen den Jülicher Stand auf der Hannover Messe 2016. V.l.n.r.: Dr. Holger Jansen, Herr Andreas Schulze Lohoff, Prof. Otmar Wiestler, Dr. Carmo Marcelo, Herr Klaus Wedlich, Dr. Vitali Weißbecker, Prof. Holger Hanselka

## Wichtige Industriekooperationen

2015

| Industriepartner                             | Projekt                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sartorius Biotech GmbH</b>                | Entwicklung neuartiger membranbasierter chromatografischer Einwegsysteme zur industriellen Aufreinigung von monoklonalen Antikörpern                                      |
| <b>AeroMegt GmbH</b>                         | Entwicklung massenspektrometrischer Verfahren für atmosphärische Anwendungen                                                                                              |
| <b>BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH</b> | Optimierung eines PEM-Elektrolyseurs zum Betrieb bei niedrigen Umgebungstemperaturen                                                                                      |
| <b>Syngenta Crop Protection AG</b>           | Proof-of-concept evaluation for the rapid measurement of canopy and productivity traits and application case studies in tomato using stereo-imaging and spectral analysis |
| <b>MAN Turbo AG</b>                          | Wärmedämmschichtsysteme bei zyklischer Temperaturbelastung KONTEST-2                                                                                                      |
| <b>KIC InnoEnergy Germany GmbH</b>           | Entwicklung von optisch aktiven Schichten für die Fotovoltaik                                                                                                             |
| <b>Nanotechnology Solar GmbH</b>             | Entwicklung von optisch aktiven Schichten für die Fotovoltaik                                                                                                             |
| <b>Rolls-Royce Deutschland</b>               | Lebensdauertests                                                                                                                                                          |
| <b>Siemens AG</b>                            | E-Modul-Charakterisierung                                                                                                                                                 |



Algen und andere Pflanzen können als Alternative zum Erdöl für Flugzeugtreibstoff, als Grundstoff für die chemische Industrie oder für Nahrungsmittel genutzt werden. Für ihr Wachstum brauchen Pflanzen den Nährstoff Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). Diesen Rohstoff stellt die RWE Power AG dem Forschungszentrum Jülich aus ihrer Pilotanlage zur CO<sub>2</sub>-Wäsche im Kraftwerk Niederaußem zur Verfügung. Dr. Reinhold Elsen, Leiter Forschung und Entwicklung der RWE Power, Prof. Wolfgang Marquardt, Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums Jülich, Prof. Ulrich Schurr, Direktor der Jülicher Pflanzenwissenschaften, und Dr. Ulrich Hartmann, Vorstandsmitglied der RWE Power (v.l.)

JÜLICH AACHEN RESEARCH ALLIANCE

# JARA – gebündelte Kompetenz

Die Jülich Aachen Research Alliance, kurz JARA, ist ein deutschlandweit einzigartiges Kooperationsmodell der RWTH Aachen und des Forschungszentrums Jülich. Es überwindet das Nebeneinander von universitärer und außeruniversitärer Forschung und Lehre.

## Für Kids, die es wissen wollen

Von der Zusammenarbeit der RWTH Aachen und des Forschungszentrums Jülich profitierten 2015 auch ungewöhnlich junge Forscher: Schülerinnen und Schüler der achten und neunten Klassen des Gymnasiums am Geroweiher in Mönchengladbach, die in den sogenannten MINT-Fächern – Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik – besondere Interessen und Begabungen

zeigten, waren bei JARA-Kids dabei. In diesem im September 2015 gestarteten Pilotprojekt unter dem Dach der JARA erfuhren sie nicht nur viel darüber, wie Wissenschaftler arbeiten, sondern konnten vor allem selbst experimentieren. Alle zwei Wochen, abwechselnd an der RWTH Aachen und im Jülicher JuLab (→ S. 75), führten die neun Mädchen und vier Jungen anspruchsvolle eigene Projekte durch. So

bauten sie beispielsweise eine funktionsfähige Brennstoffzelle, beschäftigten sich mit modernster Strahlentherapie und lernten den Supercomputer kennen, der die neuronalen Netze des Gehirns simuliert. Erfahrene Wissenschaftler standen ihnen dabei stets zur Seite. Nach erfolgreichem Abschluss der Pilotphase wird über den Ausbau des JARA-Kids Projekts nachgedacht.



JARA-Kids bietet Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, Forschung und Wissenschaft an der RWTH Aachen und dem Forschungszentrum Jülich hautnah zu erleben.

## 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> | 53        |

2) Stichtag 31.12.2015

| Veröffentlichungen                                                        | 2015  |
|---------------------------------------------------------------------------|-------|
| Veröffentlichungen von allen an JARA beteiligten Instituten <sup>3)</sup> | 2.197 |
| Gemeinsame Veröffentlichungen                                             | 801   |

3) referierte Publikationen, Stichtag 31.12.2015

# Neues aus den JARA-Sektionen

JARA, die Kooperation der RWTH Aachen und des Forschungszentrums Jülich, geht mit vereinter Forschungskompetenz und -kapazität komplexe Fragestellungen an. Derzeit umfasst JARA sechs Forschungsbereiche:

1

Translational Brain Medicine

## JARA-BRAIN

Im neuen Internationalen Graduiertenkolleg (IRTG) „Neuronale Grundlagen der Modulation von Aggression und Impulsivität im Rahmen von Psychopathologie“ wird erforscht, wie Umwelt, traumatische Erfahrungen, Persönlichkeit, Geschlecht, Kultur und genetische Anlagen aggressives und impulsives Verhalten bei Menschen beeinflussen. Sprecherin ist Prof. Ute Habel, RWTH Aachen.

Die JARA-Wissenschaftler Prof. Thomas Nickl-Jockschat und Dr. Claudia Eickhoff revidierten mit Kollegen eine Hypothese zur Schizophrenie: Bisherige Studien hatten nahegelegt, dass eine Variante des COMT-Gens mit spezifischen Mustern der Hirnaktivierung bei dieser Erkrankung zusammenhängt. Es ist der Bauplan für ein Enzym, das unter anderem den Botenstoff Dopamin reguliert. Auf Höchstleistungsrechnern analysierten die Forscher 995 Datensätze aus 14 Studien, konnten jedoch keinen studienübergreifenden räumlichen Zusammenhang im Gehirn entdecken. Für fundierte Aussagen müssten offenbar weit mehr Patienten untersucht werden, folgern die Wissenschaftler.

2

Sustainable Energy Research

## JARA-ENERGY

Ein Forschungsvorhaben von Prof. Olivier Guillon, Direktor am Institut für Energie- und Klimaforschung und Mitglied von JARA-ENERGY, widmet sich neuen Synthese- und Herstellungsverfahren für anorganische Materialien. Im Projekt „Manipulation of Matter Controlled by Electric and Magnetic Fields: Towards Novel Synthesis and Processing Routes of Inorganic Materials“ werden Verfahren entwickelt, um Materialien mithilfe elektrischer und magnetischer Felder für unterschiedliche Zwecke maßzuschneidern und ihre Eigenschaften gezielt zu verändern.

Sie sollen sich vor allem durch Energieeffizienz, Umweltfreundlichkeit und den günstigen Preis auszeichnen. Als eines von 18 erfolgreichen Konzepten setzte sich dieses Projekt 2015 unter 87 Vorschlägen durch und wird nun als Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert.

3

Forces and Matter Experiments

## JARA-FAME

Die bisher gefundenen Unterschiede zwischen Materie und Antimaterie reichen nicht aus, um das „Überleben“ einer ausreichenden Menge Materie nach dem Urknall zu erklären. Neue Erkenntnisse über das Verhältnis erhoffen sich die JARA-FAME Wissenschaftler von der Suche nach den Unterschieden zwischen Neutrinos und Antineutrinos.

Ein wichtiges Experiment, um diese aufzuspüren, ist das internationale „Jiangmen Underground Neutrino Observatory“ (JUNO), das derzeit im Süden Chinas in einem Berg 700 Meter unter der Oberfläche gebaut wird. Kernstück ist ein kugelförmiger Tank, gefüllt mit 20.000 Tonnen eines Öls, das ein wenig Licht erzeugt, wenn ein Neutrino damit wechselwirkt. Etwa 18.000 höchst empfindliche Fotosensoren umgeben den Tank, um solche seltenen Ereignisse zu registrieren. Das Experiment soll unter anderem die Massenhierarchie der Neutrinos klären. Seit Beginn 2016 werden diese Arbeiten auch im Rahmen einer DFG-Forscherguppe gefördert.



4

Fundamentals of Future Information Technology

## JARA-FIT

Energieeffiziente Computerbauteile sind das Ziel eines JARA-FIT-Projekts mit dem Titel „Magnetic Skyrmions for Future Nanospintronic Devices“, kurz MAGicSky. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nutzen dafür ein innovatives Konzept für neuartige Rechnerkomponenten auf der Basis von magnetischen Wirbeln, sogenannten Skyrmionen. Im ersten Schritt wollen sie anhand einiger nanomagnetischer Bauteile demonstrieren, dass sich Skyrmionen grundsätzlich für die Informationsverarbeitung nutzen lassen.

Die Gruppe von Prof. Stefan Blügel, Direktor am Peter Grünberg Institut/Institute for Advanced Simulation und Mitglied von JARA-FIT, erforscht die theoretischen Grundlagen dafür. JARA-Wissenschaftlerin Prof. Barbara Terhal erhielt für ihr Projekt zu Quantenfehlerkorrekturen einen Consolidator Grant des European Research Council.

5

High-Performance Computing

## JARA-HPC

Moderne Simulationen mittels High-Performance Computing erzeugen riesige Datenmengen. Ziel des Projekts JADE – Jülich Aachen Data Exchange – ist es, Werkzeuge für den Umgang mit derartigen großen Datenmengen zu entwickeln und deren Austausch zwischen dem Forschungszentrum Jülich und der RWTH Aachen anwenderfreundlich und effizient zu realisieren. Im Fokus stehen dabei Datenaustausch, Archivierung, Sicherheit, Multi-Level-Datenzugriff und der flexible Zugang zu den Daten. HPC-Experten unterschiedlicher Bereiche arbeiten gemeinsam an der Optimierung des Systems. Dabei werden die verschiedenen Elemente in einem standortübergreifenden Gesamtkonzept entwickelt, das sich auch künftig flexibel an weitere Anforderungen anpassen lässt.

6

Soft Matter Science

## JARA-SOFT

Wie Bakterien sich mithilfe fadenförmiger Geißeln fortbewegen, erforscht ein Team um Prof. Gerhard Gompper, Direktor am Institute of Complex Systems/Institute for Advanced Simulation und Mitglied der Sektion JARA-SOFT. So rotieren einige Bakterienarten in der Nähe von Oberflächen aufgrund der Scherkräfte, die sich zwischen der ruhigen Oberfläche und dem sich bewegenden Mikroorganismus entwickeln.

Auf der Basis mesoskopischer Computersimulationen – also in einer Größenordnung, die zwischen mikroskopisch und makroskopisch liegt – ist es nun gelungen, eine Formel für die exakte Vorhersage solcher Bewegungen zu entwickeln. Zukünftig können die Erkenntnisse beispielsweise dazu beitragen, verschiedene Bakterienarten voneinander zu trennen. Besonders für biomedizinische Untersuchungen wäre eine solche Differenzierung interessant.

# Kooperationen in Kürze

## Bodenforschung

### Optimale Landnutzung



Wie kann der Ertrag landwirtschaftlicher Flächen gesteigert werden, ohne dass die Bodenqualität leidet? Dieser Frage gehen Wissenschaftler seit Oktober 2015 in der neuen Förderinitiative BonaRes – Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie nach. Insgesamt sind an BonaRes 48 Forschungseinrichtungen und Institutionen beteiligt. Das Bundesforschungsministerium fördert sie im Rahmen der Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030 für die ersten drei Jahre mit 33 Millionen Euro. Jülicher Forscher vom Institut für Bio- und Geowissenschaften sind an den Projekten InnoSoilPhos (nachhaltiges Management von Phosphor) und SOIL3 (Nachhaltiges Unterbodenmanagement) beteiligt und koordinieren das Projekt INPLAMINT, das Wechselwirkungen zwischen Pflanzen, Boden und Mikroorganismen untersucht. Sie erhalten für ihre Arbeiten 1,85 Millionen Euro.

## Neurowissenschaften

### Hirnscanner der nächsten Generation

Bilder aus dem Gehirn liefern wertvolle Informationen zur Erforschung von Demenzerkrankungen, Depressionen und anderen psychischen Erkrankungen. Weit genauere Aufnahmen als bisher soll ein neuer Positronenemissions-Tomograf (PET) erzeugen, den Jülicher Forscher entwickeln und mit einem 7-Tesla-Magnetresonanz-Tomografen kombinieren wollen. Ziel ist ein marktfähiges Gerät, das molekulare, funktionelle und strukturelle Bildgebung in bislang unerreichter Qualität ermöglicht. Für das Projekt „Next generation BrainPET scanner for 7T MRI“ stellt die Helmholtz-Gemeinschaft aus ihrem Validierungsfonds von 2016 bis 2018 2 Millionen Euro bereit. Als Industriepartner sind die Unternehmen Siemens und Inviscan SA sowie Philips als Zulieferer beteiligt.

## Supercomputing/Energieforschung

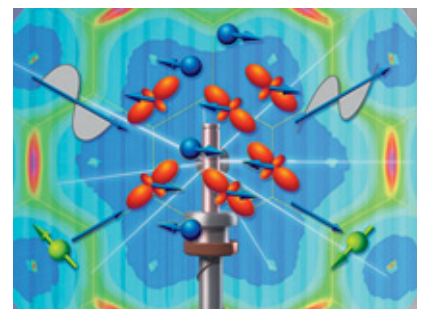
### Hochleistungsrechnen für die Energiewende

Im Oktober 2015 nahm das Energy Oriented Centre of Excellence (EoCoE) die Arbeit auf. Ziel dieses aus dem EU-Rahmenprogramm Horizon 2020 geförderten Expertennetzwerks ist es, die Supercomputing-Infrastruktur in Europa stärker für die Energieforschung nutzbar zu machen und so den Übergang zu einer nachhaltigen, klimaneutralen Energieversorgung zu beschleunigen. EoCoE ist mit rund 5,7 Millionen Euro ausgestattet und wird vom Forschungszentrum Jülich gemeinsam mit dem französischen Maison de la Simulation koordiniert. Im Netzwerk arbeiten 23 Forscherteams aus acht Staaten zusammen, darunter fünf Gruppen aus Jülich.

## Neutronenforschung

### Russische Neutronenquelle integrieren

Durch das Projekt CREMLIN (Connecting Russian and European Measures for Large-scale Research Infrastructures) soll die europäisch-russische Zusammenarbeit beim Bau und bei der Nutzung physikalischer Großforschungseinrichtungen intensiviert werden. Es startete im September 2015 und wird im Rahmen des EU-Forschungsprogramms Horizon 2020 mit 1,7 Millionen Euro über drei Jahre gefördert. Das Jülicher Zentrum für Forschung mit Neutronen (JCNS) leitet das Arbeitspaket „Neutronen“, das den russischen Forschungsreaktor PIK bei St. Petersburg in die europäische Forschung integrieren soll. Diese leistungsstarke Neutronenquelle wird ab 2018 neue Möglichkeiten schaffen, Einblicke in die Struktur und Dynamik von Materialien zu gewinnen. Weitere Projektpartner sind das Institut Laue-Langevin in Frankreich, die European Spallation Source in Schweden, die TU München und das Helmholtz-Zentrum Geesthacht.





Wie sich das äußere Erscheinungsbild von Nutzpflanzen wandelt, wenn sich Umweltbedingungen ändern, untersucht das Projekt EMPHASIS.

#### Klimaforschung

### Fliegende Labors

Seit Frühjahr 2015 hat ein zweites Flugzeug der Lufthansa neben Passagieren auch Messinstrumente für die Klimaforschung an Bord. Damit sind jetzt sechs Linienflugzeuge von fünf Fluggesellschaften für das Projekt IAGOS (In-service Aircraft for a Global Observing System) im Einsatz. Diese europäische Forschungsinfrastruktur, die vom Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung koordiniert wird, sammelt weltweit Daten von klimarelevanten Spurenstoffen in der Atmosphäre. Die Messergebnisse werden an die IAGOS-Datenbank am Centre national de la recherche scientifique (CNRS) in Toulouse, Frankreich, übermittelt. Sie können von Forschungseinrichtungen in aller Welt genutzt werden. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) nahm IAGOS 2013 in die Roadmap besonders wichtiger Forschungsinfrastrukturen auf und fördert das nationale Verbundprojekt mit 9 Millionen Euro.

#### Pflanzenforschung

### Nutzpflanzen vermessen

Was eine Nutzpflanze aus ihrer genetischen Ausstattung und den Umweltbedingungen macht – etwa, welchen Ertrag sie bringt – nennen Forscher den Phänotyp. Die Zusammenhänge von Erbe, Umwelt und Phänotyp zu verstehen und für die Pflanzenzucht nutzbar zu machen, ist Ziel des europäischen Großprojekts EMPHASIS (European Multi-environment Plant pHenomics And Simulation Infrastructure). Von Jülich aus koordiniert wird ab 2016 ein europaweites Netzwerk geschaffen. Es verknüpft nationale Plattformen wie das Deutsche Pflanzen Phänotypisierungsnetzwerk mit Einrichtungen aus Frankreich, Belgien, Großbritannien und weiteren europäischen Ländern und kooperiert mit Nutzern aus der Industrie. EMPHASIS wurde im März 2016 in die Roadmap des ESFRI Forums (European Strategy Forum for Research Infrastructures) aufgenommen, in der die EU-Mitgliedstaaten Forschungsinfrastrukturen von zentraler europäischer Bedeutung planen.

#### Strukturbiologie

### Fokus auf schädliche Eiweißaggregate

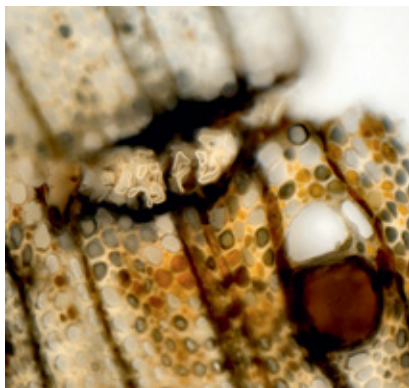
Verklumpungen von Proteinen treten bei verschiedenen neurodegenerativen Erkrankungen auf. Besonders schädlich scheinen bei der Alzheimer-Demenz nicht die langen Fäden zu sein, die man in den sogenannten Plaques findet, sondern deren Vorstufen. Um diese löslichen A $\beta$ -Oligomere in Körperflüssigkeiten zu messen, entwickelten Jülicher Forscher des Institute of Complex Systems das Testverfahren sFIDA (surface-based Fluorescence Intensity Distribution Analysis). Damit soll es möglich werden, Alzheimer früher zu diagnostizieren. Auch könnte man mittels sFIDA die Patientenauswahl für Medikamententests optimieren und so die Effizienz der Wirkstoffe besser messen. Gefördert wird das Projekt vom BMBF mit 1,5 Millionen Euro sowie seit 2015 durch die Neuroallianz, eine Partnerschaft akademischer Institutionen und Firmen. Die EU stellt 800.000 Euro, die internationale Initiative BAND (Biomarkers Across Neurodegenerative Diseases) 150.000 Dollar zur Verfügung, um vergleichbare Aggregate bei anderen Erkrankungen wie etwa Parkinson oder ALS zu untersuchen.



#### Pflanzenforschung

## Begehrtes Harz nachhaltig gewinnen

Adlerholz ist ein südostasiatisches Baumharz, das zahlreiche strukturell einzigartige Stoffe für die Aroma- und Riechstoffindustrie enthält. Die starke internationale Nachfrage hat zu Raubbau geführt und die natürlichen Vorkommen reduziert. Die durch internationale Abkommen geschützten Bäume bilden das Harz, wenn ihr Holz verwundet ist und durch Pilze infiziert wird. Im Verbundvorhaben VIETWOOD erforschen Jülicher Forscher des Instituts für Bio- und Geowissenschaften Alternativen zum Raubbau. Gemeinsam mit Wissenschaftlern der Vietnam National University of Forestry Xuan Mai, Hanoi, und der Vietnam Academy of Science and Technology entwickeln sie Techniken für die Harzproduktion in Plantagenwirtschaft. Außerdem suchen sie nach Verfahren, um die wertvollen Substanzen biotechnologisch mittels Zell- und Gewebekulturen zu gewinnen. Für das Projekt stehen von 2016 bis 2018 rund 1,8 Millionen Euro zur Verfügung. Es wird vom Bundesforschungsministerium und vom Vietnamesischen Ministry of Science and Technology gefördert; Industriepartner ist das Unternehmen Symrise AG.



Fluoreszenz gibt wichtige Hinweise auf den Pflanzenstoffwechsel. Hier ein Blatt der Juweloorchidee (*Macodes petola*)

#### Pflanzenforschung

## Blick aus dem All auf den Acker

Wenn 2022 der Erdbeobachtungssatellit FLEX der Europäischen Weltraumorganisation ESA startet, wird als Herzstück ein Spektrometer an Bord sein, das wesentlich auf Entwicklungsarbeiten am Institut für Bio- und Geowissenschaften, Bereich Pflanzenwissenschaften, beruht. Ende 2015 beschloss die ESA, diese Mission in den Dienst der Pflanzenforschung zu stellen. Weltweit soll die Fluoreszenzstrahlung erfasst werden, die von Pflanzen abgegeben wird. Sie ist ein Maß für die Fotosyntheseaktivität und ändert sich spezifisch, wenn Pflanzen unter Stress stehen. Der Sensor für Pflanzenproduktivität und -gesundheit baut auf dem Prototypen HyPlant auf, der in Jülich entwickelt wurde und ähnliche Daten bereits an Bord von Flugzeugen gesammelt hat. Dafür hatte die Helmholtz-Gemeinschaft 800.000 Euro bereitgestellt. An FLEX beteiligt sind Partner aus Wissenschaft und Industrie in zehn Ländern.

#### Energieforschung

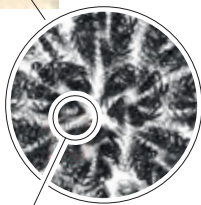
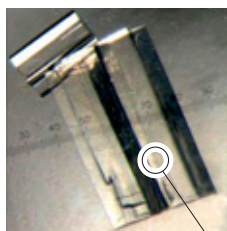
## Plattform für Materialien der Energietechnik

Um für die künftige Energieversorgung leistungsfähige Materialien zu entwickeln, bündeln sieben Helmholtz-Zentren ihre Kompetenzen und Geräte. Mit der „Helmholtz Energy Materials Characterization Platform“ (HEMCP) entstand 2015 ein virtueller Zusammenschluss, der Werkstoffe für Brennstoff- und Solarzellen, Katalysatoren und Kraftwerkstechnik erforscht. Das Forschungszentrum Jülich koordiniert die Plattform, die Nutzern aus Wissenschaft und Industrie Zugang zu hochmodernen Methoden wie der ultrahochauflösenden Elektronenmikroskopie oder der Ionen- und Synchrotronstrahlung bietet. Die Bundesministerien für Bildung und Forschung (BMBF) sowie für Wirtschaft und Energie (BMWi) fördern HEMCP mit rund 39 Millionen Euro; davon gehen mehr als 15,5 Millionen Euro nach Jülich.

## Strukturbiologie

## Das Zappeln der Moleküle

Nicht einmal im Kristallgitter halten Eiweißmoleküle wirklich still. Es gibt immer eine minimale Restbewegung, fanden Forscher des Institut de Biologie Structurale (IBS) in Grenoble, der US-amerikanischen Purdue-Universität und des Jülicher Institute of Complex Systems (ICS) heraus. Das ist der Grund, warum Bilder, die mittels Röntgenstrahlen erzeugt werden und die Struktur der Proteine enthüllen sollen, nie so scharf sind, wie es bei einem perfekten Kristall zu erwarten wäre. Die Ergebnisse, die in „Nature Communications“ veröffentlicht wurden, zeigen auch, wie sich die Unschärfe minimieren lässt: Je dichter gepackt die kristallisierten Eiweißmoleküle, desto weniger „zappelig“ sind sie und desto besser gelingen die Röntgenstrukturaufnahmen. Das Jülicher ICS und das IBS Grenoble unterhalten seit Jahren eine besonders enge Kooperation, die den gegenseitigen Zugang zu wissenschaftlicher Infrastruktur sowie den Austausch von Expertise und Personal ermöglicht.



## Neutronenforschung

## Innovationspotenzial optimal nutzen

Das Forschungszentrum Jülich erhält über eine Million Euro, um neue Methoden und Technologien für die Forschung mit Neutronen zu entwickeln. Diese Forschung hilft unter anderem, Materialien zu erkunden und zu verbessern und Molekülstrukturen zu analysieren. Die Jülicher Arbeiten gehören zum Projekt „Science and Innovation with Neutrons in Europe“ (SINE2020), das im Oktober 2015 mit einer Laufzeit von vier Jahren begann. Es wird durch das EU-Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020 gefördert. Forschungseinrichtungen aus 13 Ländern beteiligen sich daran. Ziel ist es, das Potenzial großer Neutronenquellen optimal zu nutzen und Wissenschaft und Industrie auf die Möglichkeiten der ESS vorzubereiten. Diese europäische Neutronenquelle wird ab 2019 zur Verfügung stehen und die Strahlungsintensität bisheriger Anlagen um Größenordnungen übertreffen.

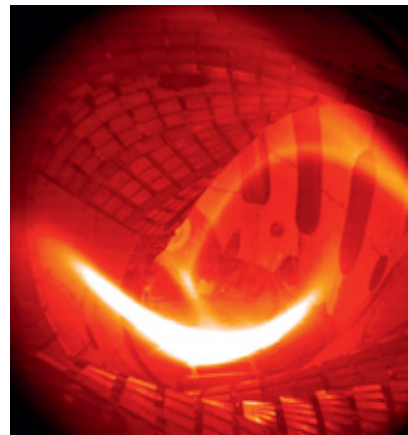
## Energieforschung

## Bessere Batterien billiger

Langlebige Batteriezellen mit erhöhter Energiedichte und verbesserter Sicherheit sollen im Projekt FELIZIA (Festelektrolyte als Enabler für Lithium-Zellen in Automobilanwendungen) entstehen – bei einer gleichzeitigen Senkung der Kosten. Forscher des Helmholtz-Instituts Münster und des Jülicher Instituts für Energie- und Klimaforschung kombinieren Simulationen und Experimente, um Kathodenmaterialien mit erhöhtem Elektronentransfer und neuartige Elektrolyte zu erforschen. Das Anfang 2016 gestartete Projekt wird vom Bundesforschungsministerium mit rund 1,2 Millionen Euro gefördert. An FELIZIA beteiligt sind außerdem das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), die Universität Gießen, die Technische Universität München, die Universität Jena sowie die Industriepartner BMW AG, VW AG, BASF SE und die Schott AG.

## Fusionsforschung

## Eine Viertelsekunde Sonnenfeuer



Aus der Verschmelzung von Atomkernen Energie zu gewinnen, ist das Ziel der Fusionsforschung. Im Dezember 2015 wurde in der Fusionsanlage Wendelstein 7-X zunächst ein leichter zu erzeugendes Helium-Plasma getestet. Im Februar 2016 hat dann Bundeskanzlerin Angela Merkel das erste Wasserstoff-Plasma eingeschaltet und mit dieser Entladung von etwa einer Viertelsekunde die erste Experimentierphase gestartet. Jülicher Wissenschaftler untersuchen mittels Messsonden und Simulationen, wie das 80 Millionen Grad heiße Plasma mit der Wand des Reaktors interagiert – ein entscheidender Faktor für den Betrieb künftiger Fusionsanlagen. In Jülich wurde unter anderem das supraleitende Verbindungssystem entwickelt, das die Magnetspulen der Anlage mit Strom versorgt. Die von Bund, Land und EU getragenen Investitionskosten für die Versuchsanlage Wendelstein vom Typ Stellarator betragen 370 Millionen Euro. Neben dem Forschungszentrum Jülich und dem Max-Planck-Institut für Plasmaphysik sind 15 wissenschaftliche Einrichtungen aus Deutschland, Europa, den USA und Japan an dem Projekt beteiligt.

# Brennstoffzellen als Anstoß

Vom Labor auf die Straße – Wirtschaft und Gesellschaft profitieren, wenn Jülicher Wissenschaftler ihre Kompetenzen in der Brennstoffzellenforschung praktisch umsetzen: mit der Ausgründung eines Start-ups und in Kooperation mit Industrieunternehmen.

**B**rennstoffzellenstapel können als Kraft-Wärme-Anlagen Wohnhäuser heizen oder Autos effizient, abgasfrei und geräuschlos mit Wasserstoff antreiben. Sie sind auch der Antrieb für Wissenschaftler des Jülicher Instituts für Energie- und Klimaforschung (IEK), ein Unternehmen zu gründen. Unabhängig davon haben sie die Daimler AG und die Firma Mann+Hummel dazu angestoßen, sich mit Jülicher Atmosphärenforschern zusammenzutun.

Beim Toyota Mirai – dem ersten Brennstoffzellen-Serienauto der Welt – besteht der mechanische Hauptbestandteil der Brennstoffzelle aus einer beschichteten metallischen Platte, die Reaktionsgase und Kühlmedien voneinander trennt. Gleichzeitig führt diese sogenannte Bipolarplatte den Strom ab und muss daher gut elektrisch leiten. Als Beschichtungsmaterial wird derzeit beispielsweise Gold verwendet.

Das Gold schützt die Platte davor, in der feuchten, sauren und zwischen 70 und

90 Grad Celsius heißen Umgebung zu schnell zu rosten. Eine vergoldete Metallplatte aber ist teuer – und man braucht mehr als 300 davon, um ein Auto anzutreiben. Daher wird bislang meistens auf eine deutlich günstigere, aber zugleich auch schwerere Alternative gesetzt: Bipolarplatten aus Graphit oder Graphit-Kunststoff-Mischungen.

Vitali Weißbecker untersuchte 2012 während seiner Doktorarbeit am IEK verschiedene Beschichtungen für Bipolarplatten. Mehr nebenbei entdeckte er eine Kohlenstoffverbindung, die am Markt noch nicht existierte. Sein Doktorvater Prof. Werner Lehnert erkannte deren Potenzial zum kostengünstigen Schutz für metallische und daher leichte Bipolarplatten. Er informierte sich beim Geschäftsbereich Drittmittel und Technologietransfer über die Verwertungsmöglichkeiten.

Das Resultat: Der Geschäftsbereich finanzierte für ein halbes Jahr Weißbeckers Stelle, damit dieser die Beschichtung nä-

her charakterisieren konnte – eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Patentanmeldung. Diese erfolgte 2014. Auch durch den Kontakt mit Andrea Mahr vom Technologietransfer kam Weißbecker auf die Idee, die Beschichtung in einem neuen Unternehmen zu vermarkten.

## Unternehmerisches Potenzial überzeugt

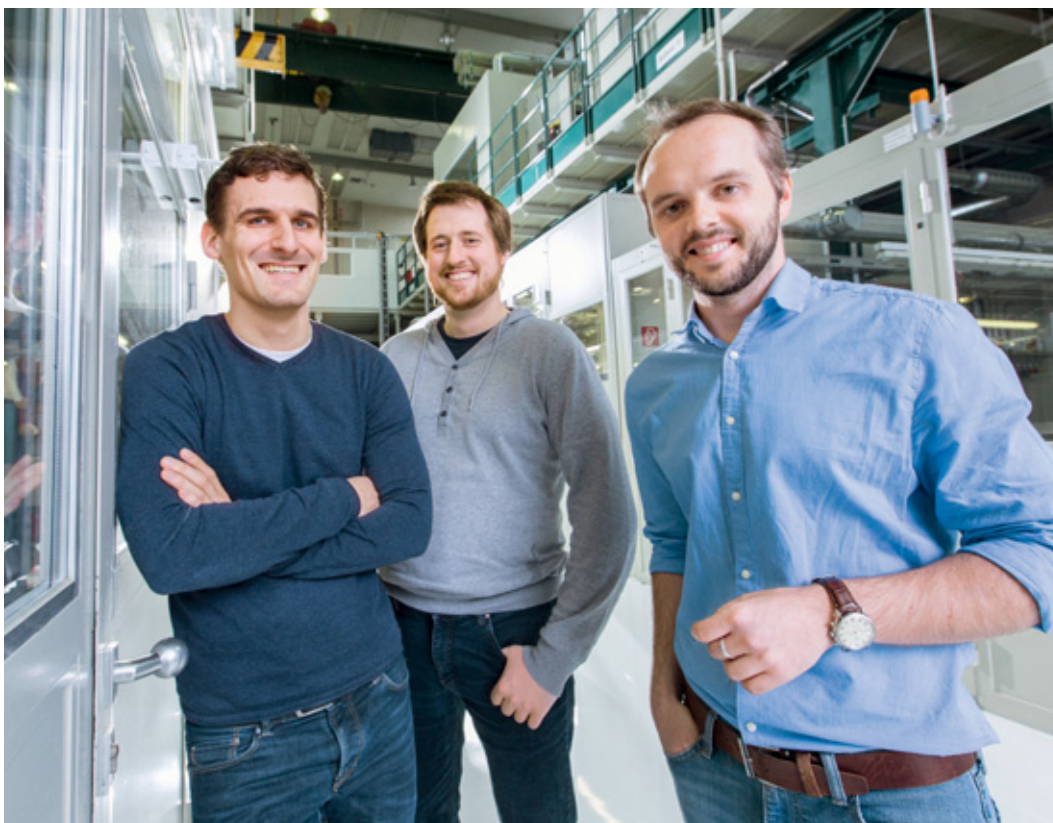
2015 finanzierte der Bereich Technologietransfer wiederum Weißbeckers Stelle. Denn: „Wir sind sowohl von der Technologie überzeugt als auch von Herrn Weißbeckers Engagement und unternehmerischem Potenzial“, sagt Mahr. „Die Zeit hat er mit unserer Unterstützung genutzt, um ein Geschäftsmodell zu entwickeln, an Gründungswettbewerben teilzunehmen und sich beim Bundeswirtschaftsministerium um eine Förderung aus dem EXIST-Forschungstransfer zu bewerben.“

Mit großen Erfolgen: Weißbecker und sein Kollege Andreas Schulze Lohoff vom IEK siegten beim Gründungswettbewerb AC<sup>2</sup>. „Wichtiger als die 10.000 Euro Preisgeld waren viele neue Kontakte und die fruchtbaren Gespräche mit Unternehmern und Beratern“, sagt Weißbecker. Und der EXIST-Forschungstransfer finanziert ihm seit Anfang 2016 für 18 Monate vier Stellen und Sachmittel. Gründen Weißbecker und seine drei Kollegen bis Mitte 2017 ein Unternehmen, beginnt die zweite EXIST-Förderphase, in der noch weitere Sachmittel finanziert werden.

Läuft alles nach Plan, bedeutet das: Ein 85-Kilowatt-Brennstoffzellenstapel in ei-



Mit diesem Messlabor auf Rädern haben Jülicher Forscher Schadgas-Konzentrationen auf deutschen Straßen bestimmt.



Vorfriede aufs  
eigene Unter-  
nehmen: Andreas  
Schulze Lohoff,  
Klaus Wedlich und  
Vitali Weißbecker  
(v. l. n. r.)

nem Auto wird nicht mehr 150 Kilogramm wiegen – wie beim Einsatz von Graphit-Bipolarplatten –, sondern nur noch 50. Dadurch wiederum wird das umweltfreundliche Auto leichter, sparsamer und müsste seltener mit Wasserstoff aufgetankt werden.

#### Schadgase setzen Brennstoffzellen zu

Je mehr Autos mit Brennstoffzellenantrieb künftig auf Deutschlands Straßen unterwegs sind, umso weniger Schadgase sind in der Umgebungsluft. Schadgase beeinträchtigen nicht nur die Gesundheit, sondern auch die Brennstoffzellen. Welche Filter deshalb künftig in Autos eingebaut werden müssen und wie Brennstoffzellen trotz Belastung mit Luftschadstoffen leistungsfähig bleiben, untersuchen das Duisburger Zentrum für Brennstoffzellentechnik, das Unternehmen Mann+Hummel, die Daimler AG und das Forschungszentrum Jülich.

Für das gemeinsame Projekt namens ALASKA, gefördert vom Bundeswirtschaftsministerium, sind die Jülicher Atmosphärenforscher vom IEK mit ihrem

Messfahrzeug im Jahr 2015 rund 20-mal eine 350 Kilometer lange Strecke durch Nordrhein-Westfalen abgefahren – durch Tunnel, über Nebenstraßen und volle Hauptstraßen. Sie haben dabei etwa alle drei Sekunden unter anderem die Stickoxid- und Kohlenmonoxid-Konzentrationen erfasst. „Zwar werden Schadgase auch von Umweltstationen gemessen, doch dabei handelt es sich um Stunden-Mittelwerte. Wir müssen jedoch auch die kurzfristigen Spitzenwerte kennen, denn bei einigen Gasen sind sie für die Belastung der Brennstoffzellen entscheidend“, sagt Dr. Dieter Klemp vom IEK. Bislang gibt es keine umfassenden Untersuchungen zu den Schadstoffkonzentra-

tionen auf deutschen Straßen, die sowohl die Dauerbelastungen als auch die Spitzenwerte beschreiben.

„In den kommenden Monaten werden wir ein neues mobiles Messlabor in Betrieb nehmen, das auch Ammoniak erfasst – ein Gas, das für Brennstoffzellen besonders schädlich ist“, sagt Klemps Kollege Dr. Christian Ehlers. Die Projektpartner können dann ihre Filter und Brennstoffzellen so auslegen, dass sie mit den realen Belastungen durch Schadstoffe gut umgehen können. Das wird der umweltfreundlichen und energieeffizienten Technologie möglicherweise zum Durchbruch verhelfen.

100 

Kilo leichter wird ein Auto mit 85-Kilowatt-Brennstoffzellenstapel durch die neuentdeckte Kohlenstoffverbindung.

# Patente und Lizenzen

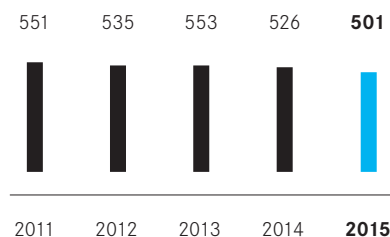
Die Jülicher Forschung beschäftigt sich mit grundlegenden Themen und bringt dabei Innovationen hervor, von denen Wirtschaft und Gesellschaft profitieren und die in Schutzrechte und Lizenzverträge münden. Schutzrechte umfassen dabei sowohl zum Patent angemeldete Erfindungen (Patentanmeldungen) als auch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

## Patentportfolio

2015

### Patentfamilien

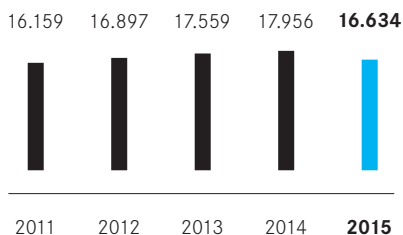
2011 – 2015



Das Patentportfolio setzt sich zusammen aus der Patentfamilien und dem Gesamtbestand an Schutzrechten. Eine Patentfamilie besteht aus einem oder mehreren Patenten im In- oder Ausland, die sich auf eine patentierbare Technologie beziehen.

### Gesamtbestand Schutzrechte

Gesamtbestand, 2011 – 2015

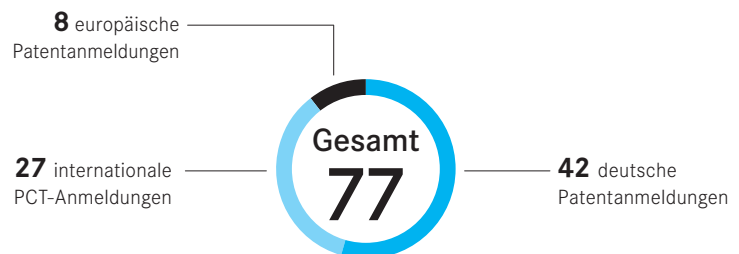


Im Gesamtbestand sind auch europäische Patentanmeldungen und internationale Anmeldungen nach dem Patent Cooperation Treaty (PCT) enthalten, die jeweils ein Bündel von einzelnen Schutzrechten umfassen.

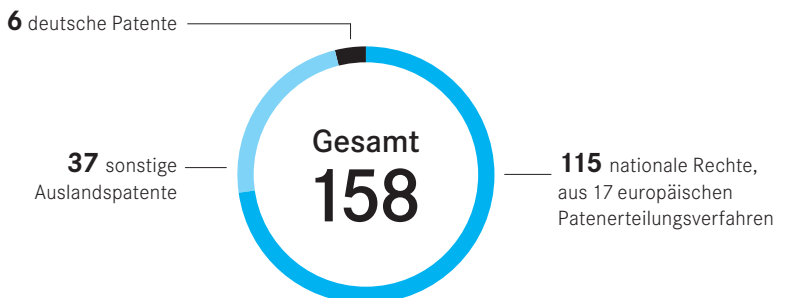
## Aktuelle Patentaktivitäten

2015

### Neue Patentanmeldungen

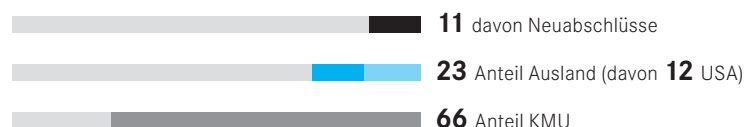


### Erteilte Patente



## Lizenzen

### Gesamtbestand: 87



Die Erlöse aus Lizenz- und Know-how-Verträgen betrugen **442.000** Euro.



# Menschen

Seite 71 – 86

# Der Tüftler und der Netzwerker

Anzug und Hemd hier, Jeans und T-Shirt da: Gegensätze ziehen sich bekanntlich an. Georg Schaumann und Stephan Binder ergänzen einander, und ihr Unternehmen profitiert davon.

**E**s gibt eine entscheidende Regel: „Bei allem, was wir tun, geht es nie ums Ego, sondern nur darum, wer was besser kann“, sagt Stephan Binder. Sein Kollege Georg Schaumann nickt und fügt hinzu: „Es muss der Sache dienen, der persönliche Ehrgeiz ist zweitrangig.“ Zwei Jungunternehmer, die sich einig sind, zwei Männer auf unterschiedlichen Wegen, aber mit einem gemeinsamen Ziel: Schaumann, 34, trägt Anzug, blau kariertes Hemd und gepflegte, braune Lederschuhe – eher der Managertyp. Binder, 32, Bartträger und zweifacher Familienvater, sitzt in Jeans und T-Shirt neben ihm. „Georg besitzt die Umgangsformen fürs europäische Parkett: Er ist kommunikativ, bringt die Dinge auf den Punkt und networkt im großen Stil – Eigenschaften, die bei mir schwächer ausgeprägt sind“, sagt Binder. Er selbst hat lieber Kontakt zum Labor, entwirft Versuchsreihen und agiert eng mit dem Team. „Wenn Prozesse beispielsweise zu lange dauern, entwickelt Stephan den fehlenden Baustein und löst das Problem. Fachlich-technologisch ist er einfach genial“, wertschätzt Schaumann seinen Kollegen. Eine Rollenverteilung, die auf Gegensätzen beruht. „Wir waren selber immer wieder erstaunt, dass es so gut passt. Vermutlich ist es die gesunde Mischung aus Gegensätzen und Gemeinsamkeiten, warum wir uns so gut ergänzen“, sagt Schaumann.

Der Erfolg gibt ihnen recht. Die beiden Biotechnologen haben nicht nur diverse Preise erhalten – zuletzt im Februar 2016 den Innovationspreis des Landes Nordrhein-Westfalen –, sondern sind ihrem gemeinsamen, großen Ziel schon sehr nahegekommen: Mitte 2017 wollen sie ihr Unternehmen „SenseUp“ am Markt etablieren. Im Vorfeld haben die Jülicher Wissenschaftler mit „GoBio“ eine 2,6 Millionen Euro schwere Anschubfinanzierung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung erhalten.

## Leuchtende Bakterien

Das Geschäftsmodell basiert auf einem Sensorsystem, das schnell und effizient hochproduktive Mikroorganismen findet, die große Mengen nützlicher Rohstoffe für Nahrungsmittel, medizinische Wirkstoffe und chemische Wertstoffe herstellen. Lange Zeit war es schwierig, unter Millionen von Zellen die produktivsten zu finden. Klassische Methoden brauchen Wochen bis Monate, um die Bakterien zu isolieren und zu kultivieren. „Mit unserer Technologie gelingt das in wenigen Tagen“, sagt Binder. Dafür schleusen die Wissenschaftler ein ringförmiges Sensor-Molekül in die Zelle ein. Es sorgt dafür, dass die Bakterien anfangen zu leuchten, wenn sie die gewünschte Substanz herstellen: Je produktiver die Zelle, umso stärker fluoresziert sie.

Während Binder mit acht Mitarbeitern daran feilt, die Technologie vom Labor auf einen industriellen Produktionsmaßstab zu übertragen, verhandelt Schaumann mit potenziellen Kunden rund um den Globus. „In der akademischen Welt werden grundsätzliche technologische Herausforderungen gelöst, deren Relevanz häufig 1:1 auf industrielle Anwender übertragen wird. Wenn ich aber mit Unternehmern spreche, nennen die mir zum Teil ganz andere Probleme und



Preise und Auszeichnungen erhielten Schaumann und Binder seit 2013.



Bedürfnisse. Deshalb ist es so wichtig, den Bedarf am Markt zu sondieren“, erklärt Schaumann.

Überhaupt sei der Schritt aus dem Labor in die Wirtschaft ein lehrreicher Prozess: „Wir sind natürlich von unseren leuchtenden Bakterien als Sensorsystem total begeistert, aber von einer akademischen Erfindung bis zu einem funktionierenden Geschäftsmodell ist es ein weiter Weg“, sagt Binder. So kam beispielsweise ein Investor auf die beiden zu, der die Technologie auf eine krebshemmende Substanz ausweiten wollte: „Wir waren zuerst hellauf begeistert“, erinnert sich Binder. Doch dann haben die beiden Männer angefangen, darüber nachzudenken, wie das Geschäftsmodell aussehen könnte. „Selbst wenn wir das Bakterium für die klinischen Studien entwickelt hätten, hätten wir erst viele Jahre später Geld verdient“, sagt Binder. Und so war schnell klar, dass das zwar ein spannendes Projekt ist, in dieser Phase der Firmengründung aber nicht infrage kommt.

Die beiden Gründer konzentrieren sich stattdessen auf das, was sie ab Juli 2017 brauchen, um mit „SenseUp“ schwarze Zahlen zu schreiben: eine effiziente Technologie und ein gut funktionierendes Team. „Ohne unsere Mitarbeiter gäbe es ‚SenseUp‘ nicht“, so Binder. „Wir versuchen, eine Struktur zu schaffen, in der sie sich entfalten können. Wir geben zwar das Ziel vor, aber wie wir dorthin kommen, da verlassen wir uns aufs Team. Der Erfolg von ‚SenseUp‘ lebt von der Kreativität des Einzelnen.“

#### **Selbstbewusst in die Zukunft**

Vor einer Firmenpleite fürchten sich Schaumann und Binder nicht: „Es läuft alles nach Plan, wir haben schon viele Ziele auf dem Weg zur Marktreife erreicht“, erklärt Schaumann selbstbewusst. Die beiden denken lieber an die Zukunft: „Langfristig wollen wir wachsen und ein florierendes Unternehmen aufbauen, neue Ideen und Pläne sind reichlich vorhanden.“

Auf Erfolgskurs:  
Georg Schaumann (l.)  
und Stephan Binder  
mit ihrem Unternehmen  
„SenseUp“

# Den Nachwuchs fördern

Mit dem strategischen Nachwuchskonzept **juelich\_horizons** weckt das Forschungszentrum bei Kindern und Jugendlichen schon früh Interesse an Wissenschaft und Forschung, fördert junge Menschen in Berufsausbildung und Studium und bietet Nachwuchswissenschaftlern exzellente Voraussetzungen für eine erfolgreiche Karriere in der Wissenschaft.



## 1

## juelich\_impulse: Interesse wecken bei Kindern und Jugendlichen

Begeisterung für die Wissenschaft kann man gar nicht früh genug vermitteln, das ist der Leitgedanke des Jülicher Schülerlabors JuLab. Schülerinnen und Schüler dürfen hier eigenhändig experimentieren von der Bodenforschung bis zur Supraleitung – und dabei hautnah einen Ort kennenlernen, an dem die „große Wissenschaft“ zu Hause ist.

### Zehn Jahre JuLab

2015 konnte das Schülerlabor auf zehn Jahre erfolgreicher Umsetzung dieses Gedankens zurückblicken. Rund 40.000 Schülerinnen und Schüler erfuhren in dieser Zeit im JuLab, wie spannend Forschung sein kann. „Damit leistet das hochmotivierte Team des Jülicher Schülerlabors einen wichtigen Beitrag zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses in Deutschland“, sagte Thomas Rachel MdB, Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) bei der Feierstunde im Dezember. Der Vorstandsvorsitzende Prof. Wolfgang Marquardt betonte: „Für die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses spielt das JuLab im Forschungszentrum Jülich eine wichtige Rolle.“ Es sei zudem ein zentraler Baustein für die Vernetzung des Forschungszentrums mit der Region.

Allein im Jahr 2015 experimentierten 3.957 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen vier bis zwölf im JuLab. Darüber hinaus kooperiert das Schülerlabor eng mit Schulen der Region, so in dem innovativen Modellprojekt „Schule (er) lebt Forschung“, an dem im Schuljahr 2014/2015 im Kreis Düren 440 Schüle-



Experimentierten beim JuLab-Geburtstag auf der Bühne: „Ellen Einstein“ und JuLab-Leiter Karl Sobotta

rinnen und Schüler aus vier Schulen teilnahmen. Daraus wurde inzwischen eine dauerhafte Kooperation mit den beteiligten Schulen. Auch etwa 100 Lehrerinnen und Lehrer lassen sich pro Jahr fortbilden; rund 110 angehende Erzieherinnen und Erzieher werden jährlich über das Berufskolleg St. Nikolaus-Stift, Züllich, erreicht.

### JuLab als Anstoß

Eine positive Bilanz der ersten zehn Jahre zog auch JuLab-Leiter Karl Sobotta. Er freut sich: „Einige unserer ehemaligen Schüler treffen wir jetzt als Azubis oder Studenten hier im Forschungszentrum wieder.“ So wie etwa Benjamin Haxhiu: In der sechsten Klasse kam der Hauptschüler zum ersten Mal ins JuLab und war begeistert. Es folgte ein Praktikum im achten Schuljahr und schließlich eine Ausbildung zum Physiklaboranten am Forschungszentrum. Inzwischen hat der mittlerweile 20-Jährige sein Fachabitur und studiert seit Oktober 2015 Maschinenbau an der FH-Jülich. Rückblickend sieht er das Schülerlabor als entscheidenden Anstoß.

**Ich weiß nicht, ob ich ohne das JuLab einen technischen Beruf ergriffen hätte.**

**Benjamin Haxhiu** | Maschinenbaustudent an der FH Jülich



47 Auszubildende des Forschungszentrums feierten im September 2015 ihren Abschluss.

## 2 juelich\_tracks: Ausbildung mit Zukunft

Wenn sich die Schulzeit dem Ende nähert, sind Entscheidungen gefragt – welcher Beruf passt zu mir? Das Forschungszentrum Jülich bietet nicht nur ein breites Spektrum qualifizierter Ausbildungsberufe, sondern hilft auch bei der Orientierung.

### Den richtigen Ausbildungsgang finden

Zu den seit langem angebotenen Schülerpraktika kamen 2015 im Rahmen des Landesprogramms „Kein Abschluss ohne Anschluss“ (KAoA) die Berufsfelderkundungstage hinzu. Ziel des Programms ist es, jungen Menschen eine gute Berufsorientierung zu bieten – damit sie wissen, was sie erwartet, wenn sie sich für eine bestimmte Ausbildung oder ein Studium entscheiden. 2015 nahmen 169 Schülerinnen und Schüler aus drei Schulen an Berufsfelderkundungen im Forschungszen-

trum teil. Darüber hinaus ist der Leiter der Zentralen Berufsausbildung im Lenkungskreis für die Umsetzung von KAoA im Kreis Düren tätig.

### Hervorragende Azubis

Eine Berufsausbildung im Forschungszentrum Jülich schafft beste Voraussetzungen für einen erfolgreichen Einstieg in aussichtsreiche Berufsfelder. 75 junge Menschen schlossen 2015 hier ihre Ausbildung ab. Davon erreichten 23 die Note „sehr gut“, 24 ein „gut“; 20 Azubis konnten ihre Ausbildung wegen herausragender Leistungen um ein halbes Jahr verkür-

zen. Ein Chemielaborant schaffte in der praktischen Prüfung gar das Traumergebnis von 100 Punkten. Die Absolventen der Industriemechanik erhielten außerdem die zertifizierte Zusatzqualifikation „Euregio-kompetenz“, ein Sprachzertifikat für Niederländisch, das sie für den Euregio-Arbeitsmarkt qualifiziert. Drei ehemalige Auszubildende des Forschungszentrums gehören zu den besten ihres Jahrgangs in Nordrhein-Westfalen: Henning Rumpf, Markus Timmermanns und Marko Nonhoff erbrachten in ihren Abschlussprüfungen überragende Leistungen und wurden bei der Landesbestenehrung 2015 in Oberhausen ausgezeichnet.

## Berufswettbewerbe und Projektarbeiten sorgen bei den Azubis dafür, dass sie über sich selbst hinauswachsen.

Ulrich Ivens | Leiter des Fachbereichs Zentrale Berufsausbildung



Karsten Beneke, Stellvertretender Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums (1. Reihe rechts), Mathias Ertinger, Leiter des Geschäftsbereichs Personal (2. Reihe links), sowie Heinz Gehlen, Geschäftsführer der IHK Aachen (1. Reihe links) beglückwünschten die 28 Azubis, die im Februar 2015 ihre Abschlussszeugnisse erhielten.

## In Wettbewerben dabei

Neben hervorragenden Leistungen in der Ausbildung engagieren sich die Jülicher Absolventen auch in beruflichen Leistungswettbewerben. Christian Linden und Mark Reuter – zwei frischgebackene Elektroniker für Betriebstechnik – hatten sich für die Deutschen Berufsmeisterschaften in Mechatronik qualifiziert und waren im Februar 2015 in Hannover bei der Ausscheidung zur Deutschen Meisterschaft von „WorldSkills Germany“ dabei. Das Jülicher Team belegte den 9. Platz unter 13 Teilnehmern. Das Forschungszentrum Jülich ist Mitglied bei WorldSkills Germany e. V.; der Verein fördert und unterstützt nationale und internationale Berufswettbewerbe, um junge Menschen zu Bestleistungen in der Ausbildung zu motivieren.

Mit einem Projekt für das kontaktlose Laden von Elektrofahrzeugen beteiligten sich Auszubildende des Forschungszentrums aus dem Bereich der Elektrotechnik am „xplore New Automation Award“. Dieser internationale Wettbewerb der Firma Phoenix Contact richtet sich an Studierende, Techniker und Auszubildende. Ziel ist ein kreativer und innovativer Umgang mit den Produkten aus der Automatisierungstechnik. Das Jülicher Team „Future of E-Mobility“ entwickelte innerhalb von sechs Monaten eine Möglichkeit der drahtlosen Energieübertragung für Elektrofahrzeuge und erreichte die Endrunde des Wettbewerbs. Es gehörte damit zu den 30 besten von 127 Teams.



Das Jülicher Projektteam „Future of E-Mobility“ kam in die Endrunde des „xplore New Automation Award“.

## Duale Studiengänge

ausbildungsintegriert

| Duale Studiengänge                                                                                | Gesamtdauer in Jahren | Jahre bis zur IHK-Prüfung | Semester bis zum Bachelorabschluss | Zeitraum zw. IHK-Prüfung und Bachelorabschluss |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|
| Bachelor of Scientific Programming + Mathematisch-Technische/r Softwareentwickler/in (MATSE), IHK | 3                     | 3                         | 6                                  | ca. 2 Monate                                   |
| Bachelor of Science oder Bachelor of Engineering + Chemielaborant/in, IHK                         | 4                     | 3                         | 8                                  | 0,5–1 Jahr                                     |
| Bachelor of Engineering Maschinenbau + Industriemechaniker/in, IHK                                | 4                     | 2,5                       | 8                                  | ca. 1,5 Jahre                                  |
| Bachelor of Engineering Elektrotechnik + 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 Engineering Physikingenieurwesen + Physiklaborant/in, IHK                             | 4,5                   | 3,5                       | 9                                  | ca. 1 Jahr                                     |

1) ausbildungsbegleitend

## Ausbildungsplätze

Neueinstellungen 2015

| Beruf                                      |           | davon mit Studium |
|--------------------------------------------|-----------|-------------------|
| Laborantenberufe                           | 25        | 6                 |
| Elektroberufe                              | 10        | –                 |
| Metallbearbeitende Berufe                  | 12        | 2                 |
| Kaufmännische Berufe                       | 14        | 4                 |
| Mathematisch-Technische Softwareentwickler | 26        | 26                |
| Sonstige                                   | 10        | –                 |
| <b>Summe</b>                               | <b>97</b> | <b>38</b>         |

Studierende und Doktoranden nutzen die Chancen, die Jülich ihnen bietet: Sie erringen Stipendien, präsentieren gekonnt die Daten ihrer Promotionsprojekte und treffen sich mit Nobelpreisträgern. Auch für Studierende und junge Forscher aus dem Ausland ist das Forschungszentrum attraktiv, wie die Beteiligung an Ferienschulen und Stipendienprogrammen 2015 erneut zeigte.

### Einladung zum Lindauer Nobelpreisträgertreffen

Nur einmal im Leben kann man als Nachwuchswissenschaftler dabei sein, wenn sich in Lindau am Bodensee Nobelpreisträger aus aller Welt versammeln. Gleich drei exzellente junge Forscherinnen aus Jülich wurden 2015 für dieses Zusammentreffen ausgewählt: Nina Siebers vom Institut für Bio- und Geowissenschaften, Dr. Saltanat Sadykova vom Jülich Supercomputing Centre und Yulia Arinicheva vom Institut für Energie- und Klimaforschung. Sadykova und Arinicheva fuhren vom 28. Juni bis 3. Juli 2015 zum 65. Treffen der Nobelpreisträger, dessen Ziel der interkulturelle und generationenübergreifende Austausch von Wissen und Erfahrungen ist. Für sie war es eine besondere Zeit mit vielen bleibenden Eindrücken und neuen Kontakten in alle Welt.

**Es war eine sehr inspirierende Erfahrung, beim Nobelpreisträgertreffen wissenschaftliche Vorbilder zum Anfassen nahe zu erleben und die unendliche Neugierde und Leidenschaft für die Wissenschaft zu spüren.**

Yulia Arinicheva | Institut für Energie- und Klimaforschung

Internationale Erfahrungen kann Yulia Arinicheva auch weiterhin sammeln: Sie hat 2015 erfolgreich ein Stipendium im Rahmen des deutsch-norwegischen Stipendienprogramms „Energy Sciences“ des E.ON Stipendienfonds für ein Forschungsprojekt mit der Universität Bergen eingeworben. Sie erforscht Anwendungsmöglichkeiten von Seltenerd-Orthophosphaten für nachhaltige Energietechnologien.

### HITEC verleiht Communicator Awards 2015

Nicht nur exzellent forschen, sondern die Ergebnisse auch gelungen und verständlich präsentieren – darum geht es beim Communicator Award der Helmholtz-Graduiertenschule für Energie und Klima am Forschungszentrum Jülich (HITEC). Drei Doktoranden überzeugten im Frühjahr 2015 das international besetzte Advisory Board von HITEC: Den ersten Preis (1.500

Euro) erhielt Patrick Niehoff für seinen Vortrag über keramische Membranen zur energieeffizienten Sauerstoffabtrennung; der zweite Preis (1.000 Euro) ging an Cheng Wu für ihre Arbeiten im Bereich Troposphärenforschung; den dritten Platz (500 Euro) belegte Bugra Turan vom Jülicher Institut für Photovoltaik. Die Graduiertenschule HITEC wurde 2015 von einem internationalen Gutachterpanel erfolgreich zwischenevaluert.

### Exzellente Doktorarbeiten

Im Juni 2015 verabschiedete das Forschungszentrum mit der Feierstunde „Ju-Docs 2015 – Karriere made in Jülich“ 42 Doktorandinnen und Doktoranden. Ganz besonders ehrte Vorstandsvorsitzender Prof. Wolfgang Marquardt eine junge Wissenschaftlerin und drei Nachwuchsforscher, die für ihre Arbeiten mit dem mit jeweils 5.000 Euro dotierten Exzellenzpreis des Forschungszentrums ausgezeichnet wurden:



Yulia Arinicheva – Stipendiatin des Programms „Energy Sciences“



Dr. Enno Kätelhön, Dr. Anja Klotzsche, Dr. Michael Rack und Dr. Sabyasachi Dasgupta (v. l.) gehören zu den besten fünf Prozent ihrer Karrierestufe. Dafür erhielten sie den Jülicher Exzellenzpreis 2015.

- **Dr. Anja Klotzsche** wendete am Institut für Bio- und Geowissenschaften erstmals erfolgreich ein elektromagnetisches geophysikalisches Verfahren an, mit dem sich beispielsweise erkennen lässt, wohin und wie schnell sich Schadstoffe im Erdreich ausbreiten.

- **Dr. Sabyasachi Dasgupta** erforschte in seiner Doktorarbeit am Jülicher Institute of Complex Systems die Wechselwirkungen, die sich ergeben, wenn ein Nanoteilchen an Zellen anhaftet und von der Membran teilweise oder vollständig eingeschlossen und aufgenommen wird.

- **Dr. Enno Kätelhön** untersuchte, wie Nervenzellen untereinander kommunizieren. Dafür ließ er Zellnetzwerke auf Mikrochips wachsen. Um sie dort „be-lauschen“ zu können, entwickelte er neuartige Sensorkonzepte. Gemeinsam mit seinen Kolleginnen und Kollegen am Peter Grünberg Institut/Institute of Complex Systems meldete er die „Abhör-Chips“ zum Patent an.

- **Dr. Michael Rack** erforscht am Institut für Energie- und Klimaforschung ein Problem der Kernfusion: Das Plasma, das für die Verschmelzung von Atomkernen notwendig ist, belastet die Reaktorwand. Dadurch wird der Plasmarand immer wieder kurzzeitig instabil. Rack untersuchte in seiner Doktorarbeit Methoden, diese Störungen und ihre

Auswirkungen zu verringern. Rack ist Stipendiat der „EUROfusion“, die seine Postdoc-Stelle in Jülich für zwei Jahre mit jeweils 140.000 Euro fördert.

### Internationale Programme für Studierende und Nachwuchswissenschaftler

2015 starteten 39 Stipendiaten (Doktoranden und Postdocs) des **China Scholarship Council (CSC)** ihren Aufenthalt in Jülich.

- Mit dem Programm **DAAD-RISE** des Deutschen Akademischen Austauschdienstes kamen sechs Studierende (Undergraduates) aus Nordamerika und Großbritannien als Forschungspraktikanten nach Jülich.

- Zwei Stipendiaten des Programms **DAAD-RISE professional** für nordamerikanische Studierende aus Master- und PhD-Studiengängen hielten sich 2015 in Jülich auf.

- Mit dem **NRW-Nahost-Stipendienprogramm** für Studierende aus Israel, Jordanien und den palästinensischen Gebieten wurden zwei Stipendiaten in Jülich gefördert.

- Das Programm **CsF-Alemanha** des DAAD und der brasilianischen Partner CNPq und CAPES ermöglichte drei Doktoranden einen Aufenthalt im Forschungszentrum.

## Ferienschulen, Labor- und Kompaktkurse

Auswahl, 2015

| Titel                                                                                       | Veranstaltungs-ort | Teilnehmer |                | intern. Teilnehmer |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------|----------------|--------------------|----------------|
|                                                                                             |                    | gesamt     | davon weiblich | gesamt             | davon weiblich |
| 46 <sup>th</sup> IFF Spring School                                                          | Jülich             | 263        | 63             | 192                | 36             |
| JCMS Laboratory Course Neutron Scattering 2015                                              | Jülich/Garching    | 55         | 26             | 20                 | 11             |
| International School on Energy Systems – ISES 2015                                          | Seeon-Seebruck     | 39         | 17             | 32                 | 15             |
| Joint European Summer School on Fuel Cell, Electrolyser, and Battery Technologies JESS 2015 | Athen              | 50         | 14             | 36                 | 10             |
| IAS School on Computational Trends in Solvation and Transport in Liquids                    | Jülich             | 41         | 11             | 13                 | 5              |
| Lattice Practices 2015                                                                      | Jülich             | 30         | 5              | 18                 | 4              |
| Tutorium on Computational Solar and Astrophysical Modeling, CSAM 2015                       |                    | 24         | 4              | 24                 | 4              |
| JSC-Gaststudentenprogramm                                                                   | Jülich             | 12         | 2              | 5                  | 2              |
| Atmospheric Chemistry and Dynamics Summer School                                            | Köln/Wuppertal     | 39         | 16             | 19                 | 12             |

# Doktorandenqualifizierung mit Partneruniversitäten

2015

| federführende Einrichtung         | Graduiertenschule/-kolleg                                                                                                                      | Partnerorganisationen                                                                                                                                                                                                          | weitere Informationen                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <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>                     | Internationales Graduiertenkolleg Gehirn und Verhalten, Neurobiologische Grundlagen von Emotionen bei Patienten mit 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>                     | Aachen Institute for Advanced Study in Computational Engineering Science (AICES)                                                               | RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich                                                                                                                                                                                          | <a href="http://www.aices.rwth-aachen.de/">www.aices.rwth-aachen.de/</a>                                                                                                        |
| <b>Aachen</b>                     | Resistiv schaltende Chalkogenide für zukünftige Elektronikanwendungen: Strukturen, Kinetik und Bauelementskalierung „Nanoswitches“             | RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich (JARA)                                                                                                                                                                                   | <a href="http://www.rwth-aachen.de/go/id/xve">www.rwth-aachen.de/go/id/xve</a>                                                                                                  |
| <b>Aachen</b>                     | Integrated Component Cycling in Epithelial Cell Motility (InCEM)                                                                               | RWTH Aachen, Universität Duisburg-Essen; University of Sussex; Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen Hubrecht Institu- te, Software Competence Center Hagenberg; ibidi GmbH, Gradientech AB; Andor Technology PLC | <a href="http://incem.rwth-aachen.de/index.html">incem.rwth-aachen.de/index.html</a>                                                                                            |
| <b>Aachen</b>                     | Funktionelle Mikrogele und Mikrogelsysteme                                                                                                     | RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich (JARA)                                                                                                                                                                                   | <a href="https://sharepoint.ecampus.rwth-aachen.de/vo/microgels/aussen/Pages/default.aspx">https://sharepoint.ecampus.rwth-aachen.de/vo/microgels/aussen/Pages/default.aspx</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://www.hpsc-terrsys.de/">www.hpsc-terrsys.de/</a>                                                                                                                  |
| <b>Bonn</b>                       | Patterns in Soil-Vegetation-Atmosphere-Systems: Monitoring, Modelling and Data Assimilation (TR 32), (IRTG)                                    | 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>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 (iGRASP seed)                                                   | Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Forschungszentrum Jülich                                                                                                                                                                | <a href="http://igrasp.hhu.de/">http://igrasp.hhu.de/</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/ihrs-biosoft/EN/Home/home_node.html">www.ihrs-biosoft.de/ihrs-biosoft/EN/Home/home_node.html</a>                                            |
| <b>Jülich und Aachen (JARA)</b>   | German Research School for Simulation Sciences                                                                                                 | Forschungszentrum Jülich, RWTH Aachen, Helmholtz-Gemeinschaft, MIWF, 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                                                                                                                                                                                          | <a href="http://www.rtg1995.rwth-aachen.de/cms/RTG1995/~ggss/Das-Graduiertenkolleg/">www.rtg1995.rwth-aachen.de/cms/RTG1995/~ggss/Das-Graduiertenkolleg/</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>                                                                                    |
| <b>Leipzig</b>                    | Epithelial intercellular junctions as dynamic hubs to integrate forces, signals and cell behaviour (SPP 1782)                                  | Universität Leipzig, Forschungszentrum Jülich                                                                                                                                                                                  | <a href="http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/255103767">gepris.dfg.de/gepris/projekt/255103767</a>                                                                              |

## 4

## juelich\_heads: Förderung exzellenter Nachwuchswissenschaftler

Gleich zwei junge Jülicher Wissenschaftler konnten sich 2015 über einen ganz besonderen Anschub für ihre Karriere freuen: **Jun.-Prof. Dr. Samir Lounis** vom Institute for Advanced Simulation/Peter Grünberg Institut und der RWTH Aachen sowie **Dr. Hendrik Fuchs** vom Institut für Energie- und Klimaforschung erhielten Consolidator Grants des Europäischen Forschungsrates (European Research Council, ERC). Damit sind Fördermittel in Höhe von zusammen 3,85 Millionen Euro über fünf Jahre verbunden. Hendrik Fuchs erforscht in der Jülicher Atmosphärensimulationskammer SAPHIR den Abbau von biogenen organischen Verbindungen; Samir Lounis untersucht die Eignung komplexer magnetischer Nanostrukturen für die Informationstechnologie.



Erhielten Consolidator Grants des Europäischen Forschungsrates: Juniorprofessor Samir Lounis (l.) und Dr. Hendrik Fuchs (r.)



richtungen. Insgesamt hatten sich vier Nachwuchswissenschaftler aus Jülich beworben. Mit einer Erfolgsquote von 50 Prozent liegt das Forschungszentrum also deutlich über dem Durchschnitt.

### Erfolg für Jülicher Postdocs

Im Jahr nach der Promotion können sich Nachwuchswissenschaftler um Fördermittel des Helmholtz-Postdoktoranden-Programms bewerben. Zwei kluge Köpfe aus Jülich waren dabei 2015 erfolgreich: **Dr. Alexander Grünberger** vom Institut für Bio- und Geowissenschaften und **Dr. Katherine MacArthur** vom Peter Grünberg Institut erhalten nun drei Jahre lang jeweils 100.000 Euro pro Jahr.

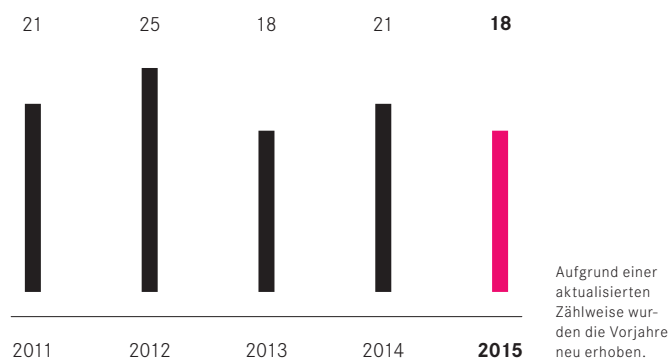
### Neue Nachwuchsgruppen

Beste Voraussetzungen für eine akademische Laufbahn bietet die Helmholtz-Förderung für Nachwuchsgruppenleiter. 2015 Jahr bewarben sich 250 junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler um diese Fördermittel, 17 wurden ausgewählt. **Dr. Felix Plöger** war 2015 einer der Erfolgreichen. Für fünf Jahre erhält er eine jährliche Förderung von mindestens 250.000 Euro. Plöger analysiert Austauschprozesse von Spurengasen in der Stratosphäre, um damit Klimaschwankungen besser zu verstehen und vorherzusagen (→ S. 24). Nach drei bis vier Jahren werden die Helmholtz-Nachwuchsgruppenleiter noch einmal begutachtet. Ist das Ergebnis positiv, geht die Stelle in ein unbefristetes Arbeitsverhältnis über. Das Forschungszentrum hatte Plöger bereits 2013 mit dem Exzellenzpreis ausgezeichnet.

Auch am Helmholtz-Institut Münster, das als Außenstelle des Forschungszentrums Jülich gemeinsam mit der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster und der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH) gegründet wurde, gab es 2015 neue Nachwuchsgruppen: **Dr. Nathalie Sick** leitet seit Februar die Gruppe „Innovations- und Technologiemanagement“. **Dr. Elie Paillard** ist seit März 2015 Leiter einer Nachwuchsgruppe mit dem Titel „Polymerelektrolyte für moderne Batteriesysteme“.

### Nachwuchsgruppen in Jülich

Helmholtz-Nachwuchsgruppen, Jülicher Nachwuchsgruppen sowie aus Drittmitteln geförderte Nachwuchsgruppen, 2011 – 2015



# Personal

Längst suchen Spitzenkräfte global nach den interessantesten Positionen. Um erstklassige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und die besten Nachwuchskräfte für das Forschungszentrum zu gewinnen, ist Jülich international präsent – vom Jobinfodag der KU Leuven, Belgien, bis zur jährlichen European Career Fair in Boston, USA. Auch neue Wege werden beschritten, etwa mit der Teilnahme an einer Online-Recruitingmesse für Ingenieure.

Insbesondere strebt das Forschungszentrum Jülich an, in der Wissenschaft mehr Positionen mit qualifizierten Frauen zu besetzen. Dafür sind auf mehreren Ebenen konkrete Ziele festgelegt worden. Insgesamt ist der Frauenanteil in den Besoldungskategorien W2/C3 und W1 seit 2012 deutlich angestiegen: von 18 Prozent auf 23 Prozent bei W2/C3 und von 22 Prozent auf 43 Prozent bei W1. Der Frauenanteil bei den W1- und W2-Berufungen zusammen genommen lag 2015 über 36 Prozent. Weitere Anstrengungen sind noch nötig, um auch in der höchsten Besoldungsgruppe W3/C4 den Anteil der

Professorinnen von derzeit 8 Prozent mindestens auf die angestrebten 11 Prozent zu steigern.

Ein vielfältiges Qualifizierungsangebot speziell für Frauen trägt dazu bei, mehr Wissenschaftlerinnen für Führungspositionen zu befähigen. Ab dem Frühjahr 2016 wird das Personalentwicklungsprogramm TANDEmplus als JARA-Kooperation gemeinsam mit der RWTH Aachen weitergeführt. Es zielt darauf ab, hochqualifizierte Postdoktorandinnen für eine wis-

senchaftliche Karriere zu motivieren und sie auf diesem Weg zu begleiten. In dem einjährigen Programm, das Training, Networking und Mentoring kombiniert, bauen die Teilnehmerinnen ihre fachlichen und persönlichen Kompetenzen gezielt im Hinblick auf Führungsaufgaben aus. Sie werden dabei im One-to-one-Mentoring von einer erfahrenen Führungsperson aus der Wissenschaft individuell unterstützt.

Ausschlaggebend dafür, dass Spitzenkräfte – Frauen wie Männer – nach Jülich kommen und hier bleiben, sind zum einen die Karrierechancen und eine hervorragende Forschungsinfrastruktur. Zum anderen schätzen die Beschäftigten auch Faktoren, die zur Lebensqualität beitragen und vor allem die Vereinbarkeit von Beruf und Familie erleichtern. So wurde 2015 die Kinderbetreuung weiter ausgebaut: Zum Start des Kindergartenjahres 2015/2016 stieg die Zahl der Plätze in der der betriebsnahen Kindertagesstätte „Kleine Füchse e. V.“ von bisher 70 auf nunmehr 90 Plätze, das Betreuungsangebot für unter Dreijährige wurde auf 40 Plätze verdoppelt. Realisiert werden konnte dies durch den Aufbau von angemieteten Modulen auf dem Gelände der „Kleinen Füchse“. Doch das ist nur der erste Schritt: Auf dem Campus des Forschungszentrums wird ein Kitagebäude neu gebaut; ab dem Kindergartenjahr 2017/2018 sollen dort bis zu 120 Kinder betreut werden.



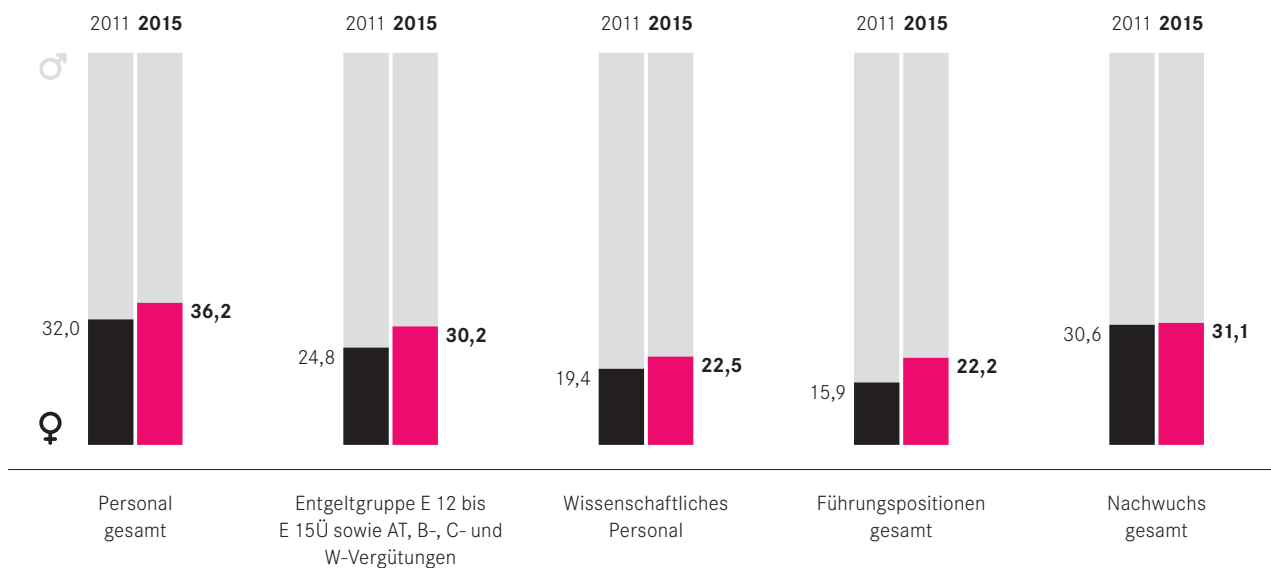
Bereits zum zweiten Mal erhielt Prof. Hans Ströher, Direktor des Jülicher Instituts für Kernphysik, einen Advanced Grant des Europäischen Forschungsrates (European Research Council, ERC) in Brüssel. Der ERC fördert damit Ströhers Suche nach elektrischen Dipolmomenten von elementaren Materiebausteinen – und damit nach den Grundlagen für die Existenz unseres Universums. Die Förderung beträgt rund 2,4 Millionen Euro für fünf Jahre. Advanced Grants vergibt der ERC an herausragende etablierte Spitzenforscher.



Die Kinder der „Kleinen Füchse“ gaben Thomas Rachel, Parlamentarischer Staatssekretär im BMBF (hintere Reihe, 3. v. r.), Vorstandsmitglied Karsten Beneke (r.) und Petra Jerrentrup, Vorsitzende des Trägervereins der „Kleinen Füchse“ (hintere Reihe Mitte), einen Einblick in die neuen Spiel- und Entdeckungsmöglichkeiten der erweiterten Kindertagesstätte.

## Beschäftigte des Forschungszentrums: Frauenanteil

in Prozent, FTE (Full-time Equivalent)



## Personalübersicht

Stichtag: 31.12.2015

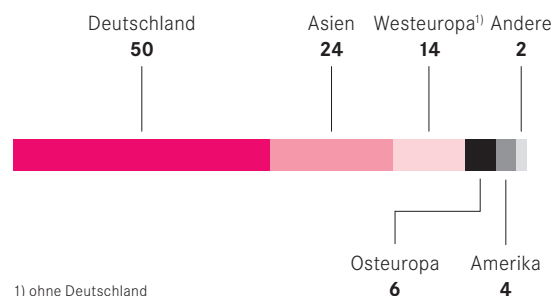
| Bereich                                                             | Anzahl <sup>1)</sup> |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Wissenschaftler und Technisches Personal                            | 3.595                |
| davon Wissenschaftler inkl. wissenschaftlicher Ausbildung           | 2.048                |
| • davon Doktoranden                                                 | 537                  |
| • davon Forschungsstipendiaten                                      | 12                   |
| • davon Studentische Hilfskräfte                                    | 104                  |
| • davon gem. Berufungen mit Hochschulen/Universitäten <sup>2)</sup> | 122                  |
| • davon W3-Berufungen                                               | 56                   |
| • davon W2-Berufungen                                               | 52                   |
| • davon W1-Berufungen                                               | 14                   |
| davon Technisches Personal                                          | 1.547                |
| Projektträgerschaften                                               | 1.029                |
| Administration                                                      | 699                  |
| Auszubildende und Praktikanten                                      | 361                  |
| <b>Gesamt</b>                                                       | <b>5.684</b>         |

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

Die Zahl der Beschäftigten ging gegenüber der Vergleichszahl aus 2014 um 84 zurück. Dies beruht vor allem auf der Zusammenführung der Nuklearkompetenzen von Forschungszentrum Jülich und AVR GmbH zur JEN mbH, die sich insbesondere im Bereich des Technischen Personals auswirkte.

## Gastwissenschaftler

2015: insgesamt 1.041 aus 68 Ländern  
(Verteilung in Prozent)



1) ohne Deutschland



Helmholtz International Fellow Prof. Kazuhisa Kakurai (r.) von der Japan Atomic Energy Agency (JAEA) erhält die Preisurkunde von Prof. Sebastian M. Schmidt, Mitglied des Vorstands des Forschungszentrums Jülich.

# Preise und Auszeichnungen

2015

| Name                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Auszeichnung                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Prof. Katrin Amunts</b><br>Institut für Neurowissenschaften und Medizin                                                                                                                                                                                                                              | Listung unter „50 wegweisende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die unser Weltbild verändern“ der Zeitschrift „Business Insider“                            |
| <b>Prof. Mei Bai</b><br>Institut für Kernphysik                                                                                                                                                                                                                                                         | Ernest Orlando Lawrence Award 2014                                                                                                                                  |
| <b>Paul F. Baumeister, Hans Boettiger, José R. Brunheroto, Thorsten Hater, Thilo Maurer, Andrea Nobile, Dirk Pleiter</b><br>Jülich Supercomputing Centre                                                                                                                                                | Hans Meuer Award (Best Paper Award) bei der „International Supercomputing Conference – High Performance“ (ISC'15) in Frankfurt                                      |
| <b>Dr. Gustav Bihlmayer</b><br>Peter Grünberg Institut/Institute for Advanced Simulation und<br><b>Dr. Johann Haidenbauer</b><br>Institut für Kernphysik/Institute for Advanced Simulation                                                                                                              | Auszeichnung als „Herausragende Gutachter des Jahres 2015“ durch die Amerikanische Physikalische Gesellschaft (APS)                                                 |
| <b>Dr. Stefan Binder und Dr. Georg Schaumann</b><br>Institut für Bio- und Geowissenschaften                                                                                                                                                                                                             | Innovationspreis des Landes NRW, Kategorie Nachwuchs                                                                                                                |
| <b>Dr. Alexandra Boeske</b><br>Institute of Complex Systems                                                                                                                                                                                                                                             | Barrie Hesp Scholarship beim „Keystone Symposia on Molecular and Cellular Biology: Autophagy“ in Breckenridge, Colorado, USA                                        |
| <b>Marcus Brauns</b><br>Institut für Bio- und Geowissenschaften                                                                                                                                                                                                                                         | Posterpreis der Liebigs-Vereinigung für Organische Chemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker beim „15. European Symposium on Organic Reactivity“ (ESOR) in Kiel |
| <b>Prof. Christoph Buchal</b><br>Peter Grünberg Institut                                                                                                                                                                                                                                                | Robert-Wichard-Pohl-Preis 2016 der Deutschen Physikalischen Gesellschaft                                                                                            |
| <b>Prof. Svenja Caspers</b><br>Institut für Neurowissenschaften und Medizin                                                                                                                                                                                                                             | Förderpreis für Wissenschaften der Stadt Düsseldorf                                                                                                                 |
| <b>Dr. Sabyasachi Dasgupta</b><br>ehem. Institute of Complex Systems<br><b>Dr. Enno Kätelhön</b><br>Peter Grünberg Institut/Institute of Complex Systems<br><b>Dr. Anja Klotzsche</b><br>Institut für Bio- und Geowissenschaften<br><b>Dr. Michael Rack</b><br>Institut für Energie- und Klimaforschung | Exzellenzpreis des Forschungszentrums Jülich                                                                                                                        |
| <b>Prof. Gereon R. Fink</b><br>Institut für Neurowissenschaften und Medizin                                                                                                                                                                                                                             | Max-Delbrück-Preis 2015 der Universität zu Köln                                                                                                                     |
| <b>Dr. Sarah Finkeldei</b><br>Institut für Energie- und Klimaforschung                                                                                                                                                                                                                                  | Promotionspreis der Fachgruppe Nuklearchemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh)                                                                             |
| <b>Prof. Dr. Julia Frunzke</b><br>Institut für Bio- und Geowissenschaften                                                                                                                                                                                                                               | Forschungspreis 2016 der Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie (VAAM)                                                                             |
| <b>Dr. Alexander Grünberger</b><br>Institut für Bio- und Geowissenschaften                                                                                                                                                                                                                              | Promotionspreis 2015 der Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie (VAAM)                                                                             |
| <b>Dr. Johann Heidenbauer</b><br>Institut für Kernphysik                                                                                                                                                                                                                                                | von der Amerikanischen Physikalischen Gesellschaft (APS) als „Herausragender Gutachter des Jahres 2015“ ausgezeichnet                                               |
| <b>Dr. John Kettler</b><br>Institut für Energie- und Klimaforschung                                                                                                                                                                                                                                     | Aufnahme in das Junge Kolleg der NRW Akademie der Wissenschaften und der Künste                                                                                     |
| <b>Dr. Marina Khaneft, Dr. Olaf Holderer, Dr. Oxana Ivanova, Dr. Reiner Zorn, Dr. Wiebke Lüke, Prof. Werner Lehnert und Dr. Emmanuel Kentzinger</b><br>Jülich Centre for Neutron Science und Institut für Energie- und Klimaforschung                                                                   | Christian Friedrich Schönbein Posterpreis beim „5. European PEFC & H <sub>2</sub> Forum“ in Luzern, Schweiz                                                         |
| <b>Prof. Andrei Kulikovskiy</b><br>Institut für Energie- und Klimaforschung                                                                                                                                                                                                                             | Christian Friedrich Schönbein Medal of Honour des „5. European PEFC & H <sub>2</sub> Forum“                                                                         |
| <b>Dr. Jan-Philipp Machtens</b><br>Institute of Complex Systems                                                                                                                                                                                                                                         | Du Bois-Reymond-Preis der Deutschen Physiologischen Gesellschaft                                                                                                    |
| <b>Dr. Achim Mester</b><br>Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik                                                                                                                                                                                                                     | Professor Dr. Karl-Heinrich Heitfeld-Preis für wissenschaftlichen Nachwuchs der RWTH Aachen                                                                         |
| <b>Dr. Bernd Mohr</b><br>Jülich Supercomputing Centre                                                                                                                                                                                                                                                   | Aufnahme in die Liste „People to watch 2015“ des Computerjournals „HPCwire“                                                                                         |

| Name                                                                                                                  | Auszeichnung                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Andreas Müller</b><br>Jülich Supercomputing Centre                                                                 | Ehrenplakette der FH Aachen 2015 für seine Bachelorarbeit                                                                                                                                                                                     |
| <b>Patrick Niehoff, Cheng Wu und Bugra Turan</b><br>Institut für Energie- und Klimaforschung                          | Communicator Award der Helmholtz-Graduiertenschule für Energie und Klima (HITEC)                                                                                                                                                              |
| <b>Prof. Andreas Offenhäusser und Dr. Svetlana Vitusevich</b><br>Peter Grünberg Institut/Institute of Complex Systems | Innovation Award der RWTH Aachen (2. Platz) für das Team Cardia Help                                                                                                                                                                          |
| <b>Dušan Petrović</b><br>Institute of Complex Systems                                                                 | Auszeichnung der serbischen Nenad M. Kostić Foundation for Chemical Sciences                                                                                                                                                                  |
| <b>Eugen Pfeifer</b><br>Institut für Bio- und Geowissenschaften                                                       | Posterpreis der Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie (VAAM) bei der Jahrestagung in Marburg                                                                                                                                |
| <b>Paul Prigorodov</b><br>Institut für Energie- und Klimaforschung                                                    | Hans-Walter-Hennicke-Vortragspreis (1. Platz) bei der Jahrestagung der Deutschen Keramischen Gesellschaft (DKG)                                                                                                                               |
| <b>Prof. Syed M. Qaim</b><br>Institut für Neurowissenschaften und Medizin                                             | „Crest of Appreciation“ der Bangladesh Atomic Energy Commission                                                                                                                                                                               |
| <b>Prof. Willem Quadackers</b><br>Institut für Energie- und Klimaforschung                                            | Tammann-Gedenkmünze der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde                                                                                                                                                                              |
| <b>Dr. Michael Rack</b><br>Institut für Energie- und Klimaforschung                                                   | 2015 European Physical Society PhD Research Award der „Plasma Physics Division“ der European Physical Society (EPS)                                                                                                                           |
| <b>Prof. Dieter Richter</b><br>Jülich Centre for Neutron Science/Institute of Complex Systems                         | Staudinger-Durrer-Preis der ETH-Zürich                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Katrin Röllen</b><br>Institute of Complex Systems                                                                  | Posterpreis der „2015 Gordon Research Conference on Proteins“ in Holderness, USA                                                                                                                                                              |
| <b>Prof. Thomas Schäpers</b><br>Peter Grünberg Institut                                                               | Lehrpreis Physik 2015 der RWTH Aachen in der Kategorie „Beste selbstständige Lehre“                                                                                                                                                           |
| <b>Prof. Sebastian M. Schmidt</b><br>Vorstand                                                                         | Ehrendoktorwürde der Ivane Javakishvili Tbilisi State University                                                                                                                                                                              |
| <b>Andreas Schulze Lohoff und Vitali Weißbecker</b><br>Institut für Energie- und Klimaforschung                       | Businessplan-Hauptpreis beim Gründerwettbewerb von „Neues Unternehmertum Rheinland e.V.“ (NUK); 1. Preis beim Gründungswettbewerb AC <sup>2</sup>                                                                                             |
| <b>Christina Schumacher</b><br>Betrieblicher Strahlenschutz                                                           | Auszeichnung „Woman in Nuclear“ für ihre Bachelorarbeit                                                                                                                                                                                       |
| <b>Prof. N. Jon Shah</b><br>Institut für Neurowissenschaften und Medizin                                              | Veski Innovation Fellowship der Monash University Melbourne, Australien, für das Projekt „Quantitative Biomedical Imaging Transformational PET-MRI Technologies for Brain Research“; Ehrendoktorwürde der Georgian Technical University (GTU) |
| <b>Nuno André da Silva</b><br>Institut für Neurowissenschaften und Medizin                                            | ISMRM Merit Award Magna Cum Laude der International Society for Magnetic Resonance in Medicine                                                                                                                                                |
| <b>Prof. Lorenz Singheiser, Michal Talik und Dr. Bernd Kuhn</b><br>Institut für Energie- und Klimaforschung           | Charles Hatchett Award des britischen Institute of Materials, Minerals and Mining                                                                                                                                                             |
| <b>Prof. Hans Ströher</b><br>Institut für Kernphysik                                                                  | Ernennung zum Mitglied der Academia Europaea                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Prof. Andreas Wahner</b><br>Institut für Energie- und Klimaforschung                                               | Ehrendoktorwürde der Ivane Javakishvili Tbilisi State University                                                                                                                                                                              |
| <b>Dr. Wei-Min Wang</b><br>Humboldt-Stipendiat am Jülich Supercomputing Centre                                        | Young Scientist Prize 2015 der International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP)                                                                                                                                                        |
| <b>Prof. Rainer Waser</b><br>Peter Grünberg Institut                                                                  | Ehrendoktorwürde der Schlesischen Universität Kattowitz                                                                                                                                                                                       |
| <b>Prof. Dr. Martin Winter</b><br>Institut für Energie- und Klimaforschung/Helmholtz-Institut Münster                 | Carl Wagner Memorial Award der Electrochemical Society (ECS); Battery Research Award der ECS; Fellow der International Society of Electrochemistry                                                                                            |
| <b>Dr. Alexey Yakushenko</b><br>Peter Grünberg Institut/Institute of Complex Systems                                  | Innovation Award der RWTH Aachen (3. Platz) für das Team Cardia Help Fedorov Project                                                                                                                                                          |
| <b>Dr. Bernd Zimmermann</b><br>Peter Grünberg Institut/Institute for Advanced Simulation                              | ThyssenKrupp Electrical Steel Dissertationspreis 2015 der Arbeitsgemeinschaft Magnetismus der Deutschen Physikalischen Gesellschaft                                                                                                           |

# Rufe und Berufungen

## Rufe

- **PD Dr. med. Dr. rer. pol. Svenja Caspers** vom Institut für Medizin und Neurowissenschaften hat einen Ruf an die Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf auf eine W2-Professur angenommen.
- **Dr. Andrew Dingley** vom Institute of Complex Systems wurde zum außerplanmäßigen Professor an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf ernannt.
- **Dr. Irina Engelhardt** vom Institut für Bio- und Geowissenschaften wurde an die Technische Universität Bergakademie Freiberg auf eine W3-Professur für Hydrogeologie und Hydrochemie berufen.
- **Dr. Moritz Helias** vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin und Institute for Advanced Simulation erhielt eine Juniorprofessur für Theorie neuronaler Netzwerke an der RWTH Aachen, Fakultät 1, Fachgruppe Physik.
- **PD Dr. Patricia Hidalgo Jimenez** vom Institute of Complex Systems wurde nach dem Jülicher Modell auf eine W2-Professur an die Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf berufen.
- **Dr. François Jonard** vom Institut für Bio- und Geowissenschaften wurde an der Katholieke Universiteit Leuven (UCL), Belgien, Faculty of Bioscience Engineering and the Earth and Life Institute, zum Professor für Hydrologie und Fernerkundung ernannt.
- **Dr. Dr. Boris Musset** vom Institute of Complex Systems erhielt einen Ruf auf eine W3-Professur an die Paracelsus Medizinische Privatuniversität, Standort Nürnberg.
- **Dr. Ghaleb Natour** vom Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik wurde nach dem Jülicher Modell auf eine Professur an die Fakultät für Maschinen-

wesen der RWTH Aachen für das Fach Mess- und Prüfverfahren in der Füge-technik berufen.

- **Dr. Jeanette Orlowsky** vom Projektträger Jülich hat einen Ruf an den Lehrstuhl Werkstoffe des Bauwesens der Technischen Universität Dortmund angenommen.
- **Dr. Wolfram Schenck** vom Jülich Supercomputing Centre hat einen Ruf der Fachhochschule Bielefeld auf eine Professur für das Fach Ingenieurinformatik angenommen.
- **Dr. Michelle Watt** vom Institut für Bio- und Geowissenschaften hat einen

Ruf nach dem Jülicher Modell auf eine W3-Professur an die Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn für das Fach Crop Root Physiology erhalten.

- **PD Dr. Simone Vossel** vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin wurde nach dem Jülicher Modell auf eine W1-Professur am Department Psychologie der Universität zu Köln für das Fach kognitive Neuropsychologie berufen.
- **Dr. Bernhard Wolfrum** vom Institute of Complex Systems und Peter Grünberg Institut hat einen Ruf an die Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität München angenommen.

## Gemeinsame Berufungen mit Hochschulen\*

Stand: 2015

| Universität           | Jülicher Modell <sup>1)</sup> gesamt | davon Neubefugungen 2015 | Invers <sup>2)</sup> gesamt | davon Neubefugungen 2015 | Summe      |
|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------|
| FH Aachen             | 8                                    |                          |                             |                          | 8          |
| HHU Düsseldorf        | 12                                   |                          | 7                           | 1                        | 19         |
| RWTH Aachen           | 46                                   | 7                        | 7                           | 1                        | 53         |
| Uni Bochum            | 5                                    |                          |                             |                          | 5          |
| Uni Bonn              | 10                                   | 2                        | 3                           |                          | 13         |
| Uni Duisburg-Essen    | 4                                    |                          |                             |                          | 4          |
| Uni Erlangen-Nürnberg | 2                                    | 2                        | 1                           |                          | 3          |
| Uni Köln              | 7                                    | 1                        | 1                           |                          | 8          |
| Uni Leuven            | 1                                    |                          |                             |                          | 1          |
| Uni Münster           |                                      |                          | 1                           | 1                        | 1          |
| Uni Regensburg        | 1                                    |                          |                             |                          | 1          |
| Uni Stuttgart         | 1                                    |                          |                             |                          | 1          |
| Uni Wuppertal         | 5                                    |                          |                             |                          | 5          |
| <b>Summe</b>          | <b>102</b>                           | <b>12</b>                | <b>20</b>                   | <b>3</b>                 | <b>122</b> |

\* ohne Mitglieder der Geschäftsführung

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: Hauptamtlich an der Hochschule tätige Professor/innen arbeiten in Jülich im Nebenamt



# Campus

Seite 87 – 105

# Strategieprozess des Forschungszentrums

Forschungseinrichtungen müssen sich regelmäßig fragen: Machen wir die richtigen Dinge? Und machen wir sie richtig? Das gilt für wissenschaftliche Ziele, aber auch die Unternehmens- und Führungskultur. Um die Weichen für die künftige Ausrichtung des Forschungszentrums Jülich zu stellen, hat der Vorstand Anfang 2015 einen Strategieprozess angestoßen.

**Z**ukünftig sollen zwei Themenfelder im Mittelpunkt der Forschung stehen: Information und Energie. Ziel ist auch eine noch engere Verzahnung der Disziplinen. „Unsere Forscher sollen an den Disziplingrenzen Neues und damit letztlich Grundlagen für neue Technologien schaffen“, erklärt der Vorstandsvorsitzende Prof. Wolfgang Marquardt. „Für eine nutzeninspirierte Grundlagenforschung haben wir die besten Voraussetzungen: ausgezeichnete Grundlagenforschung, fundiertes Wissen in unterschiedlichen Fachgebieten und eine ausgeprägte multidisziplinäre Vernetzung“, betont Marquardt.

Der Ansatz beruht auf Strategievorstellungen der Institute und einem intensiven Austausch aller wissenschaftlichen und administrativen Bereiche. Er entspricht der Mission der Helmholtz-Gemeinschaft, Beiträge zur Lösung großer und drängender Fragen von Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft zu leisten. Bis Ende 2016 soll die Strategie feststehen.

Mit den geplanten Schwerpunkten „Information“ und „Energie“ orientiert sich das Jülicher Konzept an zwei

großen gesellschaftlichen Herausforderungen, die die Bundesrepublik und das Land Nordrhein-Westfalen als dringend einstufen. „Die zunehmende Digitalisierung durchdringt immer mehr Lebensbereiche. Sie erfordert und ermöglicht Innovationen. Mit unseren Kompetenzen können wir diese Entwicklung vorantreiben“, erklärt Wolfgang Marquardt.

Das gilt nicht nur für die Informationstechnologie, das Höchstleistungsrechnen, die Simulation und Big Data. „Es geht um Information als leitendes Prinzip in der Wissenschaft insgesamt“, erklärt Sebastian M. Schmidt, Mitglied des Vorstands. „Wir wollen die Quantentechnologien sowie Untersuchungen von Struktur und Dynamik von Materialien ausbauen. Das gilt ebenso für die Codierung von Informationen in molekularbiologischen Strukturen oder die neuronale Informationsverarbeitung im menschlichen Gehirn.“

## Umbau des Energiesystems

Im Bereich Energie wird das Forschungszentrum Forschungsarbeiten zur Energiewende und zum Umbau des Energiesystems weiter vertiefen. Damit unterstützt es die Ziele der Bundesregierung, die erneuerbaren Energien auszubauen, die Energieeffizienz zu steigern und den Ausstoß von Treibhausgasen zu reduzieren. „Eine zuverlässige, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung sicherzustellen, sehen wir als eine der größten Herausforderungen des 21. Jahrhunderts“, sagt Harald Bolt, Mitglied des Vorstands. „Um diese zu bewältigen, konzentrieren wir uns auf Systeme und Wertschöpfungsketten für ausgewählte erneuerbare Energien und Speichertechnologien: von der Fotovoltaik über



Teilnehmer der Strategiekonferenz sammelten Ideen zur Verbesserung von Unternehmenskultur, Zusammenarbeit und Abläufen im Forschungszentrum Jülich.



Die Beschäftigten des Forschungszentrums diskutierten 2015 intensiv über die Entwicklung einer neuen Strategie.

Elektrolyse und neuartige Batteriesysteme bis hin zu Power-2-x-2-Power-Technologien zur Speicherung von Stromüberschüssen in Zeiten eines Überangebotes erneuerbarer Energien.“ Um die Energieforschung auf die Fragestellungen der Energiewende zu fokussieren, wird ein Ausstieg aus der Reaktorsicherheitsforschung und der Fusionsforschung in enger Abstimmung mit allen Partnern und den Zuwendungsgebern angestrebt. Ebenfalls nicht mehr fortgeführt werden sollen die kernphysikalischen Arbeiten in Jülich. Dies hat der Vorstand mit Blick auf die notwendige Fokussierung und Profilierung des Forschungsportfolios beschlossen. Diese Entscheidung soll gemeinsam mit den betroffenen Kooperationspartnern auf einer angemessenen Zeitskala umgesetzt werden.

Eng verknüpft mit den Themen Information und Energie ist die Bioökonomie, ein weiteres strategisches Zukunftsgebiet: der Aufbau einer Wirtschaft, die nachwachsende statt fossiler Rohstoffe nutzt und keine Abfälle produziert. „Die Weltbevölkerung wächst stetig und damit der Bedarf an Nahrungsmitteln, Roh- und Wertstoffen. Um diesem Bedarf angesichts endlicher fossiler Ressourcen sowie begrenzter fruchtbarer Ackerflächen zu decken, ist ein Umlenken in eine Bioökonomie erforderlich“, erklärt Marquardt. Hier soll das Bioeconomy Science Center (BioSC) mit seinen Forschungspartnern in der Region eine wichtige Rolle spielen, um die erforderlichen grundlegenden Erkenntnisse und Schlüsseltechnologien bereitzustellen. Im Zuge der weiteren Entwicklung soll das BioSC zu einem „Nationalen Zentrum für Bioökonomie“ erweitert und ausgebaut werden.

### Wille zur Veränderung

Ein zentrales Element des laufenden Strategieprozesses ist eine intensive Beteiligung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Sie waren von Beginn an eingeladen, ihre Vorstellungen einzubringen. Erste Ideen zur Verbesserung von Unternehmenskultur, Zusammenarbeit und Abläufen im Zentrum sind aus Interviews mit 160 Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen, einer Online-Befragung und einer anschließenden zweitägigen Strategiekonferenz mit 200 Teilnehmern entstanden. „Dabei wurde deutlich, dass das Potenzial des Zentrums als sehr hoch eingeschätzt wird. Gleichzeitig besteht aber die Meinung, dass es aufgrund von fehlenden Synergien noch nicht vollständig ausgeschöpft wird“, fasst Norbert Drewes, Koordinator des Strategieprozesses, zusammen. „Die Beteiligung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter hat bestätigt, dass sehr hohes Interesse an der Weiterentwicklung des Forschungszentrums besteht und dass der Wille zur Veränderung vorhanden ist“, hebt der Stellvertretende Vorstandsvorsitzende Karsten Beneke hervor.

Die Vorstellungen werden in verschiedenen Arbeitsgruppen weiterentwickelt und konkretisiert. Alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter werden regelmäßig über die laufende Entwicklung und Ergebnisse informiert. Hierzu dienen persönliche Gespräche, Informationsveranstaltungen sowie ein Diskussionsforum und Videobotschaften des Vorstandes im Intranet. Wolfgang Marquardt baut auf dieses offene Vorgehen: „Nur eine vom gesamten Zentrum mitgetragene Strategie kann erfolgreich sein“, ist der Vorstandsvorsitzende überzeugt.

# Zukunftscampus Jülich

In Jülich werden Handlungsoptionen erforscht und entwickelt, um gegenwärtigen und künftigen Generationen gleichermaßen gute Lebensbedingungen zu sichern. Zugleich soll die Arbeit im Forschungszentrum selbst den Kriterien der Nachhaltigkeit genügen.

**W**ährend Wissenschaftler wichtige Beiträge für die Klimaforschung leisten (→ S. 22), geht es auf dem Jülicher Campus darum, auch vor Ort den Ausstoß des Treibhausgases Kohlendioxid zu verringern. Ein Erfolgsmodell ist seit 2015 das Jülicher Mobilitätskonzept im Rahmen des Projekts **Mobil.Pro.Fit**. Es unterstützt beispielsweise den Umstieg vom Auto aufs Fahrrad oder Pedelec. 2016 wird auf dem Campus die erste Ladestation für Elektroräder eröffnen, die mit Fotovoltaikmodulen betrieben wird. Ladestationen für Elektroautos sind ebenfalls geplant. Auch wer Fahrgemeinschaften bildet, verringert den CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Person – Mitfahrer finden die Beschäftigten über das „Zukunftscampus Pendlerportal“, das im September 2015 eingerichtet wurde. Der Fuhrpark des Forschungszentrums wurde zusätzlich zu sechs vorhandenen E-Rollern auf vier Elektro-Pkw, zwei Pkw mit Plug-in-Hybrid und einen Leicht-Lkw mit Elektroantrieb ausgebaut. Insgesamt sparten solche Maßnahmen, bezogen auf die Mitarbeitermobilität, im Projektjahr 300 Tonnen CO<sub>2</sub> ein. Am 23. Februar 2016 zeichnete der Regionalrat der Städteregion Aachen das betriebliche Mobilitätskonzept aus, das vom Bundesumweltministerium aus Mitteln der Nationalen Klimaschutzinitiative gefördert wird. Kein Grund, sich auf Erfolge auszuruhen, findet Dr. Peter Burauel, Leiter Stabsstelle Zukunftscampus: „Unser Mobilitätsteam wird auch nach Abschluss der ersten Projektphase an diesen Themen weiterarbeiten, um Beiträge für unser Klimaschutzkonzept zu leisten.“

Nachdem das Forschungszentrum Jülich im Vorjahr erstmals einen Nachhaltigkeitsbericht erstellt hatte, verpflichtet es sich mit Beginn des Jahres 2016 als 114. Organisation in Deutschland dazu, den Kriterien des **Deutschen Nachhaltigkeitskodex (DNK)** zu entsprechen. Dieser Kodex wurde vom Rat für Nachhaltige Entwicklung formuliert, der von der Bundesregierung berufen wird. Mit einer Entsprechenserklärung zu 20 Kriterien aus den Bereichen Strategie, Prozessmanagement, Umwelt und Gesellschaft sowie weiteren Indikatoren berichten Anwender darüber, inwieweit sie diesen Kriterien genügen. Sie machen so transparent, was den Kern unternehmerischer Nachhaltigkeit in ihrer Organisation ausmacht. Das Forschungszentrum Jülich übernimmt als erster Anwender des DNK in der Helmholtz-Gemeinschaft eine Vorreiterrolle.

Als DNK-Mentor stellt es anderen Einrichtungen seine Erfahrungen zur Verfügung.

Das Forschungszentrum engagiert sich zudem im Verbund-Projekt **Leitfaden für Nachhaltigkeitsmanagement in außeruniversitären Forschungseinrichtungen – LeNa**. Im Steuerungsgremium dieses Projekts, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird, vertreten der Jülicher Vorstandsvorsitzende Prof. Wolfgang Marquardt und Peter Burauel neben Vertreterinnen und Vertretern der Fraunhofer-Gesellschaft und der Leibniz-Gemeinschaft die Interessen der Wissenschaft. Bis Ende 2016 soll der Leitfaden fertiggestellt sein. Bislang wurden acht Kriterien für das „Forschen in gesellschaftlicher Verantwortung“ formuliert – unter anderem zu Transparenz, Nutzerorientierung, Ethik und Interdisziplinarität.



Ricardo Gatzweiler, Dr. Ellen Kammula und Dr. Peter Burauel (v. re.) vom Forschungszentrum Jülich erhielten zum erfolgreichen Abschluss von „Mobil.Pro.Fit.“ eine Urkunde.

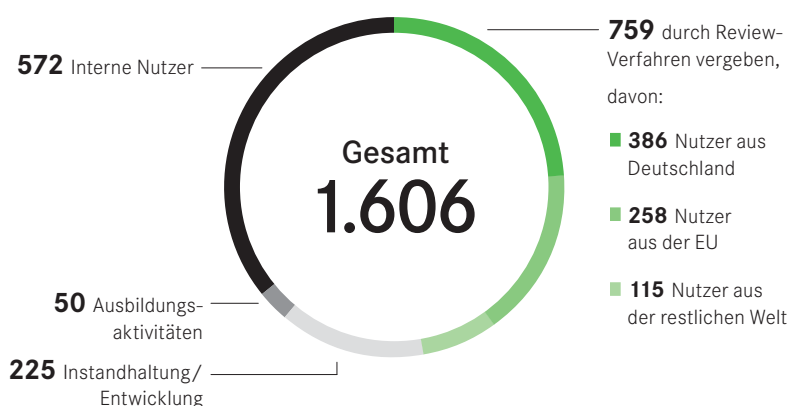
# Exzellente Plattformen

## Jülich Centre for Neutron Science (JCNS)

Das JCNS betreibt Instrumente der Forschung mit Neutronen an den international führenden Neutronenquellen. So bündelt das JCNS die Konstruktions- und Betriebsaktivitäten der Jülicher Instrumente am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum MLZ in Garching bei München, am Institut Laue-Langevin ILL in Grenoble, Frankreich, und an der Spallationsneutronenquelle SNS in Oak Ridge, USA. Diese Instrumente stehen auch externen Wissenschaftlern zur Verfügung. Außerdem entwickelt das JCNS zusammen mit internationalen Partnern mehrere Instrumente für die zukünftige Europäische Spallationsquelle ESS in Lund, Schweden.

### Vergebene Strahlzeit

Tage, gerundet, 2015



### Nutzung der JCNS-Neutroneninstrumente durch externe Forscher

2015

| Akronym        | Instrument                                                                     | Tage |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>BIODIFF</b> | Diffractionmeter for large unit cells                                          | 80   |
| <b>DNS</b>     | Flugzeitspektrometer mit diffuser Neutronenstreuung                            | 40   |
| <b>HEiDi</b>   | Heißes Einkristalldiffraktometer (Single crystal diffractometer on hot source) | 91   |
| <b>J-NSE</b>   | Jülich Neutronen-Spin-Echo-Spektrometer                                        | 57   |
| <b>KWS-1</b>   | Kleinwinkelstreuanlage 1                                                       | 71   |
| <b>KWS-2</b>   | Kleinwinkelstreuanlage 2                                                       | 81   |
| <b>KWS-3</b>   | Kleinwinkelstreuanlage 3                                                       | 61   |
| <b>MARIA</b>   | Magnetisches Reflektometer                                                     | 34   |
| <b>PANDA</b>   | Kaltes Dreiachsenspektrometer                                                  | 67   |
| <b>POLI</b>    | Polarized hot neutron diffractometer                                           | 35   |
| <b>SPHERES</b> | Rückstreupektrometer mit hoher Energieauflösung                                | 46   |
| <b>ILL</b>     | Institut Laue-Langevin, Grenoble                                               | 41   |
| <b>SNS</b>     | Spallationsneutronenquelle, Oak Ridge                                          | 54   |

# 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

2015

|                                              |        |
|----------------------------------------------|--------|
| Nutzer intern                                | 211    |
| Nutzer extern                                | 44     |
| Nutzungstage                                 | 220    |
| Wartungstage                                 | 35     |
| Gesamte Nutzungszeit aller Geräte in Stunden | 41.129 |
| Externe Besucher                             | 1.582  |

## Nutzungszeiten

2015

| Geräte                           | Zeit [h/a] |
|----------------------------------|------------|
| Nassbänke                        | 12.341     |
| Rasterelektronenmikroskope       | 5.476      |
| Reactive-Ion-Etching-Anlagen     | 4.186      |
| Charakterisierung                | 3.017      |
| Aufdampfanlagen                  | 2.679      |
| Focused Ion Beam                 | 2.445      |
| Oxidationsöfen                   | 2.225      |
| Vistec Elektronenstrahlbelichter | 2.000      |
| Mask Aligner (Kontaktbelichter)  | 1.962      |
| Abzüge                           | 1.706      |
| Wafersäge                        | 1.031      |
| Wafer-cleaner SSEC               | 1.031      |
| Dektak 150 Profilometer          | 680        |
| Nanoimprint Lithography          | 350        |

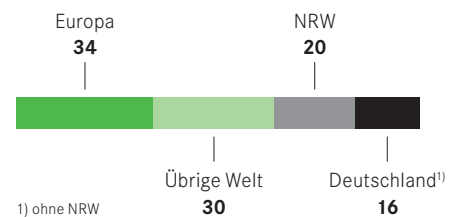
# Ernst Ruska-Centrum (ER-C)

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 höchstauflösende Elektromikroskopie. Die nach dem Erfinder des Elektronenmikroskops benannte Gemeinschaftseinrichtung auf dem Jülicher Campus ermöglicht Wissenschaftlern ei-

nen einzigartigen Einblick in die Welt der Atome und entwickelt neue Methoden für die Materialforschung. 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 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft benannt wird.

## Nutzer

nach Region, in Prozent, 2015



## Vergebene Messzeit

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

|                          | 2011       | 2012         | 2013         | 2014         | 2015         |
|--------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Forschungszentrum Jülich | 297        | 420          | 480          | 455          | 427          |
| RWTH Aachen              | 161        | 138          | 156          | 190          | 244          |
| Externe Nutzer           | 266        | 463          | 412          | 471          | 686          |
| Service und Wartung      | 178        | 150          | 220          | 373          | 233          |
| <b>Summe</b>             | <b>902</b> | <b>1.171</b> | <b>1.268</b> | <b>1.489</b> | <b>1.590</b> |

1) davon fünf der Titan-Klasse

# Jülich Supercomputing Centre (JSC)

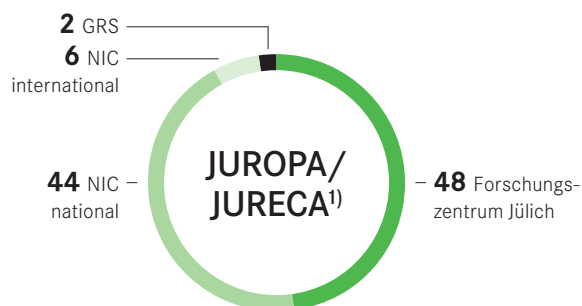
Das Jülich Supercomputing Centre stellt Wissenschaftlern und Ingenieuren am Forschungszentrum Jülich, an Universitäten und Forschungseinrichtungen in Deutschland und in Europa sowie der Industrie für die Lösung hochkomplexer Probleme mit Simulationsrechnungen Rechenkapazität auf Supercomputern zur Verfügung. 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 2015 als einer der drei schnellsten Rechner in Europa den elften Platz. Das Forschungszentrum Jülich betreibt JUQUEEN im Forschungsprogramm Supercomputing unter anderem für die Helmholtz-Gemeinschaft. Rund 70 Pro-

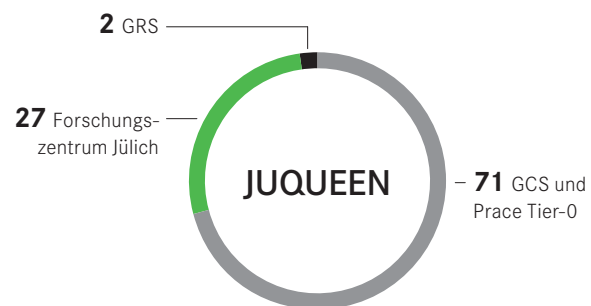
zent des Rechners sind Teil des nationalen Verbundes Gauss Centre for Supercomputing (GCS); die Rechenzeit wird über etablierte Peer-Review-Verfahren an nationale und europäische Projekte vergeben. Weitere 30 Prozent der Rechenzeit stehen Nutzern des Forschungszentrums Jülich und der Jülich Aachen Research Alliance (JARA) zur Verfügung.

## Relative Zahlen nach Nutzern

in Prozent, 2015



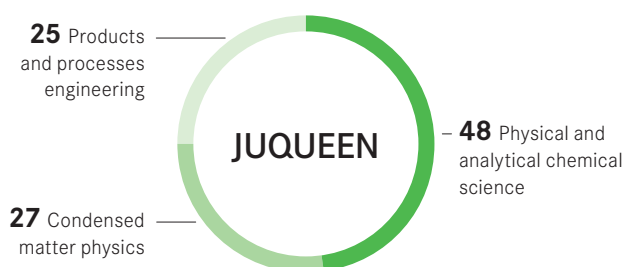
1) Durch den Wechsel von JUROPA auf JURECA 2015 wurden alle Faktoren auf JURECA umgerechnet. Basis sind die GCS-Bewilligungszeiträume 11/2014–10/2015 und 5/2015–4/2016



Basis sind die GCS-Bewilligungszeiträume 11/2014–10/2015 und 5/2015–4/2016

## Forschungsfelder laufender europäischer Projekte

PRACE Tier-0, in Prozent, 2015



Basis ist der PRACE-Bewilligungszeitraum 9/2014 – 8/2015 (9. Call for Proposals for Project Access). Im 10. PRACE Call for Proposals for Project Access war JUQUEEN nicht mehr verfügbar, da Jülich seine Verpflichtungen gegenüber PRACE bereits erfüllt hat.

## Nutzerstatistik

in Millionen Kernstunden (Core-h), 2015

| Supercomputer               | Core-h |
|-----------------------------|--------|
| JUQUEEN                     | 3.200  |
| JUROPA/JURECA <sup>1)</sup> | 80     |

## Begehrte Rechenzeit

2015

| Supercomputer               | Überbuchungsfaktor |
|-----------------------------|--------------------|
| JUQUEEN                     | 1,5                |
| JUROPA/JURECA <sup>2)</sup> | 2,5                |

1) In 2015 fand der Wechsel von JUROPA auf JURECA statt, alle Kernstundenangaben für 2015 wurden daher auf JURECA-Kernstunden umgerechnet. Es stand für Juli bis Oktober die erste Ausbaustufe von JURECA zur Verfügung, erst ab November war das komplette System verfügbar.

2) Durch den Wechsel von JUROPA auf JURECA 2015 wurde ein gemittelter Überbuchungsfaktor ermittelt.

# Außenstellen

Das Forschungszentrum Jülich betreibt an Außenstellen im In- und Ausland einzigartige Großgeräte. Hinzu kommen gemeinsame Institute mit Hochschulen und Einrichtungen zur Nachwuchsförderung sowie die Standorte der Projektträger.

Im Einzelnen ist das Forschungszentrum Jülich an folgenden Außenstellen vertreten:

- In **Aachen** ist das Forschungszentrum Jülich über die **German Research School for Simulation Sciences (GRS)** und die **Jülich Aachen Research Alliance JARA** (→ S. 61) vertreten. Die GRS GmbH ist eine eigenständige Tochter des Forschungszentrums Jülich.
- Am **Forschungsreaktor in Garching bei München** betreibt das **Jülich Centre for Neutron Science (JCNS)**<sup>1)</sup> gemeinsam mit der Technischen Universität München und dem Helmholtz-Zentrum Geesthacht das Heinz Maier-Leibnitz Zentrum.
- An der Spallationsneutronenquelle SNS am **Oak Ridge National Laboratory (ORNL), USA**, betreibt das JCNS das einzige nichtamerikanische Messinstrument.
- Das Forschungszentrum Jülich ist – mit einem Gesellschaftsanteil von 33 Prozent – zusammen mit dem Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA, Frankreich), dem Centre national de la recherche scientifique (CNRS, Frankreich) und dem Science and Technology Facilities Council (STFC, UK) Gesellschafter des Höchstflussreaktor des **Instituts Laue-Langevin (ILL) in Grenoble, Frankreich**.
- 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 Synchrotronstrahlung 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**. → S. 95
- 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.
- Die Aktivitäten des Forschungszentrums Jülich in **Indien** werden durch ein Büro in **Neu-Delhi** koordiniert.
- 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 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“** in **Münster** bündelt die Kompetenzen des Forschungszentrums Jülich, der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen und der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster in der Batterieforschung.
- Seit dem 1. September 2015 gehört die **Koordinationsstelle des Bernstein Netzwerkes** an der Albert-Ludwigs-Universität **Freiburg** organisatorisch und wirtschaftlich zum Jülicher Institut für Neurowissenschaften und Medizin. Das Netzwerk aus sechs Zentren in Deutschland und über 200 Forschungsgruppen arbeitet an der Aufklärung grundlegender neuronaler Prozesse mithilfe von Computermodellen. → S. 97

1) 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

Forschungs- und Innovationsförderprogramme der öffentlichen Hand zielgenau umzusetzen, ist die Aufgabe der Projektträger. Auf dem Jülicher Campus sind der Projektträger Jülich (PtJ) und der Projektträger Energie, Technologie, Nachhaltigkeit (ETN) als weitgehend selbstständige Organisationen angesiedelt. PtJ unterstützt Auftraggeber in Bund und Ländern sowie die Europäische Kommission bei der Realisierung ihrer förderpolitischen Ziele. Der Projektträger ETN ist exklusiv für das Land Nordrhein-Westfalen tätig.

## Der Projektträger Jülich

Mit rund 1,4 Milliarden Euro umgesetzter Fördermittel im Jahr 2015 gehört PtJ zu den führenden Projektträgern in Deutschland. Ein breites fachliches Kompetenzspektrum bündelt PtJ in den vier Geschäftsfeldern Schlüsseltechnologien, Energie, Nachhaltiges Wirtschaften und Technologieoffene Innovationsförderung. Darüber hinaus baut er gezielt seine Kompetenzen in Querschnittsthemen aus.

Ein solches Querschnittsthema ist die Digitalisierung, die weiter an Bedeutung

gewinnt. So etwa bei der Energiewende: Zentrale Herausforderung ist es hier, die konventionellen Energienetze und Energiemärkte so umzubauen, dass sie „intelligent“ werden, um so Energiewandlung und Energienachfrage bedarfs- und verbrauchsorientiert miteinander zu verknüpfen. Darum geht es beim 2015 gestarteten und durch PtJ betreuten Förderprogramm „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende“ (SINTEG) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Mit dem Programm fördert das BMWi Modellregionen in den Bereichen Wind- und Sonnenenergie, die Lösungen für eine klimafreundliche, effiziente und sichere Energieversorgung mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien entwickeln und großflächig demonstrieren sollen.

Auch im Bereich der Landesförderung konnte PtJ 2015 erfolgreich neue Aufträge einwerben. So übernahm er eine Projektträgerschaft für das Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Diese umfasst zum einen die wissenschaftliche Begleitung bei der Förderung der Exzellenzforschung aus Mitteln des Europäischen Sozialfonds (ESF). Zum anderen werden

ab 2016 Forschungsförderprogramme aus Mitteln des Landes umgesetzt.

Am 18. November 2015 feierte PtJ das 25-jährige Bestehen seiner Berliner Geschäftsstelle mit rund 300 geladenen Gästen. Am 1. November 1990 hatte PtJ, damals noch unter dem Namen Projektträger Biologie, Energie, Ökologie (BEO), seine Arbeit am Standort Berlin aufgenommen. Ziel war damals, die ostdeutschen Forschungseinrichtungen und forschenden Unternehmen bei der Integration in die gesamtdeutsche Forschungslandschaft zu unterstützen. Darüber hinaus beriet PtJ seine Auftraggeber bei der Entwicklung technologieoffener Innovationsförderprogramme, die auf die besonderen Herausforderungen in den neuen Ländern zielten.

Die technologieoffene Innovationsförderung ist heute eine zentrale Säule der Forschungs- und Innovationspolitik. Dazu gehören bundesweite Maßnahmen wie der Spitzencluster-Wettbewerb und das Programm Forschungscampus des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) sowie das Förderprogramm des BMWi für Existenzgründungen aus der Wissenschaft, die PtJ umsetzt. Am Standort Berlin verantwortet PtJ darüber hinaus



Das 25-jährige Jubiläum seiner Berliner Geschäftsstelle beging PtJ gemeinsam mit Auftraggebern, Partnern, politischen Gästen, Vertreterinnen und Vertretern des Forschungszentrums Jülich sowie seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern.

| Daten Projektträger PtJ | 2015                     |
|-------------------------|--------------------------|
| Betreute Vorhaben       | <b>16.993</b>            |
| neu bewilligte Vorhaben | <b>5.478</b>             |
| umgesetzte Fördermittel | <b>1.407,4 Mio. Euro</b> |
| Mitarbeiter/innen       | <b>951</b>               |

beispielsweise das BMBF-Programm Forschung für Nachhaltige Entwicklung und die Nationale Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.

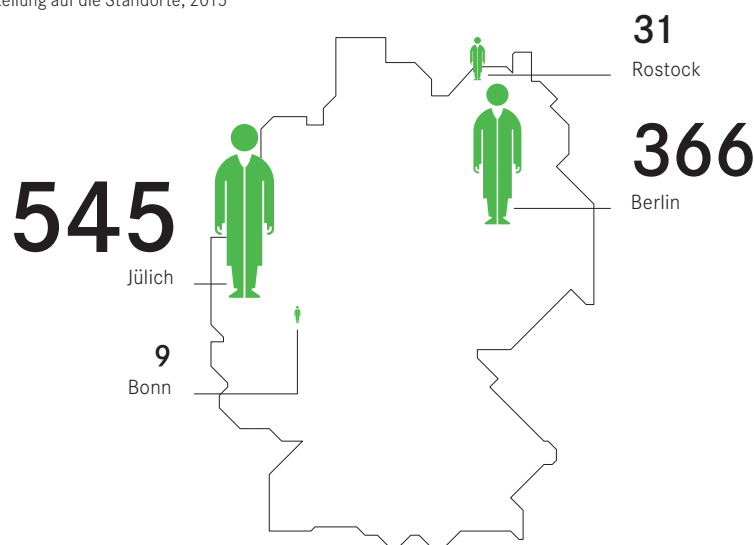
## Projekträger Energie, Technologie, Nachhaltigkeit

Seit nunmehr 25 Jahren ist ETN für das Land NRW tätig. Das ursprüngliche Kompetenzfeld „Energieforschung“ hat sich in den letzten Jahren verbreitert, die Zahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ist auf 78 gewachsen.

ETN hat in Kooperation mit dem Projektträger Jülich den Zuschlag für den Aufbau der LeitmarktAgentur.NRW erhalten. Diese Agentur ist als verantwortliche Stelle zuständig für die Durchführung von Förderwettbewerben sowie die Auswahl und Bewilligung der Förderprojekte in den acht für NRW wichtigen Leitmärkten. In diesen Wettbewerben können sich Interessenten um Fördermittel bewerben, die aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und vom Land NRW bereitgestellt werden. Die Resonanz auf die Ausschreibungen vor allem aus dem Bereich der kleinen und mittleren Unternehmen war enorm. Das zeigen:

## Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des PtJ

Verteilung auf die Standorte, 2015



- mehr als 6.300 Beratungen;
- über 450 Projektvorschläge mit über 1.500 Partnern;
- 120 Projektvorschläge wurden zur Förderung empfohlen. Für die beteiligten Partner werden etwa 450 Zuwendungsbescheide erstellt;
- die Projekte werden mit rund 150 Millionen Euro gefördert.

Innerhalb der LeitmarktAgentur.NRW organisiert, bewilligt und betreut ETN exklusiv die Klimaschutzwettbewerbe der Landesregierung. Ziel dieser Wettbewerbe ist es, beschleunigt Produkte auf den Markt zu bringen, die eine hohe Energieeffizienz aufweisen und dadurch helfen, klimaschädliche Gase wie CO<sub>2</sub> einzusparen. Zudem sollen Projekte unterstützt werden, die den kommunalen Klimaschutz voranbringen. Diese Projekte helfen, den Klimaschutzplan NRW umzusetzen.

## Förderprojekte aus den acht Leitmärkten

| Leitmarkt Wettbewerb                                | Reihung nach Startdatum | Projektverbünde | beteiligte Partner mit eigenen Zuwendungsbescheiden | Fördersumme in Euro |
|-----------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------|---------------------|
| CreateMedia.NRW                                     | Oktober 2014            | 16              | 35                                                  | ca. 7 Mio.          |
| EnergieUmwelt.NRW                                   | November 2014           | 27              | 72                                                  | ca. 26 Mio.         |
| NeueWerkstoffe.NRW                                  | Januar 2015             | 12              | 53                                                  | ca. 23 Mio.         |
| Gesundheit.NRW                                      | Februar 2015            | 15              | 63                                                  | ca. 23 Mio.         |
| Produktion.NRW                                      | März 2015               | 18              | 78                                                  | ca. 21 Mio.         |
| MobilitätLogistik.NRW                               | April 2015              | 10              | 32                                                  | ca. 13 Mio.         |
| LifeSciences.NRW                                    | Mai 2015                | 11              | 57                                                  | ca. 21 Mio.         |
| IKT.NRW (Informations- & Kommunikationstechnologie) | Juni 2015               | 11              | 54                                                  | ca. 16 Mio.         |
| <b>Summe</b>                                        |                         | <b>120</b>      | <b>444</b>                                          | <b>ca. 150 Mio.</b> |

# Koordinationsstelle für computergestützte Neurowissenschaft

Das Bernstein Netzwerk erforscht mithilfe von Computersimulationen das menschliche Denken. Koordiniert wird es von einer Einrichtung in Freiburg, die seit dem 1. September 2015 als neue Außenstelle des Forschungszentrums Jülich geführt wird.

Benannt nach dem Physiologen Julius Bernstein (1839 – 1917), existiert das „Nationale Bernstein Netzwerk Computational Neuroscience“ seit 2004. Es besteht aus sechs Zentren und über 250 Forschungsgruppen in Deutschland, die sich gemeinsam einem großen Thema widmen: der Aufklärung grundlegender neuronaler Prozesse mithilfe von Computermodellen. Dazu gehört beispielsweise, das Lernen und Erinnern besser zu verstehen oder auch die Vorgänge, die neurologischen Erkrankungen zugrunde liegen

Den Code des Gehirns zu begreifen, wird wohl deutlich mehr Aufwand und Rechenkapazität erfordern als die Entschlüsselung des menschlichen Erbguts. Eine solch

komplexe Aufgabe kann nur in interdisziplinären Kooperationen bewältigt werden. Dabei hilft den Wissenschaftlern des Netzwerks die Bernstein Koordinationsstelle (BCOS) in Freiburg, geleitet von Dr. Andrea Huber Brösamle. Die neue Außenstelle des Forschungszentrums, organisatorisch eine Arbeitsgruppe des Instituts für Neurowissenschaften und Medizin (INM-6), unterstützt die Kommunikation innerhalb und außerhalb des Netzwerks. Sie ist die Verbindungsstelle zur Industrie und zu Drittmittelgebern. Außerdem organisiert sie zentrale Veranstaltungen wie die jährlich stattfindende größte europäische Konferenz zur Computational Neuroscience.

## Training für Nachwuchsforscher

Eine weitere wichtige Aufgabe der Koordinationsstelle ist die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. So hat das Bernstein Netzwerk, unterstützt von der VolkswagenStiftung, 2015 das „SmartStart – Joint Training Program in Computational Neuroscience“ ins Leben



Der deutsche Physiologe Julius Bernstein (1839 – 1917)

gerufen. Dieses Programm richtet sich unter anderem an Physiker, Mediziner, Biologen, Ingenieure und Mathematiker kurz vor oder nach dem Masterabschluss. Ziel ist es, deren bisherige Ausbildung mit Konzepten, Theorien und Techniken der Computational Neuroscience zu ergänzen und sie für eine Doktorarbeit zu qualifizieren. Gemeinsam mit einem Mentor entwickeln die Teilnehmer ein individuelles Trainingsprogramm, wozu sie aus einer breiten Palette von Aktivitäten wie Workshops, Kursen und Laborrotationen wählen können. Die BCOS betreut die Teilnehmer, Mentoren und Dozenten und koordiniert die Aktivitäten des SmartStart-Programms.

Neben dem Betrieb der BCOS spielt Jülich im Bernstein Netzwerk eine weitere besondere Rolle. Das Simulation Laboratory (SimLab) Neuroscience des Jülich Supercomputing Centre berät als Bernstein Facility for Simulation and Database Technology die Wissenschaftler des Netzwerks bei der Software-Entwicklung. Außerdem hilft das SimLab den Forschern, die Fähigkeiten moderner Supercomputer für die Bearbeitung ihrer neurowissenschaftlichen Fragestellungen zu erschließen.



Das Team der Bernstein Koordinationsstelle um Dr. Andrea Huber Brösamle (2. v. l.) im September 2015, umrahmt vom Jülicher Vorstandsmitglied Prof. Sebastian M. Schmidt (1. v. l.) und Prof. Markus Diesmann, Leiter des INM-6 (r.)

# Finanzen

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

## Bilanz

in Millionen Euro, 2015

| Aktiva                                                                        | 2015         | 2014           |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|
| <b>A. Anlagevermögen</b>                                                      | <b>486,0</b> | <b>533,2</b>   |
| I. Immaterielle Vermögensgegenstände                                          | 2,6          | 2,9            |
| II. Sachanlagen                                                               | 483,2        | 530,1          |
| III. Finanzanlagen                                                            | 0,2          | 0,2            |
| <b>B. Umlaufvermögen</b>                                                      | <b>273,3</b> | <b>625,1</b>   |
| I. Vorräte                                                                    | 37,4         | 35,1           |
| II. Forderungen und sonstige Vermögensgegenstände                             | 55,6         | 26,0           |
| III. Ausgleichsansprüche an die öffentliche Hand                              | 162,0        | 551,7          |
| IV. Kassenbestand, Bundesbankguthaben, Guthaben bei Kreditinstituten, Schecks | 18,3         | 12,3           |
| <b>C. Rechnungsabgrenzungsposten</b>                                          | <b>4,4</b>   | <b>9,8</b>     |
| <b>Summe der Aktiva</b>                                                       | <b>763,7</b> | <b>1.168,1</b> |
| Passiva                                                                       | 2015         | 2014           |
| <b>A. Eigenkapital</b>                                                        | <b>0,5</b>   | <b>0,5</b>     |
| <b>B. Sonderposten für Zuschüsse</b>                                          | <b>566,7</b> | <b>587,4</b>   |
| I. zum Anlagevermögen                                                         | 485,5        | 532,7          |
| II. zum Umlaufvermögen                                                        | 81,2         | 54,7           |
| <b>C. Rückstellungen</b>                                                      | <b>133,9</b> | <b>516,0</b>   |
| I. Stilllegung und Beseitigung kerntechnischer Anlagen                        | 48,9         | 432,4          |
| II. Pensionen und Sonstiges                                                   | 74,7         | 66,5           |
| III. Steuerrückstellung                                                       | 10,3         | 17,1           |
| <b>D. Verbindlichkeiten</b>                                                   | <b>61,4</b>  | <b>63,0</b>    |
| <b>E. Rechnungsabgrenzungsposten</b>                                          | <b>1,2</b>   | <b>1,2</b>     |
| <b>Summe der Passiva</b>                                                      | <b>763,7</b> | <b>1.168,1</b> |

# Gewinn- und Verlustrechnung

in Tausend Euro, 2015

|                                                                                                                             | 2015           | 2014           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|
| <b>Erträge aus Zuschüssen</b>                                                                                               | <b>80.283</b>  | <b>169.359</b> |
| Sonstige Zuschüsse                                                                                                          | -4.367         | 78.807         |
| davon Bund                                                                                                                  | -2.534         | 66.837         |
| davon Land                                                                                                                  | -1.833         | 11.970         |
| Drittmittel Projektförderung                                                                                                | 84.650         | 90.552         |
| davon Bund                                                                                                                  | 45.204         | 50.426         |
| davon Land                                                                                                                  | 9.242          | 4.741          |
| davon DFG                                                                                                                   | 3.874          | 4.340          |
| davon Sonstige                                                                                                              | 13.896         | 15.002         |
| davon EU                                                                                                                    | 12.434         | 16.043         |
| <b>Erlöse und andere Erträge</b>                                                                                            | <b>599.312</b> | <b>641.417</b> |
| Erlöse aus Forschung, Entwicklung und Benutzung von Forschungsanlagen                                                       | 13.132         | 8.165          |
| Erlöse aus Lizenz-, Know-how-Verträgen                                                                                      | 442            | 783            |
| Erlöse aus Projektträgerschaften                                                                                            | 87.732         | 80.952         |
| Erlöse aus Infrastrukturleistungen und Materialverkauf                                                                      | 9.202          | 8.881          |
| Erlöse aus dem Abgang von Gegenständen des Anlagevermögens                                                                  | 602            | 292            |
| Erhöhung oder Verminderung des Bestandes an unfertigen Erzeugnissen und Leistungen<br>(davon EU 4.042 T €, VJ: - 5.171 T €) | 3.942          | -3.115         |
| Andere aktivierte Eigenleistungen                                                                                           | 937            | 921            |
| Sonstige betriebliche Erträge                                                                                               | 483.310        | 278.470        |
| Sonstige Zinsen und ähnliche Erträge                                                                                        | 13             | 266.068        |
| <b>Zuweisungen zu den Sonderposten für Zuschüsse</b>                                                                        | <b>-84.325</b> | <b>-58.169</b> |
| <b>Weitergegebene Zuschüsse</b>                                                                                             | <b>-51.637</b> | <b>-46.998</b> |
| <b>Zur Aufwandsdeckung zur Verfügung stehende Zuschusserträge,<br/>Erlöse und andere Erträge</b>                            | <b>543.633</b> | <b>705.609</b> |
| <b>Personalaufwand</b>                                                                                                      | <b>327.891</b> | <b>313.053</b> |
| <b>Sachaufwand</b>                                                                                                          | <b>53.789</b>  | <b>57.414</b>  |
| Materialaufwand                                                                                                             | 26.758         | 31.561         |
| Aufwendungen für Energie-, Wasserbezug                                                                                      | 21.859         | 20.218         |
| Aufwendungen für fremde Forschung und Entwicklung                                                                           | 5.172          | 5.635          |
| <b>Sonstige betriebliche Aufwendungen</b>                                                                                   | <b>128.234</b> | <b>331.439</b> |
| <b>Sonstige Zinsen und ähnliche Aufwendungen</b>                                                                            | <b>30.761</b>  | <b>1.767</b>   |
| <b>Steuern vom Einkommen und Ertrag</b>                                                                                     | <b>2.958</b>   | <b>1.936</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                                                                                           | 61.420         | 61.295         |
| Erträge aus der Auflösung des Sonderpostens für Zuschüsse                                                                   | -61.420        | -61.295        |
| <b>Gesamtaufwand</b>                                                                                                        | <b>543.633</b> | <b>705.609</b> |
| <b>Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit/Jahresergebnis</b>                                                          | <b>0</b>       | <b>0</b>       |

## Erlöse

in Tausend Euro, 2015

| Bereich                               | Struktur der Materie | Erde und Umwelt | Energie       | Schlüssel-technologien | Summe Forschungsbereiche | sonstige Erlöse | Gesamt         |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------|---------------|------------------------|--------------------------|-----------------|----------------|
| EU-Förderung                          | 548                  | 471             | 5.384         | 7.395                  | 13.798                   | 2.678           | 16.476         |
| Nationale Projektförderung (ohne DFG) | 20                   | 4.331           | 16.977        | 27.067                 | 48.395                   | 19.947          | 68.342         |
| davon weitergegebene Zuschüsse        | 6                    | 18              | 1.712         | 6.828                  | 8.564                    | 20.051          | 28.615         |
| DFG-Förderung                         | 13                   | 481             | 838           | 2.526                  | 3.858                    | 16              | 3.874          |
| <b>Teilsumme Projektförderung</b>     | <b>581</b>           | <b>5.283</b>    | <b>23.199</b> | <b>36.988</b>          | <b>66.051</b>            | <b>22.641</b>   | <b>88.692</b>  |
| Aufträge Ausland                      | 86                   | 38              | 1.535         | 375                    | 2.034                    | 668             | 2.702          |
| Aufträge Inland                       | 3.908                | 812             | 2.990         | 2.601                  | 10.311                   | 49.008          | 59.319         |
| Projektträgerschaften                 |                      |                 |               |                        |                          | 87.732          | 87.732         |
| <b>Zwischensumme Drittmittel</b>      | <b>4.575</b>         | <b>6.133</b>    | <b>27.724</b> | <b>39.964</b>          | <b>78.396</b>            | <b>160.049</b>  | <b>238.445</b> |
| Institutionelle Förderung             |                      |                 |               |                        |                          |                 | 377.277        |
| davon Rückbauprojekte                 |                      |                 |               |                        |                          |                 | 33.847         |
| <b>Summe</b>                          |                      |                 |               |                        |                          |                 | <b>615.722</b> |

### Hinweis

Die Aufgliederung der Drittmittel erfolgt nach Fördermittel- bzw. nach Auftraggebern. Hierbei sind neben den in der GuV ausgewiesenen Erträgen sowohl aus Zuschüssen von der EU als auch bei dem „Auftragsgeschäft Bewertungen von unfertigen Leistungen“ berücksichtigt. Die Zusammensetzung der nationalen Projektförderungen ist in der Tabelle „Nationale Projektförderungen ohne DFG“ aufgeführt.

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

## Nationale Projektförderung

ohne DFG, in Tausend Euro, 2015

| <b>Gesamt</b>                                                              | <b>68.342</b> |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------|
| durch Bund                                                                 | 45.204        |
| durch Land                                                                 | 9.242         |
| durch sonstige (inländische) Stellen                                       | 13.896        |
| <b>davon</b>                                                               |               |
| weitergegebene Zuschüsse                                                   | 28.615        |
| um weitergegebene Zuschüsse bereinigte nationale Projektförderung ohne DFG | 39.727        |

## Koordinierte Förderprogramme der DFG

2015

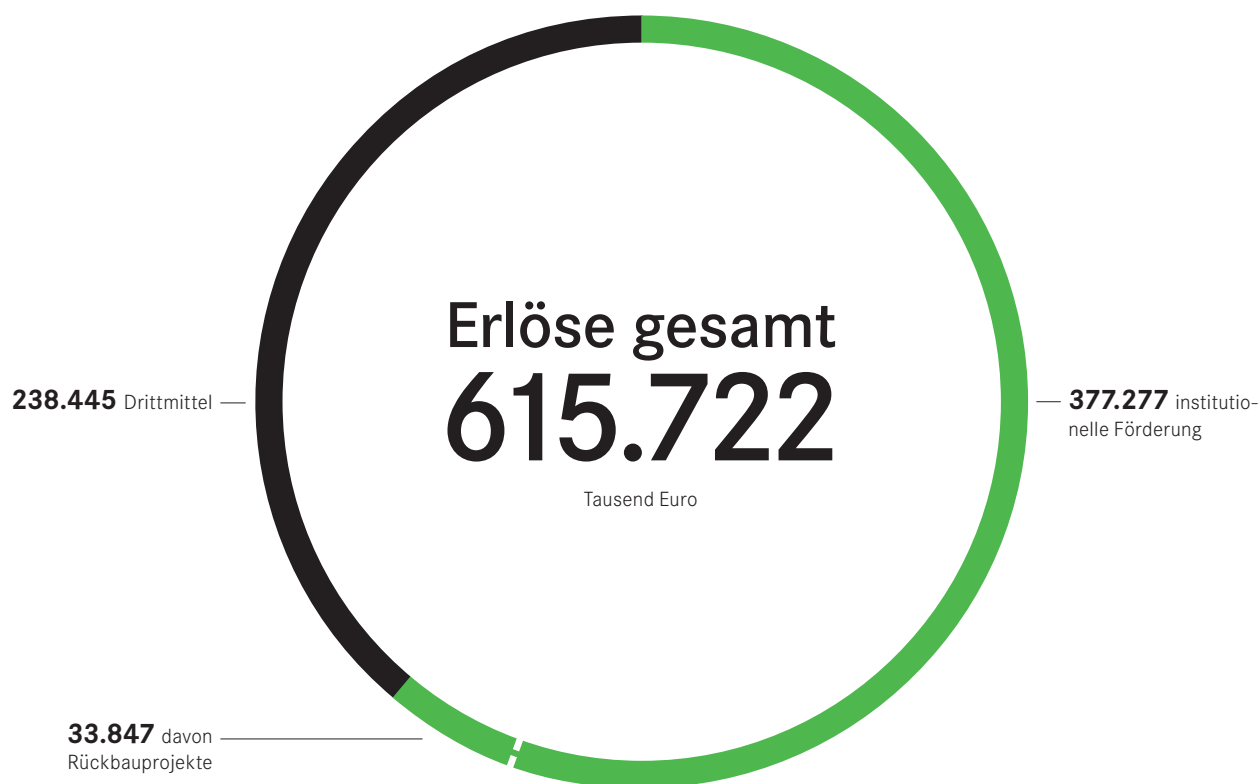
| Projekte                              | Anzahl    |
|---------------------------------------|-----------|
| <b>Gesamt</b>                         | <b>42</b> |
| davon Sonderforschungsbereiche        | 18        |
| davon DFG-Schwerpunkte                | 18        |
| davon Graduiertenkollegs und Sonstige | 6         |

**Erlöse 2015**

In 2015 erwirtschaftete das Forschungszentrum Jülich 238,4 Millionen Euro Drittmittel. 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 2015 von Bund und Land institutionelle Förde-

rung in Höhe von 377,3 Millionen Euro zur Aufwandsdeckung (d. h. für den laufenden Betrieb) und zur Finanzierung des Anlagevermögens (d. h. für Investitionen) erhalten. Darin sind 33,8 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 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/aufsichtsrat](http://www.fz-juelich.de/aufsichtsrat)

## 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/vorstand](http://www.fz-juelich.de/vorstand)

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

**Prof. Dr. Hans Ströher**

Vorsitzender  
Institut für Kernphysik

**Prof. Dr. Astrid Kiendler-Scharr**

Stellvertretende Vorsitzende  
Institut für Energie- und Klimaforschung

**Prof. Dr. Markus Büscher**

Stellvertretender Vorsitzender  
Peter Grünberg Institut

→ [www.fz-juelich.de/wt-rat](http://www.fz-juelich.de/wt-rat)

## Wissenschaftlicher Beirat

**Dr. Heike Riel**

Vorsitzende  
IBM, Schweiz

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

Donald Danforth Plant Science Center,  
USA

**Prof. Dr. Thomas Roser**

Brookhaven National Laboratory, USA

**Prof. Barbara Chapman**

University of Houston, USA

**Prof. Dr. Karen Maex**

University of Amsterdam, Niederlande

**Prof. Dr. Elke Scheer**

Universität Konstanz, Deutschland

**Dr. Frank-Detlef Drake**

RWE AG, Deutschland

**Dr. Peter Nagler**

Evonik AG, Deutschland

**Prof. Dr. Horst Simon**

Lawrence Berkeley National Laboratory,  
USA

**Prof. Dr. Wolfgang Knoll**

AIT, Österreich

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

ANR, Frankreich

**Prof. Dr. Metin Tolan**

TU Dortmund, Deutschland

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

<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

### Internationale Beziehungen

I. Wetcke (komm.)

### Vorstandsbüro

I. Wetcke

### Zukunftscampus

Dr. P. Buraue

### Vorstand

Wissenschaftlicher 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. U. Habel, Prof. K. Konrad,  
Prof. B. Neumaier, Prof. F. Schneider, Prof. J. B. Schultz,  
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. H. Bluhm, Prof. S. Blügel, Prof. Th. Brückel, Prof. D. DiVincenzo,  
Prof. R. E. Dunin-Borkowski, Prof. D. A. Grützmacher, Prof. T. Noll, Prof.  
A. Offenhäusser, Prof. C. M. Schneider, Prof. S. Tautz, Prof. R. Waser,  
Prof. M. Wuttig

### IT-Services

F. Bläsen

Stand: Mai 2016

**Wissenschaftlicher Beirat**

Vorsitzende Dr. H. Riel

**Wissenschaftlich-Technischer Rat**

Vorsitzender Prof. H. Ströher

**Vorstand**Wissenschaftlicher Geschäftsbereich II  
Prof. H. Bolt (Mitglied des Vorstands)**Vorstand**Infrastruktur  
K. Beneke (Stellvertr. Vorstandsvorsitzender)**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. M. Watt, Prof. W. Wiechert**Personal**

Dr. M. Ertinger

**Finanzen und Controlling**

R. Kellermann

**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. K.-J. Mayrhofer, N.N., Prof. U. Rau, Prof. M. Riese, Prof. U. Samm,  
Prof. L. Singheiser, Prof. D. Stolten, Prof. A. Wahner,  
Prof. P. Wasserscheid, Prof. M. Winter**Einkauf und Materialwirtschaft**

J. Sondermann

**Recht und Patente**

Ch. Naumann

**Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik**

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

**Organisation und Planung**

A. Emondts

**Drittmittel und  
Technologie-Transfer**

Dr. T. Voß

**Zentralbibliothek**

Dr. B. Mittermaier

**Technischer Bereich**

Dr. G. Damm

**Sicherheit und Strahlenschutz**

B. Heuel-Fabianek

**Gebäude- und  
Liegenchaftsmanagement**

M. Franken

**Planen und Bauen**

J. Kuchenbecker

**Projektträgerschaften****Projektträger Jülich**

Dr. Ch. Stienen

**Projektträger 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)



Social-Media-Kommunikation des Forschungszentrums:  
[www.fz-juelich.de/social-media](http://www.fz-juelich.de/social-media)

Im Social Media Newsroom der Helmholtz-Gemeinschaft:  
<http://social.helmholtz.de>

Jülich Blogs:  
<https://blogs.fz-juelich.de>

## Impressum

**Herausgeber** Forschungszentrum Jülich GmbH **Redaktion** Dr. Wiebke Rögener, Annette Stettien, Dr. Anne Rother (v.i.S.d.P.)  
**Autoren** Dr. Frank Frick, Katja Lüers, Dr. Wiebke Rögener, Annette Stettien, Ilse Trautwein, Brigitte Stahl-Busse **Grafik und Layout** SeitenPlan GmbH Corporate Publishing **Herstellung** Schloemer Gruppe GmbH **Fotos** Forschungszentrum Jülich (Titel, 4, 8-13, 14 r., 15, 16 m.u., r., 17 l., m., 18 m.r., 19 m., r., 20 r., 21, 28, 31, 33, 34, 35, 38, 39, 41, 42, 44, 45, 50, 51 r., 53, 55, 57, 60 o., 61, 64 l., 66, 71, 75, 76, 79, 81, 82, 83 87, 89, 97 l.); Forschungszentrum Jülich/Amunts, Zilles, Axer et al. (17 r.); Forschungszentrum Jülich/Sebastian Bludau, Katrin Amunts (Gehirn); Forschungszentrum Jülich/M. Bocola; Forschungszentrum Jülich/Udo Eßer (77); RWTH Aachen (20 m.u.); Forschungszentrum Jülich/Christian Ehlers (68); Forschungszentrum Jülich/Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (18 l., 51 l.); Forschungszentrum Jülich/IBS Grenoble (14 l.); Forschungszentrum Jülich/Isabell Krisch (25 o.); Forschungszentrum Jülich/Sascha Krelau (23, 24, 37, 49, 55, 69, 73, 78); Forschungszentrum Jülich/Simone Maurer (47); Forschungszentrum Jülich/Pössinger (30); Forschungszentrum Jülich/W. Schweika (64 r.); Görgen/RWE Power (60 u.); Nils Günther-Alavanja (95); HPSC Terrsys/CC BY-NC-ND 4.0 (26); JARA (63); Andrew Koturanov/Shutterstock (65 o.); Marte Lundby Rekaa (48); Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (67 r.); Migunov, V. et al. Sci. Rep. 5, 14516, 2015 (CC BY 4.0) (40); MIWF/Rainer Hotz (65 r.); nicole1991/Shutterstock (16 l.); © Nobel Media AB, photo: Hans Mehlin (13 l. o.); Photographee.eu/Shutterstock (Hintergrund) (43); Radboud-Universität Nijmegen (20 l.); PictureStudio/Shutterstock (72); Paul Schanda/CEA (67 l.); testing/Shutterstock (19 l.); SeitenPlan GmbH (2-3, 22, 27, 32, 35, 38, 41, 44, 49 u., 56, 57 u., 69, 88, 96); StädteRegion Aachen (90); Laila Tkotz, KIT (20 o. m.); TonyV3112/Shutterstock (25 u.); UAHW, Rep. 40/Vl, Nr. 2 (97 r.); Peter Winandy/RWTH Aachen (16 m.o., 29)

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 2016



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.



# Impressionen aus 60 Jahren Forschung

Das Forschungszentrum feiert seinen 60. Geburtstag – ein Anlass, auf die vergangenen Jahrzehnte mit ihren Entwicklungen zurückzublicken. Besuchen Sie unsere Online-Ausstellung:

➔ [historie.fz-juelich.de/60jahre/DE/Home/home\\_node.html](https://historie.fz-juelich.de/60jahre/DE/Home/home_node.html)



Titel  
**1958**

Die Grundsteinlegung durch NRW-Ministerpräsident Fritz Steinhoff für den Forschungsreaktor MERLIN, die auch als Grundsteinlegung für die ganze Anlage gilt.



Seite 21 | Forschung  
**1964**

Apparatur und Operateur für ein Experiment in der Chemie.



Seite 53 | Kooperation  
**1972**

Erster offizieller Besuch aus der Volksrepublik China: Der Ingenieurwissenschaftler Prof. Zhang Wei von der Tsinghua-Universität Peking ist zu Gast in Jülich.



Seite 71 | Menschen  
**1987**

Der Meeresbiologe Prof. Gotthilf Hempel bei einem Vortrag. Er war Mitglied des Wissenschaftsrates und engagierte sich stark für den Aufbau der Meereswissenschaften in Entwicklungsländern.



Seite 87 | Campus  
**1960**

Der Forschungsreaktor DIDO wird errichtet. Im Hintergrund ist MERLIN zu sehen, ebenfalls noch im Bau. Die Reaktoren leisten ab 1962 Wegweisendes für die Materialforschung und physikalische Grundlagenforschung.

Mitglied der:



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