

Jahresbericht 2016





Das Forschungszentrum Jülich
auf einen Blick



Inhalt

- U2** Daten und Fakten
- 02** Highlights
- 04** Vorstand
- 05** Vorwort
- 06** Hoher Besuch auf dem Campus
- 08** Chronik

Forschung

INFORMATION

- 16 Strukturbiochemie** Start-ups für die Alzheimer-Forschung
- 22 Materialforschung** Wirbel(n) für die IT von morgen
- 24 Computersimulation** Damit Inklusion auch in Notfällen gelingt
- 26 Computersimulation** Flexible Blutkörperchen
- 28 Quantenphysik** Aufbruch in die Hundert-Qubit-Ära

ENERGIE

- 30 Photovoltaik** Künstliche Photosynthese ganz groß
- 32 Batterieforschung** Alternative Batterien holen Luft
- 34 Umweltforschung** Wo Gewässer belastet sind
- 36 Klimaforschung** Nitratradikale produzieren Feinstaub

BIOÖKONOMIE

- 38 Biotechnologie** Bakterien erzeugen pflanzliche Wirkstoffe

INFRASTRUKTUR

- 40 Community Codes** Tragfähiges Netzwerk
- 42** Forschung in Kürze
- 44** Publikationen

Kooperation

- 46** Mit Struktur, Verstand und Hingabe
- 50** Internationale Kooperationen (EU)
- 51** Nationale Kooperationen
- 52** Industriekooperationen
- 53** JARA – Gemeinsam die Zukunft gestalten
- 56** Kooperationen in Kürze
- 60** Forschung für die Praxis
- 62** Patente und Lizenzen

Menschen

- 64** Lösungen für die Zukunft
- 66** Den Nachwuchs fördern
- 74** Personal
- 76** Preise und Auszeichnungen
- 78** Rufe und Berufungen

Campus

- 80** Tag der Neugier
- 82** Strategieprozess schreitet voran
- 84** Zukunftscampus Jülich
- 85** Exzellente Plattformen
- 88** Außenstellen
- 92** Finanzen
- 96** Organe und Gremien
- 98** Organigramm
- 100** Kontakt/Impressum
- U3** Faszinierende Einblicke

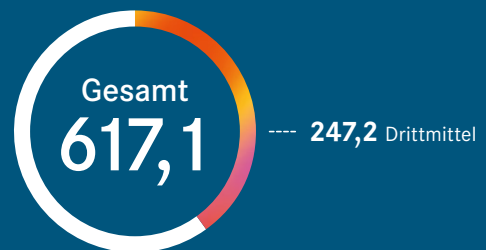
Highlights 2016

Das Forschungszentrum Jülich fokussiert 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.



1,46
Milliarden Fördermittel
Umsatz beim Projektträger Jülich in Euro

Erlöse
in Millionen Euro



Gemeinsame Berufungen
mit Hochschulen



18

Beteiligungen an
Graduiertenschulen/-kollegs
zur Doktorandenqualifizierung



82

neue Patentanmeldungen



40

davon europäische/internationale

Frauenanteil
in Prozent



37,1
bei den
Beschäftigten

30,5
bei den Nachwuchs-
wissenschaftlern

Beschäftigte

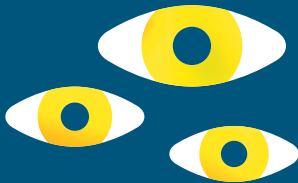


2.114 Wissenschaftler
inkl. Personen in
wissenschaftlicher
Ausbildung

3.754 Andere

16.000

Besucher beim Tag
der Neugier

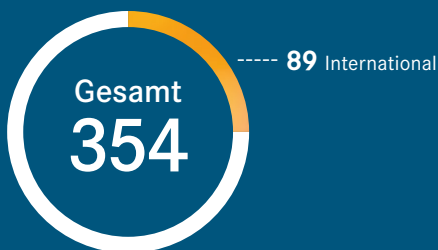


4.342

Besucher bei Veranstaltungen
des Schülerlabors JuLab



Industriekooperationen



4

neue JARA-
Institute



65

EU-Projekte aus dem Rahmenprogramm
für Forschung und Innovation



49

koordinierte
Förderprogramme der DFG

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

Selb geachte Damm und Heven,

das Jahr 2016 stand im Forschungszentrum ganz im Zeichen der Entwicklung unseres Strategiekonzepts. Die Vielfalt der Jülicher Forschungsthemen haben wir immer als Chance gesehen. Doch gilt es auch, die verschiedenen Bereiche nicht nebeneinander stehen zu lassen, sondern sie so zu verschränken, dass sie einander ergänzen und stärken. Dafür konzentrieren wir uns auf Aktivitäten, die sich gemeinsam weiterentwickeln können, und setzen Schwerpunkte in zwei Bereichen: zum einen Energie – im Zentrum stehen hier die erneuerbaren Energien, verbunden mit Fragen der Wandlung, Speicherung und Wechselwirkungen des Energiesystems mit Atmosphäre und Klima – sowie zum anderen Information – mit dem Höchstleistungsrechnen, den Simulations- und Datenwissenschaften, dem Quantencomputing und der Kopplung mit den Neurowissenschaften. Ein wichtiger Bereich, der sich in Jülich derzeit ebenfalls weiterentwickelt, ist die Bioökonomie, also die Erforschung neuer Wertschöpfungsketten auf der Basis von pflanzlichen Rohstoffen.

Gute Wissenschaft lässt sich nur mit herausragenden Köpfen realisieren. Davon haben wir auf dem Forschungscampus eine große Zahl. Zum Beispiel die Jülicher Neurowissenschaftlerin Prof. Dr. Katrin Amunts, die im „Human Brain Project“ als wissenschaftliche Leiterin dieses europäischen Großprojekts eine bedeutende Rolle spielt. Dabei geht es darum, das menschliche Gehirn durch Datenanalyse und Simulation mithilfe neuartiger Informationsinfrastrukturen zu verstehen. Daraus können neue Diagnosen und Therapien entstehen; dieses Wissen über die menschliche Schaltzentrale kann aber auch als Vorbild für neue leistungsfähige Computer dienen (→ S. 46: „Mit Struktur, Verstand und Hingabe“).

Konsequenterweise führt innovative Wissenschaft mit herausragenden Köpfen auch zu Anwendungen, die der Gesellschaft nutzen. Daher unterstützen wir unsere Forscherinnen und Forscher bei Unternehmensgründungen, damit sie ihre Erkenntnisse in die Praxis umsetzen können. Ein Beispiel ist hier die Alzheimer-Forschung unter Leitung von Prof. Dieter Willbold, Direktor des Jülicher Institute of Complex Systems und des Instituts für Physikalische Biologie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Gleich drei Gründungsvorhaben gingen 2016 aus diesem Institutsbereich an den Start (→ S. 16: „Start-ups für die Alzheimer-Forschung“). Großes Interesse an diesen Forschungsvorhaben zeigte auch Bundespräsident Joachim Gauck bei seinem Besuch im Forschungszentrum im September 2016.

Wir blicken auf ein Jahr zurück, in dem wir bei der Neubestimmung unserer Aufgaben ein gutes Stück vorgekommen sind – ohne dass dieser Prozess schon abgeschlossen wäre. Eine fortwährende Aufgabe bleibt auch die Kommunikation unserer Arbeit in der Öffentlichkeit. In einer Zeit, die manchmal als „postfaktisch“ beschrieben wird, müssen wir einerseits deutlich machen, welche Erkenntnisse und Leistungen die Wissenschaft für die Gesellschaft erbringt – etwa in der Klimaforschung –, und andererseits auch Grenzen und Unsicherheiten offenlegen. Es gilt, jederzeit deutlich zu machen, was wir wissen und was nicht. Und welche Schritte wir gehen möchten, um den Bereich gesicherten Wissens und gesellschaftlich nutzbarer Erkenntnisse stetig zu erweitern.

W. Clever



Bundespräsident Joachim Gauck
bei seiner Ankunft am Jülich
Supercomputing Centre.



Hoher Besuch auf dem Campus

Am 1. September 2016 besuchte Bundespräsident Joachim Gauck das Forschungszentrum. Während seines etwa zweistündigen Aufenthalts auf dem Campus informierte er sich bei Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern über Jülicher Arbeiten zu Hirnforschung und Supercomputing, über die Alzheimer-Forschung und die Nachwuchsförderung. Abschließend besichtigte er auch das Schülerlabor JuLab.



Brille auf: Prof. Dieter Willbold (r.) demonstriert das interaktive 3D-Modell einer alzheimertypischen Eiweißaggregation und die Entschlüsselung einer Proteinprobe.





Ich habe einen ganz großen Respekt vor diesem Standort gewonnen.

Bundespräsident Joachim Gauck

Prof. Katrin Amunts gibt an einem hochauflösenden Bildschirm einen mikrometergenauen Einblick in die Netzwerke im menschlichen Gehirn, die Grundlage für unser Denken und Handeln sind.



Im Schülerlabor JuLab ließ sich Bundespräsident Gauck den sogenannten Keltischen Wackelstein zeigen, der sich nur in eine Richtung drehen kann. Von den Kelten soll er als Orakel genutzt worden sein. Gaucks Lebensgefährtin Daniela Schadt erhielt eine Miniatur-Kopie des Steins zum Geschenk.



Im JuLab können Schülerinnen und Schüler unter fachkundiger Anleitung experimentieren.

Chronik

1. April 2016

JARA-Institute gegründet



„Die heutige Gründung der JARA-Institute hebt die Zusammenarbeit zwischen dem Forschungszentrum Jülich und der RWTH Aachen auf eine neue Stufe“, sagt Thomas Rachel, Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesforschungsministerium. Die Jülich Aachen Research Alliance (JARA) existiert seit 2007 und steht für einen einzigartigen Weg, das Nebeneinander von universitärer und außeruniversitärer Forschung und Lehre zu überwinden. Forschungsschwerpunkte der vier neuen Institute sind das Gehirn und neue Informationstechnologien. ➔ S. 53: „JARA – Gemeinsam die Zukunft gestalten“

15. April 2016

Zeugen der Erdgeschichte

Wissenschaftler des Ernst Ruska-Centrums in Jülich können mit einem speziellen hochauflösenden Elektronenmikroskop nanometerkleine magnetische Felder holografisch sichtbar machen. Zusammen mit britischen Forschern berichten sie, dass magnetische Nanowirbel in Magnetit – einem Eisenoxid – äußerst robust gegenüber Temperaturschwankungen sind. Damit liefern die Strukturen in Magnetit-Mineralien ein zuverlässiges Abbild des Erdmagnetfeldes zum Zeitpunkt ihrer Entstehung.

15. April 2016

Langzeit-Studie zu Tschernobyl

Genau 30 Jahre nach dem Reaktorunfall veröffentlichen Jülicher Strahlenschutzexperten eine Studie zur Strahlenbelastung in der weißrussischen Region Korma, die rund 200 Kilometer nordöstlich von Tschernobyl liegt. Die Studie ergab, dass dort die Strahlenbelastung der Menschen zwischen 1998 und 2015 zurückging und heute nicht mehr außergewöhnlich ist.

25. April 2016

Moleküle und Magnetismus

In „Nature Physics“ berichten Forscher aus Jülich, Dortmund und Münster über ihre Untersuchungen an molekularen Magneten. Diese könnten in der Informationstechnik der Zukunft als Computerbits dienen. Die Forscher entdeckten „in der komplexen Welt der Spin-Phänomene eine neue Art von Verhalten“, so der Jülicher Physiker Prof. Stefan Tautz. Der Spin ist diejenige Eigenschaft von Elektronen, die für Magnetismus verantwortlich ist.

26. April 2016

Lithium-Luft-Batterie

Jülicher und Münchner Forscher finden den Grund, warum Lithium-Luft-Akkus bislang nur wenige Ladezyklen durchhalten: Während des Akkubetriebs entsteht eine besonders reaktionsfreudige Form des Sauerstoffs (➔ S. 32: „Alternative Batterien holen Luft“). Die Lithium-Luft-Technologie gilt als mögliche Nachfolgerin der heutigen Lithium-Ionen-Batterien.

26. April 2016

Ansatz gegen Tuberkulose

Verschiedene Bakterienarten enthalten eine Art „Marker-Gen“. Es dient als Matrize für ein „Marker-Protein“, das ausgewählte Proteine für den schrittweisen Abbau kennzeichnet. Anschließend kann die Zelle die Aminosäure-Bausteine dieser Proteine wiederverwenden. Jülicher Forscher entdecken, dass das Marker-Gen auch für den Eisenhaushalt und damit das Wachstum des Bakteriums eine wichtige Rolle spielt. Wenn es gelingt, diesen Vorgang gezielt zu stören, könnte das etwa beim Kampf gegen Tuberkulose helfen.

1. Mai 2016

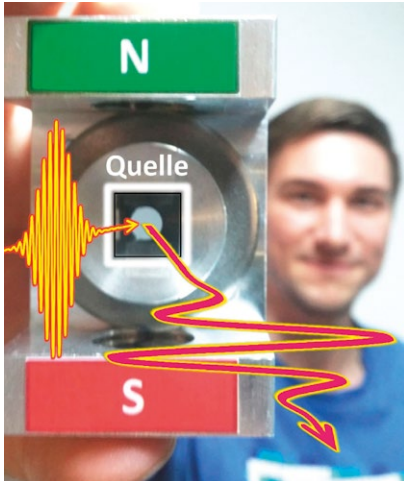
Gummi auf Eisflächen



Forscher der Technischen Universität Wien und des südkoreanischen Reifenherstellers Hankook Tire haben das Verhalten von Gummimischungen für Allwetter- und Winterreifen auf Eisoberflächen experimentell untersucht. Sie veröffentlichen ihre Ergebnisse, die nahezu perfekt mit den Prognosen der Kontaktmechanik-Theorie des Jülicher Physikers Bo Persson übereinstimmen, im Fachjournal „Tribology Letters“.

23. Mai 2016

Effiziente Terahertz-Quelle



Terahertz-Wellen finden beispielsweise in Körperscannern Verwendung, weil sie Textilien und Kunststoffe durchdringen und nicht gesundheitsschädlich sind. Gemeinsam mit internationalen Partnern präsentieren Jülicher Forscher in „Nature Photonics“ einen neuartigen und kompakten Emittor, der diese elektromagnetische Strahlung kostengünstig und energieeffizient herstellt.

1. Juni 2016

Stabilere Nanomagnete

Jülicher Forscher zeigen einen Weg auf, Nanomagnete mit geringer Nullpunktsenergie und dadurch hoher Stabilität möglich zu machen. Nanomagnete sind von großem technischen Interesse für die Speicherung von Daten, sind aber bisher nicht stabil genug. Die Nullpunktsenergie bringt die magnetischen Momente der Atome selbst bei sehr tiefen Temperaturen zum Zittern.

3. Juni 2016

Rezepte für Nanowirbel

Auf Basis von Computersimulationen stellen Wissenschaftler aus Jülich und Kiel in „Nature Communications“ Material-Rezepte vor, mit denen sich magnetische Nanowirbel erzeugen lassen sollen, die auch bei Raumtemperatur stabil sind. Solche Nanowirbel sind Kandidaten für die Datenspeicherung der Zukunft.

➔ S. 22: „Wirbel(n) für die IT von morgen“

5. Juni 2016

Andrang am Tag der Neugier

Fast 16.000 Menschen besuchen das Forschungszentrum am Tag der Neugier. Mitarbeiter präsentieren ihnen Einblicke in ihre Arbeit und ihre Forschung. Eine Ausstellung zum 60-jährigen Geburtstag des Forschungszentrums zeigt die Geschichte vom Baubeschluss bis heute. ➔ S. 80: „Tag der Neugier“



8. Juni 2016

Wertvolles aus Abwasser



In Biofilmen eines Abwasserrohrs haben Biologen aus Jülich und Düsseldorf Bakterien entdeckt, die bislang unbekannte Enzyme und Bio-Tenside herstellen. Die gefundenen Biomoleküle bauen Fette und Eiweiße ab. Sie können aber auch Membranen auflösen und damit antibiotische Wirkung entfalten.

8. Juni 2016

Bakterien produzieren Pflanzenstoffe

Jülicher Wissenschaftler berichten über einen neuen Bakterienstamm, den sie entwickelt haben. Dieser kann aus Zucker chemische Substanzen herstellen, die Kandidaten für Nahrungsergänzungs- und Arzneimittel sind. Bislang wurden sie nur in kleinsten Mengen von Pflanzen gebildet. ➔ S. 38: „Bakterien erzeugen pflanzliche Wirkstoffe“

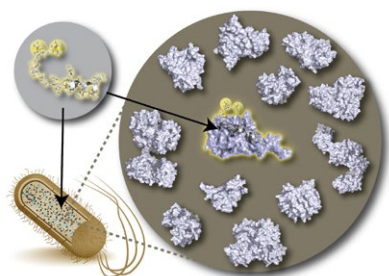
20. Juni 2016

Natrium- Ionen-Batterie

Eine sichere und preiswerte Alternative zur heutigen Lithium-Ionen-Batterie könnte die Natrium-Ionen-Technologie werden, bei der Festkörperelektrolyte zum Einsatz kommen. Jülicher Wissenschaftler stellen ein neues keramisches Material für Festkörperelektrolyte vor, dessen Natrium-Ionen-Leitfähigkeit alle bisher publizierten Werte übertrifft. Das Herstellungsverfahren für das Material ist industriegeeignet.

28. Juni 2016

Lebensnahe Einblicke

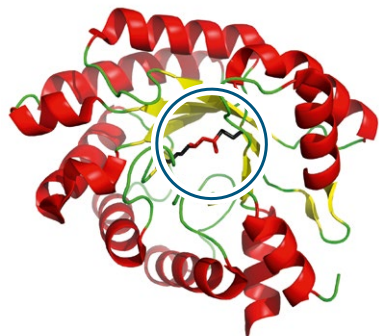


Ein internationales Forscherteam berichtet in der „Angewandten Chemie“ über seine Methode, die Strukturen und Wechselbeziehungen von Proteinen unter wesentlich natürlicheren Bedingungen als bisher sichtbar zu machen. Die Forscher nutzen bei der Methode ein neuartiges NMR-Spektrometer des Biomolekularen NMR-Zentrums auf dem Campus des Forschungszentrums Jülich.

7. Juli 2016

Enzym-Bremse ausgeschaltet

Das Enzym DERA, das natürlicherweise in Zellen vorkommt, beschleunigt Reaktionen, bei denen aus Acetaldehyd begehrte Grundstoffe für Medikamente entstehen. Jülicher und Düsseldorfer Forscher entdecken einen im Enzym eingebauten Blockade-Mechanismus, durch den DERA nur bei niedrigen Acetaldehyd-Konzentrationen arbeitet. Dieser Mechanismus lässt sich durch den Austausch einer einzigen Aminosäure im Enzym ausschalten.



30. Juli 2016

Neues zu Nitratradikalen

Nitratradikale in der Luft reinigen nachts die Atmosphäre. Gemeinsam mit Kollegen aus 20 internationalen Forschungseinrichtungen berichten Jülicher Wissenschaftler, dass dies wahrscheinlich ungeahnte Nebenwirkungen zur Folge hat: Die Reaktion der Nitratradikale mit Kohlenwasserstoffen führt dazu, dass sich verstärkt Partikel in der bodennahen Atmosphäre bilden. ➔ S. 36: „Nitratradikale produzieren Feinstaub“

19. August 2016

Einblick in Schaltprozess

ReRAM-Speicher, in denen Daten auch nach dem Ausschalten des Stroms erhalten bleiben, werden wahrscheinlich in den kommenden Jahren die Computertechnik erobern. Denn sie sind noch schneller als Flash-Speicher und verbrauchen weniger Energie. Was in ReRAM-Speichern im Detail beim Schalten vorgeht, zeigt eine neue Methode, die Forscher aus Jülich, Aachen und den USA entwickelt haben.

23. August 2016

Material für Spin-Transistor

Spin-basierte Transistoren könnten künftig einmal konventionelle Transistoren ersetzen, denn sie benötigen deutlich weniger Energie. Die industrielle Umsetzung scheiterte bislang am Fehlen eines geeigneten Materials. Die Jülicher Forscherin Zeila Zanolli berichtet über eine von ihr entdeckte Kombination aus Graphen und Bariummanganoxid, die sowohl eine präzise Spin-Ausrichtung als auch einen guten Spin-Transport ermöglicht.

26. August 2016

Effiziente Stromversorgung

Jülicher Experten haben einen aktiven Filter für das Netzgerät entwickelt, das die Dipolmagnete des Teilchenbeschleunigers COSY mit Strom versorgt. Der Filter macht diese Stromversorgung effizienter und weniger fehleranfällig. Die neue Technologie ist nicht nur für COSY bedeutsam. Sie ist überall da interessant, wo große Energiemengen als Gleichstrom transportiert werden, somit zum Beispiel für Offshore-Windparks.



30. August 2016

Proteinfaser in 3D

Ein internationales Team unter Führung von Jülicher Forschern nutzt die Kryo-Elektronenmikroskopie, die mit schockgefrorenen Proben arbeitet, um ein 3D-Modell der Filamente eines urtümlichen Einzellers im atomaren Detail zu erstellen. Die lang gestreckten Proteinfasern dieser Archaeen sind unter anderem interessant, weil sie Ähnlichkeiten zu den Fortbewegungssystemen von Bakterien aufweisen.

1. September 2016

Besuch des Bundespräsidenten



Das war „ein besonderer Tag in meiner Präsidentschaft“, sagte Bundespräsident Joachim Gauck nach seinem rund zweistündigen Aufenthalt im Forschungszentrum. ➔ S. 6: „Hoher Besuch auf dem Campus“

7. September 2016

Alternative Energietechnik

Jülicher Forscher entwerfen in „Nature Communications“ das Konzept für eine komplette und kompakte Anlage, die Sonnenenergie einfangen und in Form von Wasserstoff speichern kann. Die Ausdehnung der Anlage lässt sich ohne Effizienzverlust vergrößern. ➔ S. 30: „Künstliche Photosynthese ganz groß“

19. September 2016

Simulation von Atomkernen

Wie fügen sich Neutronen und Protonen zu Atomkernen zusammen? Eine neue Computersimulation von Forschern aus Jülich, Bochum, Bonn und den USA liefert dazu ein überraschendes Ergebnis: Wurde ein einziger Parameter minimal variiert, hatte das einschneidende Auswirkungen auf den Kern-Aufbau. Unter leicht veränderten Bedingungen würde das Universum somit wohl ganz anders aussehen.

19. September 2016

Bindeprotein gegen Diabetes

Amyloid-Ablagerungen in den Langerhans-Inseln der Bauchspeicheldrüse gelten als mögliche Ursache für Diabetes mellitus Typ II. Sie bestehen hauptsächlich aus dem Peptid Amylin. Jülicher und Düsseldorfer Forscher haben mit der Kernspinresonanz-Spektroskopie atomar genau sichtbar gemacht, wie sich das speziell entwickelte Bindeprotein „Beta-Wrapin HI18“ an Amylin anlagert und so die Amyloid-Bildung hemmt.

13. Oktober 2016

Power für erneuerbare Energie

Das Großprojekt „Power-to-X“ startet. Das Vorhaben befasst sich mit der Speicherung und Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen durch Umwandlung in stoffliche Energieträger und Chemieprodukte. Jülich ist einer der drei Koordinatoren. Bundesforschungsministerin Prof. Johanna Wanka spricht zum Auftakt im Forschungszentrum zu Gästen aus Industrie, Wissenschaft und Politik.



14. Oktober 2016

Medikamente im Fluss



30 Prozent aller Fließgewässer in Niedersachsen sind durch Arzneimittel belastet. Das ist das Ergebnis einer Studie, die der Jülicher Agrosphärenforscher Dr. Björn Tetzlaff im niedersächsischen Umweltministerium vorstellt. Die Rückstände gelangen über die Abwässer von Kläranlagen in die Flüsse. ➔ S. 34: „Wo Gewässer belastet sind“

17. Oktober 2016

Einblick in Biomembranen

Lipidmembranen sind ein wichtiger Bestandteil tierischer und pflanzlicher Zellen. Alexandros Koutsoumpas vom Jülich Centre for Neutron Science stellt eine Methode vor, mit der sich die Struktur von Modellsystemen solcher Membranen besonders gut bestimmen lässt. Sie kombiniert die Neutronenreflektometrie mit Simulationen und zeigt einen Weg für die Untersuchung von komplex aufgebauten natürlichen Membranen.

21. Oktober 2016

Partnerschaft mit Peking

Die Universität Peking und das Forschungszentrum Jülich bauen ihre strategische Partnerschaft aus: Sie weihen in Peking das International Joint Research Center for Atmospheric Research ein. Hier werden die Bildungsmechanismen von Luftschadstoffen in Chinas Großstädten und die möglichen Folgen für den globalen Klimawandel erforscht.



26. Oktober 2016

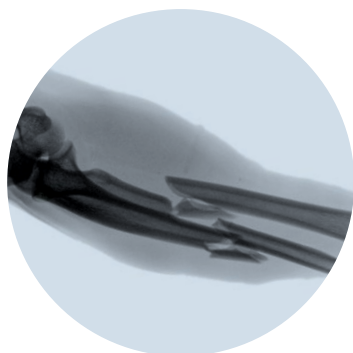
Pflanzen wachsen drinnen anders

Pflanzen aus dem Gewächshaus entwickeln sich oft anders als die gleichen Pflanzen auf dem freien Feld. So haben sie etwa in der Regel dünnere Blätter. Welche Faktoren die Entwicklung beeinflussen und wie sie das tun, haben Pflanzenforscher aus Jülich, Oldenburg und Wageningen, Niederlande, in einem Übersichtsartikel zusammengefasst.



28. Oktober 2016

Verbesserte Knochenheilung



Forscher aus Geesthacht, Jülich und Aachen stellen eine Studie vor, in der sie mit modernen Bildgebungsverfahren Ratten nach Implantation des künstlichen Knochenersatzmaterials ArcGel untersuchen. Resultat: Das neue Biomaterial bewirkt eine Knochenheilung, die mit körpereigenem Knochenmaterial vergleichbar und einem käuflichen Knochenersatzmaterial deutlich überlegen ist.

2. November 2016

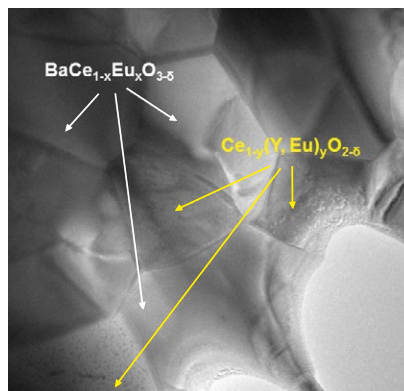
Europäische Hirnforschung

„In unserer heutigen Publikation in ‚Neuron‘ zeigen wir, auf welche Weise wir uns in den nächsten Jahren dem Ziel der Entschlüsselung des Gehirns nähern werden“, sagt die Vorsitzende des neuen „Science and Infrastructure Board“ des europäischen „Human Brain Projects“ (HBP), die Jülicher Hirnforscherin Prof. Katrin Amunts (→ S. 46: „Mit Struktur, Verstand und Hingabe“). Im September hatte das Jülich Supercomputing Centre zwei neue Pilotsysteme für einen interaktiven Superrechner in Betrieb genommen, der als ein Schlüsselement für die Hirnforschung im HBP gilt.

4. November 2016

Leistungsfähige Membranen

Jülicher Wissenschaftler entwickeln keramische Membranen, mit denen sich aus Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf reiner Wasserstoff abtrennen lässt. Dieser kann dann als sauberer Energieträger – zum Beispiel in Brennstoffzellen – verwendet werden. Wie die Forscher berichten, konnten sie die Leistungsfähigkeit dieser Membranen auf einen bisher unerreichten Wert steigern.



4. November 2016

Alzheimer-Protein verliert Funktion

Das Zusammenballen von mehreren Amyloid-beta(Aβ)-Einzelproteinen zu größeren und toxischen Aggregaten gilt als Auslöser der Alzheimer-Krankheit. Eine Publikation von Jülicher und Düsseldorf-Wissenschaftlern zeigt, dass die Aβ-Einzelmoleküle bei der Aggregation die Bindefähigkeit an einen wichtigen Bestandteil der Nervenzellmembran verlieren. (→ S. 16: „Start-ups für die Alzheimer-Forschung“)

9. November 2016

Physik des Blutflusses



Durchblutungsstörungen können durch eine veränderte Zähflüssigkeit – Viskosität – des Blutes hervorgerufen werden. Physiker aus Jülich und Montpellier, Frankreich, stellen Ergebnisse vor, die einen Zusammenhang zwischen der Viskosität des Blutes und der plastischen Formbarkeit roter Blutkörperchen nahelegen. Das widerspricht der gängigen physikalischen Vorstellung, die rote Blutkörperchen als Tropfen in einer Flüssigkeit betrachtet.

➔ S. 26: „Flexible Blutkörperchen“

16. November 2016

Neuer Ansatz gegen Erreger

Das Bakterium *Helicobacter pylori* kann Krankheiten wie Gastritis und Magenkrebs auslösen. Ein internationales Forscherteam, darunter der Jülicher Wissenschaftler Dr. Tobias Schrader, berichtet in „PNAS“, dass es mithilfe von Neutronen die Funktionsweise eines wichtigen Enzyms im Stoffwechsel des Erregers entschlüsselt hat. Das Enzym gilt als Angriffspunkt für neue Medikamente.

21. November 2016

Effiziente organische Solarzellen

Zusammen mit einem internationalen Team von Wissenschaftlern berichten Jülicher Forscher in „Nature Materials“, dass sie neuartige organische Solarzellen entwickelt haben. Die dabei verwendeten Materialien aus drei speziellen Molekülen absorbieren Licht besser und sind stabiler sowie kostengünstiger herzustellen als herkömmliche Werkstoffe.

30. November 2016

Umweltfreundlicher Notstrom

Jülicher Wissenschaftler und die Polizei NRW schließen ein gemeinsames Projekt erfolgreich ab: Ein Modul aus Direktmethanol-Brennstoffzellen in einer Digitalfunkanlage der Polizei schaffte es, in der neunmonatigen Testphase die geforderten 72 Stunden Notstrombetrieb sicherzustellen. Anders als bei den gängigen Diesel-Notstromgeneratoren gibt es keine Emissionen etwa von Stickoxid oder Feinstaub.



1. Dezember 2016

Blick in die Proteinfabrik

„Nature“ veröffentlicht die Ergebnisse von Göttinger und Jülicher Forschern zur Arbeitsweise von Ribosomen, den Proteinfabriken der Zellen. Die Wissenschaftler haben erstmals mit atomarer Genauigkeit sichtbar gemacht, wie ein Ribosom auf ein Signal hin zuverlässig die korrekte Aminosäure in Proteine einbaut.

7. Dezember 2016

Wie sich Proteine treffen

Eiweißmoleküle, die Stoffwechselprozesse gemeinsam ausführen, kommen durch die sogenannte Diffusion zusammen: Aufgrund ihrer Wärmeenergie bewegen sie sich ziellos und treffen zufällig aufeinander. Jülicher Forscher zeigen zusammen mit Kollegen aus Frankreich, Schweden und der Schweiz, dass schwache Anziehungskräfte zwischen Eiweißmolekülen die Diffusion enorm beeinflussen, wenn die Moleküle so stark konzentriert sind wie unter natürlichen Bedingungen in der Zelle.

8. Dezember 2016

Fortschritt bei Quantencomputern

Ein internationales Wissenschaftler-Team unter Jülicher Beteiligung berichtet in „Science“, dass es die Speicherdauer von supraleitenden Quantenschaltern verbessern konnte. Dass die darin aufbewahrten Daten möglichst lange erhalten bleiben, ist eine wichtige Voraussetzung dafür, dass leistungsfähige Quantencomputer verwirklicht werden können. ➔ S. 28: „Aufbruch in die Hundert-Qubit-Ära“

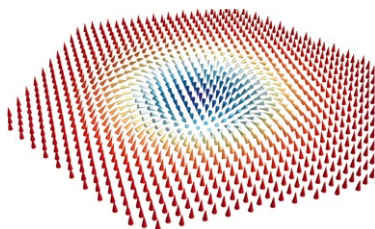
9. Dezember 2016

Einstein im Eisenkristall

Forscher aus Jülich und München machen mit der winkelauflösenden Photoemissionsspektroskopie direkt sichtbar, wie sich die Bandlücken in einem Eisenkristall aufgrund der Richtungsänderung eines Magnetfeldes ändern. Diese Lücken in den Energieniveaus der Elektronen entstehen gemäß Einsteins Relativitätstheorie, weil Elektronen, die durch den Kristall fließen, die Richtung des Magnetfeldes „spüren“.

20. Dezember 2016

Sonde für Skyrmionen



Magnetische Nanowirbel, Skyrmionen, sind aussichtsreiche Kandidaten für die Informationstechnologie von morgen. Welche Materialien geeignete Wirbel besitzen, lässt sich vor allem an der topologischen Ladung erkennen, die experimentell bislang nur mit sehr großem Aufwand zu bestimmen ist. Jülicher Physiker schlagen eine einfachere Methode vor, die Röntgenlicht nutzt und die Auswahlprüfung von Materialien beschleunigen könnte.

➔ S. 22: „Wirbel(n) für die IT von morgen“

1. Februar 2017

Optische Datenübertragung

Jülicher Physiker stellen gemeinsam mit internationalen Partnern eine Möglichkeit vor, um optische Komponenten auf einem Computerchip zu integrieren: eine Diode, die Zinn neben den Basiselementen der Chip-Produktion – Silizium und Germanium – enthält. Daher kann sie Photonen – Lichtteilchen – effizient aussenden. Besonders daran: Zinn ist mit der bestehenden Silizium-Technologie voll kompatibel.

13. Februar 2017

Verbesserte Diagnose

Um festzustellen, ob nach der Strahlentherapie von Krebspatienten Metastasen im Gehirn auftreten, nutzen Ärzte normalerweise die Magnetresonanztomografie (MRT). Wissenschaftler aus Jülich, Aachen, Köln und Bonn stellen eine Studie vor, die zeigt, dass ein zusätzlicher Einsatz der Positronenemissionstomografie (PET) und der radioaktiv markierten Aminosäure FET die Wahrscheinlichkeit einer korrekten Diagnose von 47 auf 89 Prozent erhöht hat. FET wurde in Jülich entwickelt.

13. März 2017

Kontrollierte Selbstorganisation

Jülicher Forscher berichten in „Nature Materials“ über ihr Verfahren, maßgeschneiderte Schichten aus organischen Molekülen besonders einfach und trotzdem kontrolliert wachsen zu lassen. Davon könnte künftig vor allem die organische Elektronik profitieren. Bei der Methode spielen Moleküle, die sich gegenseitig abstoßen und daher stets Abstand zum Nachbarn halten, eine Schlüsselrolle. Sie organisieren sich wie von selbst mit einer zweiten Sorte von Molekülen, die einander anziehen und als „Kleber“ in die Zwischenräume passen.

14. März 2017

Materialeigenschaften schneller messen

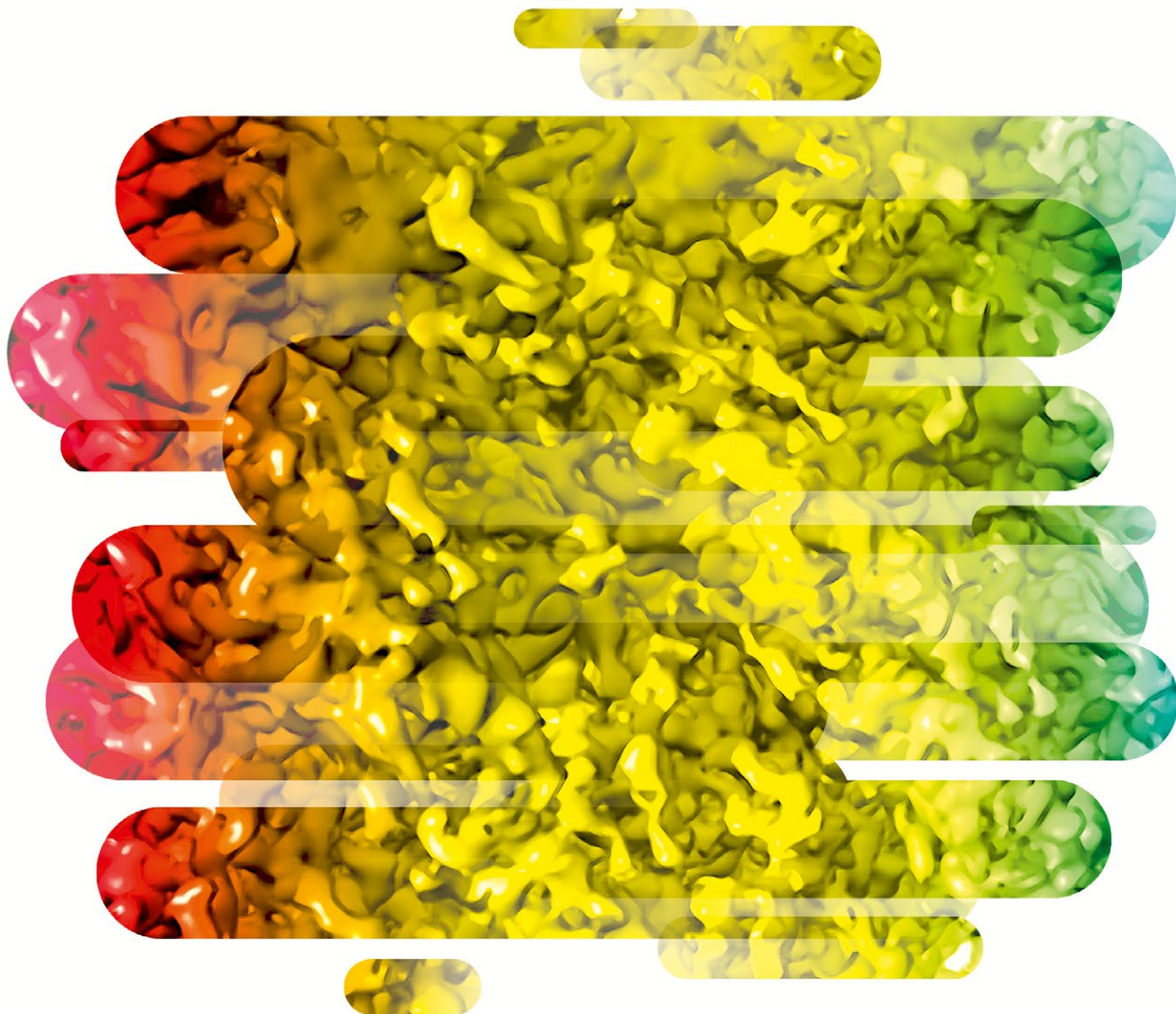
Jülicher Physiker machen die Bestimmung von Materialeigenschaften einfacher und schneller. Sie haben eine spezielle Elektronenquelle für die hochauflösende Elektronen-Energieverlust-Spektroskopie (HREELS) entwickelt, sodass sich die Dauer einer Messung von Tagen auf Minuten verkürzt.

14. März 2017

Kosten des Umstiegs

Von einem Umstieg auf Brennstoffzellenautos würden die Gesundheit von Stadtbewohnern und der Klimaschutz profitieren. Jülicher Experten machen anlässlich der Internationalen Konferenz zur Speicherung erneuerbarer Energie eine Rechnung auf: Die notwendige Wasserstoff-Infrastruktur für den deutschen Pkw-Straßenverkehr kostet demnach 61 Milliarden Euro. Verteilt auf den relevanten Zeitraum von 40 Jahren, lägen die jährlichen Ausgaben damit unter den derzeitigen jährlichen Investitionen in das deutsche Erdgasnetz.





Forschung

Seite 15 – 44

STRUKTURBIOCHEMIE

Start-ups für die Alzheimer-Forschung

Jülicher Wissenschaftler haben Verfahren für die frühe Diagnose der Alzheimer-Demenz, für die Prüfung von Wirkstoffkandidaten und für einen neuartigen Therapieansatz erarbeitet. Nun wollen sie den praktischen Einsatz von Tests und Therapien in drei geplanten Start-up-Unternehmen vorantreiben.

Wer in den Keller läuft und dann überlegen muss, was er dort eigentlich wollte, wer häufiger Brille, Schlüssel oder Portemonnaie verlegt, den beschleicht schon mal die Furcht: Sind das die ersten Anzeichen einer Alzheimer-Erkrankung? Indes, ein wenig Schusseligkeit ist normal, solche kleinen Aussetzer passieren vielen. Wenn es allerdings immer schwieriger erscheint, den Alltag zu bewältigen, und Zeitung lesen zur Herausforderung wird, weil man am Ende des Artikels vergessen hat, was am Anfang stand, kann tatsächlich eine Alzheimer-Demenz dahinterstecken. Doch eine sichere Diagnose ist auch für den Arzt schwierig, vor allem in den Frühstadien der Erkrankung. Denn einen einfachen Labortest, der Alzheimer zuverlässig von anderen Demenzerkrankungen oder harmloser Vergesslichkeit unterscheiden könnte, gibt es bislang nicht.

Seit Alois Alzheimer 1907 in seinem Aufsatz „Über eine eigenartige Erkrankung der Hirnrinde“ schilderte, dass er im Gehirn einer verstorbenen Demenz-Patientin „merkwürdige Veränderungen der Neurofibrillen“

und „Einlagerung eines eigenartigen Stoffes“ gefunden habe, sind die Hirnveränderungen bei der Alzheimer-Erkrankung immer genauer beschrieben worden. Heute weiß man, dass zwei körpereigene Proteine die Hauptrolle spielen: Ein wichtiges Kennzeichen ist die Aggregation sogenannter Tau-Proteine im Hirngewebe. „Diese Eiweißablagerungen korrelieren in ihrer Stärke gut mit dem Krankheitsverlauf“, erläutert Prof. Dieter Willbold, Direktor des Jülicher Institute of Complex Systems, Bereich Strukturbiochemie, und des Instituts für Physikalische Biologie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Je mehr Tau-Aggregate entstehen, desto mehr Nervenzellen sterben ab und desto schwerer sind die Symptome.

Komplexe Ursachen

Jedoch: „Die Tau-Aggregation alleine kann es nicht sein, die die Alzheimer-Erkrankung verursacht, denn Menschen, die aufgrund einer genetischen Veranlagung nur solche Aggregate bilden, entwickeln eine andere Form von Demenz. Sie wird Frontotemporal-Demenz genannt, da sie den Stirnlappen betrifft“, so Willbold. Charakteristisch für Alzheimer ist, dass schon vor der Tau-Aggregation Verklumpungen eines anderen körpereigenen Proteins namens Amyloid- β , kurz A β , auftreten. Zunächst sind es vermutlich kleine, lösliche Aggregate, die sogenannten A β -Oligomere – möglicherweise Vorstufen der größeren Plaques, die später im Krankheitsverlauf entstehen und sich im Hirngewebe ablagern. Willbold hält es für denkbar, dass die kleinen Amyloid- β -Aggregate auch die Verklumpung der Tau-Proteine mit anstoßen.

Die Tau-Aggregation alleine kann es nicht sein, die die Alzheimer-Erkrankung verursacht.

Prof. Dieter Willbold | Direktor am Jülicher Institute of Complex Systems



Prof. Dieter Willbold vor dem 900-MHz-NMR-Spektrometer – einem Gerät, das dazu dient, komplexe dreidimensionale Strukturen von Molekülen aufzuklären

Verlorene Funktion?

Und das ist, so scheint es, noch nicht alles: Womöglich entzieht die Bildung von A β -Oligomeren darüber hinaus dem Gehirn Moleküle, die anderweitig benötigt werden. „Bislang hat man angenommen, dass die einzelnen Amyloid-Moleküle, die A β -Monomere, die bei jedem Gesunden vorkommen, keine besondere Funktion haben, sondern einfach ein nutzloses Abfallprodukt sind“, berichtet Dieter Willbold. Neue Erkenntnisse des Forscherteams aus Jülich und Düsseldorf, die im November 2016 in der Fachzeitschrift „Biochemistry“ publiziert wurden, lassen anderes vermuten: A β -Monomere binden, so stellten die Forscher fest, an ein bestimmtes Molekül, das sogenannte GM1-Gangliosid, das ein Bestandteil der Membran von Nervenzellen ist. Das ergaben Experimente mit winzigen künstlichen Membran-Scheibchen, sogenannten Nanodiscs.

Das GM1-Gangliosid ist unter anderem ein Wachstumsfaktor für die Bildung neuer Nervenfortsätze.

Nur die einzeln vorliegenden A β -Monomere binden an das Membranmolekül. Diese spezifische Bindung der Amyloid-Monomere lässt vermuten, dass sie doch eine Rolle im Organismus spielen. Dagegen haben die zusammengeballten Oligomere diese Fähigkeit eingebüßt. „Mit der Bildung von Oligomeren könnten also Funktionen von A β verloren gehen, auch wenn wir diese bislang nicht kennen“, vermutet Dieter Willbold. Dieser Verlust trüge womöglich zur Alzheimer-Symptomatik bei. Doch der Wissenschaftler bleibt zurückhaltend: „Das ist bislang noch Spekulation“, betont er.

Früherkennung für bessere Studien

Gesichert ist indes, dass A β -Aggregate kennzeichnend für die Alzheimer-Demenz sind. Vor allem die kleineren, löslichen A β -Oligomere stehen im Visier der Forscher. Denn diese Moleküle schädigen die Nervenzellen besonders stark. Noch bevor Symptome wie Vergesslichkeit und Orientierungsprobleme auffallen, könnten sie in Blut und Nervenwasser präsent sein.

Diese Vorboten der Erkrankung so früh wie möglich aufzuspüren, ist das Ziel eines Verfahrens namens sFIDA (für engl. surface-based fluorescence intensity distribution analysis), das im Institut erdacht wurde. Für dieses Verfahren werden Antikörper, die spezifisch A β -Oligomere erkennen, an eine Glasoberfläche geheftet. Gibt man Körperflüssigkeit mit A β -Oligomeren hinzu, werden diese an der Oberfläche gefangen. Danach binden spezielle mit Fluoreszenz-Farbstoffen versehene Antikörper an die Aggregate und machen sie dadurch im Mikroskop sichtbar und damit zählbar. Mit diesen „Leuchtbojen“ lassen sich selbst winzigste Mengen der Oligomere nachweisen.

„Eine frühe Diagnostik ist für die Erprobung von Medikamenten von zentraler Bedeutung“, hebt Dieter Willbold hervor. Dass bisher kein wirksames Mittel gegen die Alzheimer-Demenz existiere, liege wahrscheinlich auch daran, dass mögliche Wirkstoffe nicht an den richtigen Patienten erprobt werden. Für klinische Studien muss die Diagnose möglichst sicher feststehen – sonst sind in der Testgruppe auch viele, die gar nicht an Alzheimer leiden – das verfälscht die Ergebnisse.

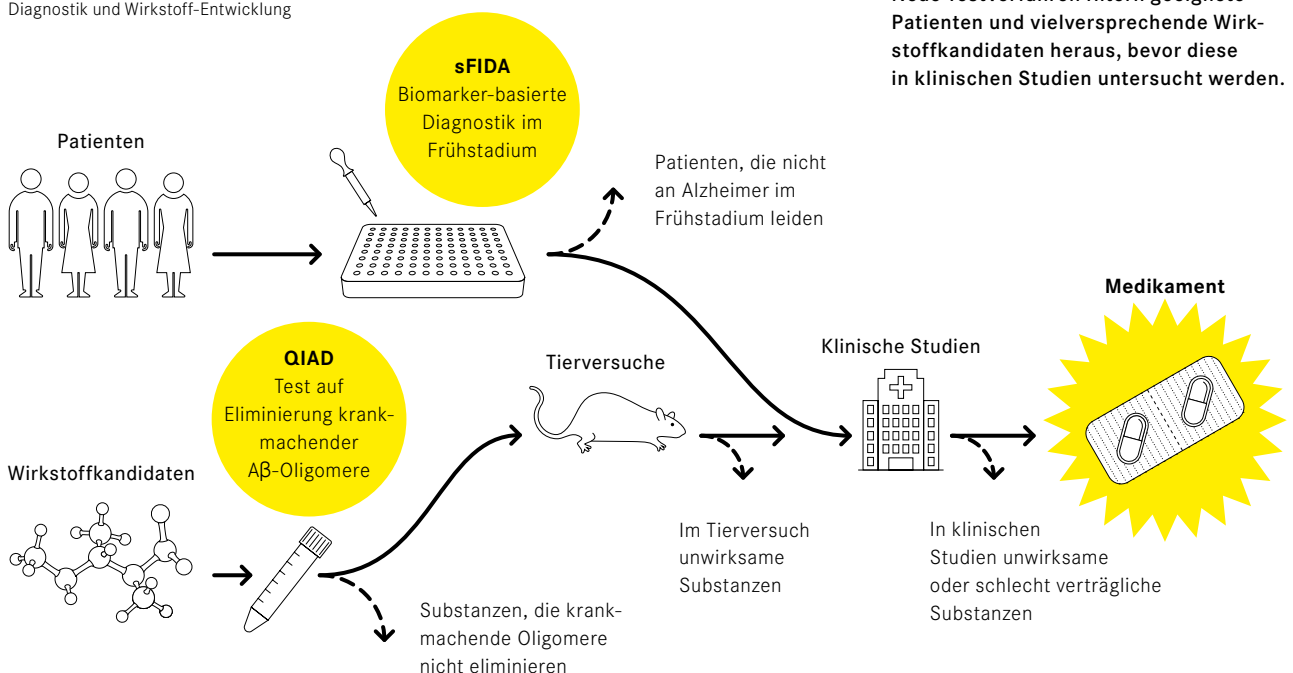
„Wenn aber bereits eindeutige Alzheimer-Symptome in Gedächtnistests oder Befragungen zu ermitteln sind, ist es für eine wirksame Therapie womöglich

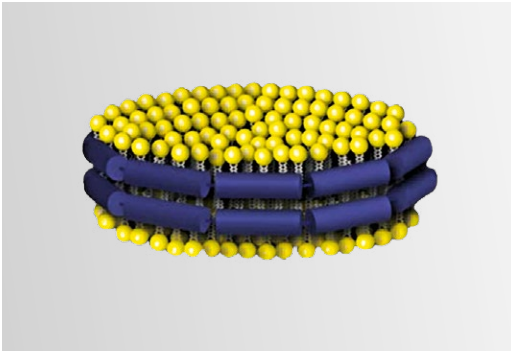
schon zu spät“, fürchtet Willbold. Wer vorher ansetzt, hat bessere Erfolgsaussichten. Daher sei die ultraempfindliche sFIDA-Technologie prädestiniert dafür, künftig Patienten in frühen Krankheitsstadien zu identifizieren und klinische Studien diagnostisch zu begleiten. „Proben der Rückenmarksflüssigkeit von Alzheimerpatienten und gesunden Probanden ließen sich mit sFIDA in einer ersten kleineren Studie bereits klar voneinander unterscheiden. Für den möglichen Einsatz in der Klinik wird nun weiter optimiert und getestet, wie genau die Messwerte den Krankheitsverlauf widerspiegeln“, erläutert Willbold.

Ein solches Instrument ist äußerst interessant für Wissenschaftler und Pharmazieunternehmen, die an Alzheimer-Medikamenten forschen. Damit wird es auch zum kommerziell attraktiven Produkt. Mit 260.000 Euro unterstützt das Programm „Helmholtz Enterprise“ daher seit 2016 das Gründungsvorhaben für ein Unternehmen, das dieses Verfahren als Dienstleistung für die Pharmaforschung anbieten soll. Hinzu kommen könnte nun eine Förderung in ähnlicher Höhe aus dem Programm HochschulStart-up.NRW. In diesem Wettbewerb überzeugten die Forscher im März 2017 eine Expertenjury, die eine Förderempfehlung aussprach. Das Ziel ist ehrgeizig: „Wir wollen Marktführer in der Biomarker-basierten Alzheimer-

Alzheimer

Diagnostik und Wirkstoff-Entwicklung





A β -Monomere binden an einen Bestandteil der Nervenzellmembran, das sogenannte GM1-Gangliosid. Das zeigen Experimente mit winzigen künstlichen Membranscheibchen, sogenannten Nanodiscs. Diese bestehen wie Zellmembranen aus einer Doppelschicht von Lipiden (gelb). Ein umlaufendes Gerüst-Protein (blau) hält sie zusammen.

Diagnostik werden“, sagt Dr. Oliver Bannach, Leiter der Forschungsgruppe sFIDA-Diagnostik und designierter Geschäftsführer der geplanten Ausgründung. Sobald es erfolgreiche therapeutische Ansätze gibt, würde zudem eine flächendeckende Frühdiagnostik der Krankheit nötig, um behandeln zu können, bevor irreparable Schäden im Gehirn entstehen. Vorerst aber steht die Anwendung im Rahmen von Studien im Vordergrund.

Moleküle werden sortiert

Im Jülicher Angebot sind noch weitere Verfahren, die die Erfolgsaussichten klinischer Studien erhöhen könnten. Denn ein Grund für viele Enttäuschungen der letzten Jahre könnte die Wahl des falschen molekularen Angriffspunkts für potenzielle Medikamente gegen die Alzheimer-Demenz gewesen sein. In den letzten Jahren wurde es immer klarer, dass eine wirksame Therapie toxische A β -Oligomere eliminieren sollte. Es fehlte aber ein Test, mit dem sich die Effizienz der A β -Oligomer-Eliminierung quantifizieren lässt, um entscheiden zu können, bei welchen Wirkstoffkandidaten sich die weitere Entwicklung lohnt. Diese Lücke soll ein Verfahren mit der Bezeichnung QIAD schließen (für engl. quantitative determination of interference with aggregate size distribution). Bei diesem Test, den Dr. Oleksandr Brener entwickelt hat, werden zunächst die Aggregate aus A β mittels Zentrifugation nach Größe sortiert. Anschließend vergleicht man, welchen Effekt der Wirkstoffkandidat auf die verschieden

großen Aggregate hat: Wie viele der kleinen, aber besonders toxischen A β -Oligomere werden beseitigt? Die gefundenen Effekte stimmen sehr gut mit den Ergebnissen in Tierversuchen überein – je wirksamer eine Substanz die Neurodegeneration bei Versuchstieren aufhielt, desto mehr toxische A β -Oligomere eliminierte sie auch im QIAD-Test. Das zeigt: Erfolgsversprechende Wirkstoffkandidaten sind mit QIAD frühzeitig zu identifizieren. Mit einem weiteren Verfahren namens QuBAC lässt sich bestimmen, wie fest eine Substanz jeweils spezifisch an die Monomere, Oligomere und Fibrillen bindet. „So kann also schon vor den ersten Tierversuchen abgecheckt werden, ob diese überhaupt sinnvoll erscheinen“, erläutert Dieter Willbold. „Das erspart viele Tierversuche und reduziert zugleich die Kosten.“ Auf Basis der beiden Verfahren soll ein weiteres Startup-Unternehmen entstehen. Auch diese Gründungsidee überzeugte im Förderwettbewerb und könnte mit 240.000 Euro aus dem Programm HochschulStart-up.NRW unterstützt werden.

Auf dem Weg zum Medikament

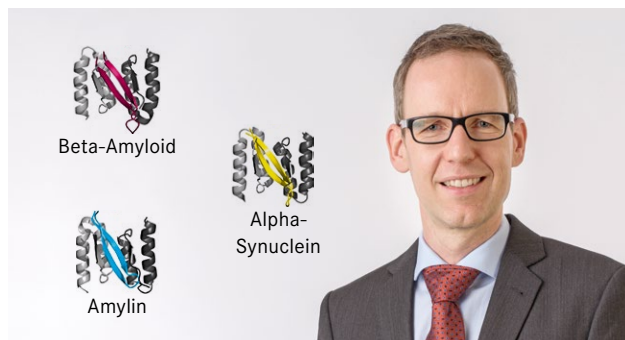
So wichtig neue Tests für die Pharmaforschung sind – wirklich hilfreich für Patienten wird die Diagnostik erst, wenn auch Therapien zur Verfügung stehen. Wer will schon erfahren, dass er wahrscheinlich in einigen Jahren an Alzheimer erkranken wird, wenn die Medizin noch nichts dagegen tun kann? „Diagnostik und Therapieforschung müssen Hand in Hand gehen“, betont Dieter Willbold. Tatsächlich ist auch die Entwicklung eines Wirkstoffs gegen die Alzheimer-Demenz, an dem sein Team seit langem arbeitet, 2016 ein gutes Stück vorangekommen. Schon vor Jahren haben die Forscher ein Molekül aus künstlichen Aminosäuren entwickelt, das sogenannte D3-Peptid, das toxische A β -Oligomere aus dem Verkehr zieht. Bei Mäusen, die genetisch bedingt Alzheimer-Pathologie entwickeln und an Vergesslichkeit leiden, konnte es die kognitiven Fähigkeiten verbessern und verringerte nebenbei auch die Plaque-Ablagerungen.

Eine frühe Diagnostik ist für die Erprobung von Medikamenten von zentraler Bedeutung.

Prof. Dieter Willbold | Direktor am Jülicher Institute of Complex Systems

Was Diabetes mit Alzheimer zu tun hat

Consolidator Grant des Europäischen Forschungsrats für Dr. Wolfgang Hoyer



Diabetes, Alzheimer, Parkinson – drei häufige Erkrankungen, die nur selten in einem Atemzug genannt werden. Und doch haben sie eine fatale Gemeinsamkeit: Zunächst harmlose körpereigene Eiweiße lagern sich zusammen und lassen Zellen zugrunde gehen. So verbinden sich bei Diabetikern Moleküle des Peptidhormons Amylin in der Bauchspeicheldrüse zu Aggregaten, die zum Absterben der Insulin-produzierenden β -Zellen führen. Auch ist Diabetes ein Risikofaktor für Alzheimer – und umgekehrt. Dr. Wolfgang Hoyer geht mit seiner Forschergruppe am Jülicher Institute of Complex Systems und an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf solchen Zusammenhängen nach. „Vorerst wollen wir die zugrunde liegenden biochemischen Prozesse verstehen“, erklärt der Chemiker. „In Zukunft könnte das zur Entwicklung von Therapien beitragen.“ Diese Pläne überzeugten den Europäischen Forschungsrat ERC, der Wolfgang Hoyer Ende 2016 einen der renommierten Consolidator Grants zusprach.

Mit diesen Mitteln – zwei Millionen Euro über fünf Jahre – will Hoyer in drei Schritten weiter vorankommen: „Zuerst werden wir die beteiligten Moleküle genauer analysieren, um zu verstehen, welche ihrer Abschnitte zur Aggregation beitragen.“ Künstliche Varianten der an den Erkrankungen beteiligten Proteine – Amylin bei Diabetes, Amyloid- β bei Alzheimer und Alpha-Synuklein bei Parkinson – werden untersucht, um zu verstehen, wo genau der Hang zur Aggregation im Molekül herrührt. In einem zweiten Schritt untersucht Hoyer, ob sich die Aggregation hemmen lässt, wenn man die identifizierten Abschnitte im Eiweiß abschirmt. Dafür wird die Wirkung maßgeschneiderter Bindemoleküle, sogenannter Wrapine, erforscht, die charakteristische Haarnadel-förmige Abschnitte in den krankmachenden Eiweißen umhüllen. In Zellkulturen lässt sich die verhängnisvolle Verklumpung so bereits unterbinden. „Auch erste Versuche mit Fruchtfliegen sind vielversprechend“, berichtet Hoyer. In einem dritten Schritt schließlich wird es um die Frage gehen, wie sich diese Erkenntnisse für die Therapieentwicklung nutzen lassen und zur Medikamentenentwicklung beitragen können.

Seitdem ist viel geschehen: So wurde die Substanz D3 weiter verbessert – sie eliminiert nun Oligomere wesentlich effizienter als zuvor – und in der optimierten Variante neu zum Patent angemeldet. Ein Dienstleister wurde beauftragt, das Molekül in größeren Mengen herzustellen. Einige Kilogramm lassen sich so unter den Bedingungen der für Studien geforderten „Good Manufacturing Praxis“ (GMP) innerhalb von wenigen Monaten synthetisieren – ein Faktor von etwa 100.000 gegenüber dem Labormaßstab. Mit dem optimierten Wirkstoffkandidaten wurden 2016 die vorklinischen Tests abgeschlossen, finanziert aus Mitteln des Helmholtz-Validierungsfonds. „Wir konnten in den dafür von der Zulassungsbehörde vorgeschriebenen Tierarten zeigen, dass unser Wirkstoffkandidat keine unerwünschten Nebenwirkungen hat. Und das bei Konzentrationen, die deutlich über der erwarteten therapeutischen Dosierung liegen“, sagt Dieter Willbold. „Nun geht es darum, unser Wissen, unsere Erkenntnisse und den Wirkstoffkandidaten zur Anwendung im Menschen zu bringen. Unsere Forschung soll schließlich Wirkung entfalten.“

Der nächste Schritt ist also die Erprobung des potenziellen Medikaments am Menschen, zunächst in einer sogenannten Phase-1-Studie, die im März 2017 bei der zuständigen Ethikkommission und der Zulassungsbehörde beantragt wurde. Hier geht es noch nicht um den therapeutischen Nutzen, sondern um die Frage, ob der Wirkstoff auch bei Menschen keine unerwünschten Nebenwirkungen hat. Zumindest ist er unproblematisch zu verabreichen, denn den stabilen Wirkstoffkandidaten können die Testpersonen einfach schlucken. Wenn der Wirkstoff für gesunde Menschen gut verträglich ist, wird er in einer zweiten Phase erstmals an Alzheimerpatienten erprobt, bevor er schließlich vor einer möglichen Marktzulassung in der Phase 3 seine Wirksamkeit an einer größeren Patientenzahl erweisen muss. Für die Durchführung der klinischen Studien der Phasen 2 und 3 gründen Willbold und sein Team gerade ein weiteres Start-up-Unternehmen. Auch dieses Gründungsvorhaben wird aus dem „Helmholtz-Enterprise“-Programm mit 260.000 Euro gefördert.

„Typischerweise rechnet man vom Beginn der Phase-1-Studie bis zur Zulassung etwa sieben Jahre“, erläutert Dieter Willbold. Geduld gehört also zur Forschung dazu. Umso wichtiger sind die Testverfahren aus Jülicher Labors. Sie erhöhen die Wahrscheinlichkeit, dass die Ausdauer dann letztlich auch zum Erfolg führt.



Jahre dauert es typischerweise vom Beginn einer Phase-1-Studie bis zur Zulassung eines Medikaments.

Konkurrenz willkommen

Zugleich sind Willbold und sein Team aus Biophysikern und Strukturbologen eng vernetzt mit Alzheimer-Forschern in ganz Deutschland und darüber hinaus. Mit ihren Methoden helfen sie auch Partnern, die ganz andere Ansätze verfolgen. Gemeinsam mit Kollegen des Universitätsklinikums Düsseldorf gingen sie etwa der Vermutung nach, dass auch Thrombozyten, Blutplättchen, die für die Blutgerinnung bedeutsam sind, am Fortschreiten der Alzheimer-Erkrankung mitwirken. Amyloide Plaques, die bei Alzheimerpatienten auftreten, lagern sich oft auch in Blutgefäßen ab. Wenn die Thrombozyten mit diesen Plaques in Kontakt kommen, werden die Blutplättchen aktiviert, sodass ein Blutpfropf entstehen kann, der das betroffene Gefäß im Gehirn verschließt.

Die Jülicher Forscher klärten die molekulare Basis dieses Vorgangs auf. Schlüsselmechanismus für die direkte Beteiligung von Thrombozyten am Fortschreiten der Alzheimerschen Demenz ist die Bindung des Proteins A β an ein spezielles Integrin, einen Rezeptor auf der Thrombozytenoberfläche. Er ist für die Verklumpung von Thrombozyten verantwortlich. Diese Bindung bewirkt, dass Substanzen ausgeschüttet werden, die die Bildung von amyloiden Plaques fördern. Mit Gerinnungshemmern wie Clopidogrel ließ sich zumindest bei Mäusen auch die Zahl der Plaques verringern. Diese Ergebnisse wurden im Mai 2016 im hochkarätigen Fachjournal „Science Signaling“ veröffentlicht.

„Wir freuen uns, dass wir mit den von uns entwickelten Methoden dazu beitragen konnten“, sagt Willbold. Fürchtet er keine Konkurrenz für sein Therapiekonzept? „Ganz und gar nicht“, sagt er. „Solange es für die Alzheimer-Erkrankung keine wirksame Therapie gibt, ist jede Konkurrenz herzlich willkommen. Es wird in hoffentlich nicht allzu ferner Zukunft bestimmt mehrere Medikamente auf dem Markt geben, und vielleicht wird am Ende auch eine Kombinationstherapie erfolgreich sein.“



Blick in die neue Halle, in der zukünftig ein 1,2-GHz-NMR-Spektrometer stehen wird. Bereits eingezogen sind ein 800-MHz-DNP-Gerät für Festkörper-NMR sowie ein 750-MHz- und 800-MHz-NMR.

MATERIALFORSCHUNG

Wirbel(n) für die IT von morgen

Sie könnten einmal Daten besonders energiesparend auf engstem Raum speichern: winzige magnetische Wirbel. Solche Skyrmionen wurden schon vor Jahrzehnten postuliert, aber erst vor wenigen Jahren nachgewiesen. Dank der Ergebnisse von Jülicher Physikern ist ihre Anwendung näher gerückt.

Wer einen PC oder eine Kamera kauft, begegnet Kürzeln und Begriffen wie HDD, SSD oder Flash – gemeint sind die klassische magnetische Festplatte, der neuere Solid-State-Speicher und die Technologie für Speicherkarten. So unterschiedlich diese Datenspeicher auch sind, so beruhen sie doch alle darauf, dass Elektronenladungen erkannt und verschoben werden. Solche Speicher weiter zu verkleinern und vor allem energiesparender zu machen, wird immer schwieriger. Jedoch produziert die Menschheit ständig mehr Daten, die immer schneller verarbeitet und langfristig aufbewahrt werden sollen.

Einen möglichen Ausweg bieten magnetische Wirbel, die nach dem Briten Tony Skyrme benannt sind. Dieser hatte sich Ende der 1950er Jahre mit kernphysikalischen Feldern beschäftigt und dabei das mathematische Modell eines Skyrmons entwickelt. Aber erst 2011 konnten Forscher aus Kiel, Hamburg und Jülich erstmals nachweisen, dass Skyrmionen als reale Objekte an Oberflächen von bestimmten magnetischen Materialien existieren. Die räumlich lokalisierten wirbelförmigen Strukturen, die sich wie einzelne Teilchen verhalten, lassen sich durch elektrische Ströme effizient bewegen. Ihr Durchmesser reicht von einem Nanometer bis zu 100 Nanometern.

Ab 2013 machte sich Albert Fert – zusammen mit dem Jülicher Wissenschaftler Peter Grünberg Physik-Nobelpreisträger 2007 – für die Anwendung von Skyrmionen in der Informationstechnik stark. Jedes Skyrmion könnte einmal ein Bit speichern. Wegen der

geringen Größe der Wirbel ließe sich eine hohe Dichte erreichen. Im Herbst 2015 startete das EU-geförderte Projekt MAGicSky (MAGnetic Skyrmons for future nano-spintronic devices), in dem sieben Partner aus vier Ländern zusammenarbeiten, darunter das Team von Albert Fert in Palaiseau, Frankreich, und die Jülicher Physiker um Prof. Stefan Blügel. Die Forscher verfolgen das gemeinsame Ziel, Skyrmionen in Materialien individuell handhabbar zu machen – und zwar bei Raumtemperatur. Bislang waren nur Materialien bekannt, in denen Skyrmionen erst bei sehr tiefen Temperaturen auftreten. Für die praktische Anwendung als Datenspeicher wären sie kaum geeignet.

Simulation von Materialsystemen

Das Projektziel ist mit den Ergebnissen, die Kieler und Jülicher Wissenschaftler 2016 im Fachjournal „Nature Communications“ vorgestellt haben, deutlich näher gerückt. „Unsere Arbeit gibt Experimentatoren Rezepte an die Hand, wie man Skyrmionen à la carte erzeugen kann“, fasst der Physiker Dr. Bertrand Dupé zusammen, der an den Arbeiten beteiligt war. Die Wissenschaftler haben dafür Rechnungen auf Supercomputern des Jülich Supercomputing Centre und des Norddeutschen Verbundes für Hoch- und Höchstleistungsrechnen durchgeführt und so eine Reihe von magnetischen Materialsystemen aus dünnen Schichten simuliert. Jede der Schichten war dabei nur wenige Atomlagen dick. Gemeinsam war den Systemen eine Schicht Eisen, deren magnetische Wechselwirkung mit nicht-magnetischen Schichten oberhalb und unterhalb des Eisens betrachtet wurde.

Das perfekte Skymionen-Material

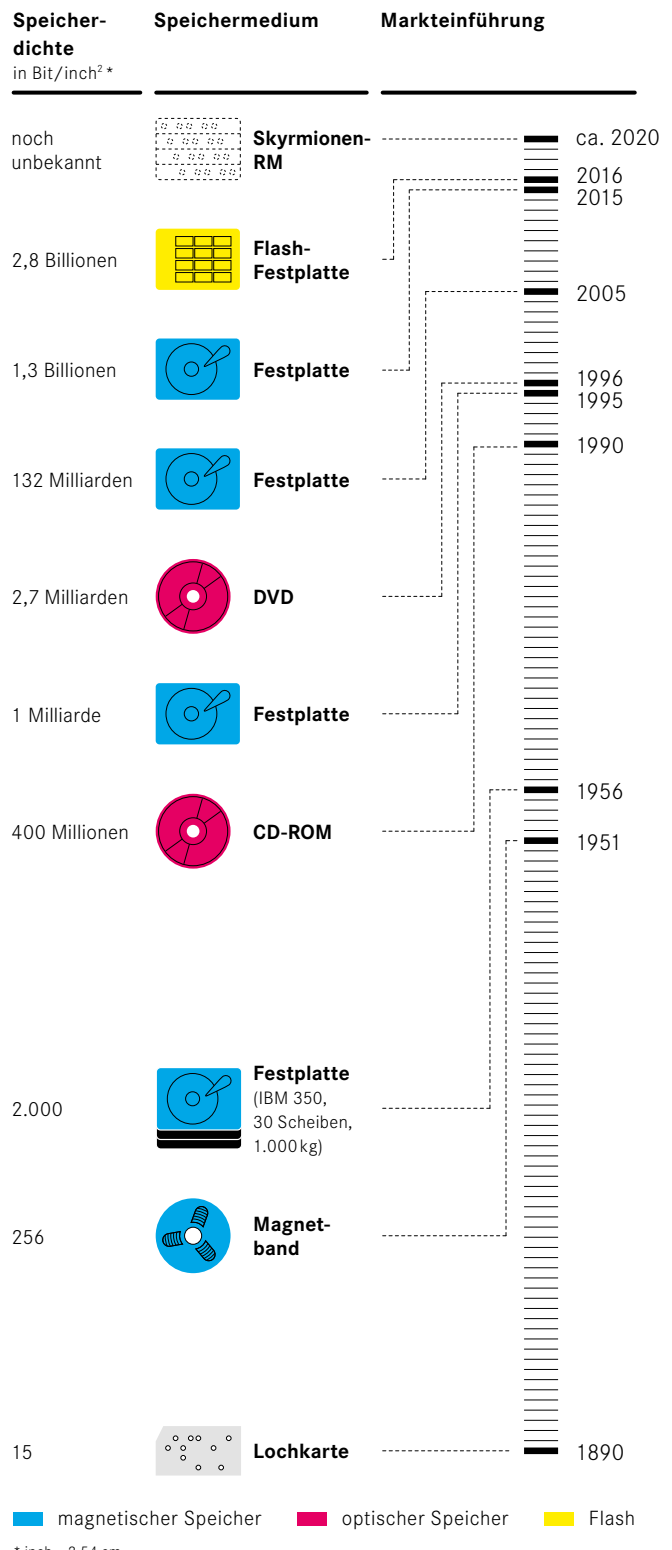
Als Resultat der Simulationen schlagen die Forscher als perfektes Skymionen-Material eine Art Sandwich-Struktur vor: Eine Schicht Iridium und eine Schicht aus einer Rhodium-Palladium-Legierung bilden sozusagen die dünnen Brotscheiben, zwischen denen sich der Belag befindet, eine Doppelschicht aus Eisen. Die genaue Zusammensetzung der Rhodium-Palladium-Legierung und die Schichtdicken entscheiden dann über die Größe der Skymionen und über ihre Temperaturstabilität. Mit den vorgeschlagenen Schichtstrukturen sollten auch Nanowirbel bei Raumtemperatur realisierbar sein. Durch die mehrfache Stapelung der Sandwiches könnte man erreichen, dass genügend magnetisches Material vorhanden ist, um die Wirbel praktisch zu nutzen. „Tatsächlich wurde die Idee, Skymionen in Schichtsystemen zu erzeugen, bereits von experimentell arbeitenden Gruppen erfolgreich aufgegriffen“, sagt Stefan Blügel.

Mit unseren Rezepten können Experimentatoren Skymionen à la carte erzeugen.

Dr. Bertrand Dupé | Physiker

Der Direktor des Bereichs Quanten-Theorie der Materialien des Peter Grünberg Instituts und seine Mitarbeiter sind in Sachen Nanowirbel 2016 noch in anderer Hinsicht einen großen Schritt vorangekommen. In einer zweiten Publikation in „Nature Communications“ schlagen die Wissenschaftler eine alternative Methode vor, um Materialien auf Skymionen hin zu untersuchen. Die empfohlene Spektroskopie mit langwelligen Röntgenstrahlen ist weniger aufwendig als die bislang etablierte Methode. Sie würde eine spezielle Form von Magnetismus ausnutzen, die von den Forschern aufgrund von quantenmechanischen Rechnungen gefunden und charakterisiert wurde. „Wir bezeichnen diesen Magnetismus als topologisches magnetisches Moment“, sagt Blügel. Er ist überzeugt, dass bereits irgendwo in der Welt Experimentatoren die neu vorgeschlagene Methode ausprobieren. „Es ist nur eine Frage der Zeit, bis die ersten Ergebnisse dieser Versuche bekannt werden“, so Blügel.

Entwicklung der Speicherdichte



Einige Speicher wie USB-Sticks und SD-Karten sind nicht berücksichtigt, da sie weniger wegen ihrer Speicherdichte populär sind, als vielmehr, weil sie praktisch zu handhaben und mobil einsetzbar sind.

COMPUTERSIMULATION

Damit Inklusion auch in Notfällen gelingt

Wer in Not ist, braucht schnell Hilfe. Doch Rettungspläne weisen für Menschen mit Beeinträchtigungen oft große Lücken auf. Im Projekt SiME werden neue Ansätze erarbeitet.

Abpfeif im Fußball-Bundesligaspiel: Die Zuschauer drängeln und schieben Richtung Ausgang – eine unangenehme Situation, selbst für diejenigen, die gut zu Fuß sind. Schlimmer noch, wenn Gefahr droht und ein Stadion geräumt werden muss. Für Menschen, die beispielsweise schlecht sehen oder laufen können, entwickelt sich ein solcher Notfall schnell zum Albtraum. „Wir reden oft nur darüber, dass Menschen mit Beeinträchtigungen zu Veranstaltungen hinkommen. Inklusion bedeutet aber, dass sie diese Orte auch wieder sicher verlassen können. Die Frage, wie sie im Notfall wegkommen, wird meistens ausgeblendet. Wenn wir über Inklusion sprechen, müssen wir auch diesen Aspekt betrachten – genau das tun wir im Projekt SiME“, erklärt Dr. Stefan Holl vom Jülich Supercomputing Centre. Das Kürzel steht für „Sicherheit für

Menschen mit körperlicher, geistiger oder altersbedingter Beeinträchtigung“. In dem interdisziplinären Forschungsvorhaben, das seit Februar 2016 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird, erarbeiten Wissenschaftler gemeinsam mit betroffenen Menschen Konzepte, wie optimale Flucht- und Evakuierungsmöglichkeiten für Personen aussehen müssen, die das Gebäude nicht ohne Hilfe verlassen können oder nicht erkennen, dass eine Gefahr besteht.

Wer braucht welche Hilfe?

„Bisher wurden Evakuierungspläne vor allem für Menschen ohne Beeinträchtigungen entwickelt“, erklärt Holl. Ziel von SiME ist es deshalb, das Bewegungsverhalten und die Selbstrettungsfähigkeiten

Abstieg in die Unterwelt

Orpheus stieg in die Unterwelt hinab, um seine Geliebte aus dem Reich der Schatten zu befreien. Ganz so weit muss Dr. Lukas Arnold vom Jülich Supercomputing Centre nicht reisen. Er koordiniert das Verbundprojekt ORPHEUS, das für „Optimierung der Rauchableitung und Personenführung in U-Bahnhöfen: Experimente und Simulationen“ steht. Um zu testen, wie gut Computersimulation und Realität übereinstimmen, werden in Kooperation mit den Berliner Verkehrsbetrieben nächtliche Großversuche durchgeführt: So verdrahteten im Januar 2017

Forscher der Ruhr-Universität Bochum den Berliner U-Bahnhof Osloer Straße mit Temperatur-, Wind- und Gassensoren; Experten vom Institut für Industrieaerodynamik Aachen erzeugten mit Gasbrennern und Nebelmaschinen künstlichen Rauch und verfolgten, wie dieser sich ausbreitete. Die Messdaten nutzten die Verbundpartner, um ihre numerischen und physikalischen Simulationsmodelle zu optimieren. Am Ende profitiert der Fahrgast: Brennt es, wird er auf dem schnellsten und sichersten Weg evakuiert.





Simuliert Evakuierungsvorgänge: Dr. Stefan Holl vom Jülich Supercomputing Centre

von körperlich, geistig oder altersbedingt beeinträchtigten Personen zu untersuchen, um Fluchtwege zu verbessern. Brennt es beispielsweise in einem Wohnheim, spielen viele Faktoren eine Rolle, die sich in Rettungsplänen nicht wiederfinden: Wie viele der Gefährdeten sind in der Lage, das Bett zu verlassen? Wer sitzt im Rollstuhl? „Die Bewohnerzahl allein sagt nichts über die Art der Rettung aus. Es gibt Personen, die in jedem Fall auf Hilfe angewiesen sind, Menschen mit Handicaps, die sich selbst gut in Sicherheit bringen können, und Menschen mit Beeinträchtigungen, die auch anderen helfen können“, so Holl.

Die Ergebnisse fließen in Modelle ein, mit deren Hilfe die Forscher Evakuierungsvorgänge simulieren. Dafür sind Informationen darüber erforderlich, wie die Menschen sich bewegen, zum Beispiel Geschwindigkeiten oder Abstände der Personen untereinander. Ein Fall für Holl und seine Kollegen, denn sie haben schon in der Vergangenheit mit Parameterstudien – also Studien, die Zusammenhänge zwischen einzel-

nen Größen sichtbar machen – viele Erfahrungen gesammelt und internationale Anerkennung erlangt. „Doch dabei haben wir ausschließlich mit Teilnehmern gearbeitet, die körperlich fit waren“, so Holl.

Effektive Notfallpläne

An den in 2017 anstehenden SiME-Studien hingegen nehmen Menschen mit und ohne Beeinträchtigungen teil. „Wir wollen zum Beispiel herausfinden, wie stark ein Rollstuhlfahrer einen Personenstrom beeinflusst“, sagt Holl. Die Jülicher Wissenschaftler planen Studien, bei denen unterschiedliche Faktoren verändert werden: die Breite der Fluchtwege oder die Zusammensetzung der Gruppen.

Auf Basis dieser Ergebnisse können Holl und seine Kollegen Simulationen für Anwendungen wie eine Evakuierung von Werkstätten erstellen. „Wir stehen damit noch ganz am Anfang“, erklärt Holl. Er ist aber zuversichtlich, dass am Ende effektive Pläne entstehen, mit denen Inklusion auch in Notfällen gelingt.

COMPUTERSIMULATION

Flexible Blutkörperchen

Simulationen und Messungen von Forschern aus Jülich und Montpellier weisen darauf hin, dass eine bislang unentdeckte Verformbarkeit der roten Blutkörperchen die Zähflüssigkeit des Blutes wesentlich beeinflusst. Eine veränderte Zähflüssigkeit – Viskosität – des Blutes kann zu Durchblutungsstörungen führen.

Blut ist dicker als Wasser, sagt der Volksmund. Physikalisch betrachtet ist das ohne Zweifel richtig. Doch greift es zu kurz, sich den Lebenssaft als einfache Flüssigkeit vorzustellen. Fast die Hälfte jedes Blutstropfens besteht aus zellulären Bestandteilen, vor allem roten Blutkörperchen. Von diesen kernlosen Zellen, auch Erythrozyten genannt, tummeln sich etwa 4,5 bis 5,5 Millionen in jedem Kubikmillimeter. Sie bestimmen wesentlich die Viskosität: Je höher der Gehalt an Erythrozyten, umso zähflüssiger ist das Blut.

Im Ruhezustand haben Erythrozyten die Form eines Diskus mit verdicktem Rand. Sie sind umhüllt von einer Membran, die durch ein Geflecht aus Eiweißfasern verstärkt wird. Die Eigenschaften dieses Netzwerkes können Jülicher Forscher um Prof. Gerhard Gompper, Direktor am Institute for Advanced Simulation und am Institute of Complex Systems (ICS), exakt berechnen. Bei Computersimulationen von einzelnen wie auch von Tausenden Zellen in einer Strömung fanden sie heraus, dass sich die roten Blutkörperchen verformen, vor allem wenn es eng wird im Blutgefäß. Sie verhalten sich ähnlich wie Schwimmreifen, die in einer

Röhrenrutsche an den Rand geraten. Sie biegen sich und werden, wenn es noch enger wird, durch die Strömung sogar gerollt oder gefaltet. Weitet sich das Blutgefäß, nehmen die roten Blutkörperchen rasch wieder ihre eigentliche Form an.

Ungeahnte Formenvielfalt

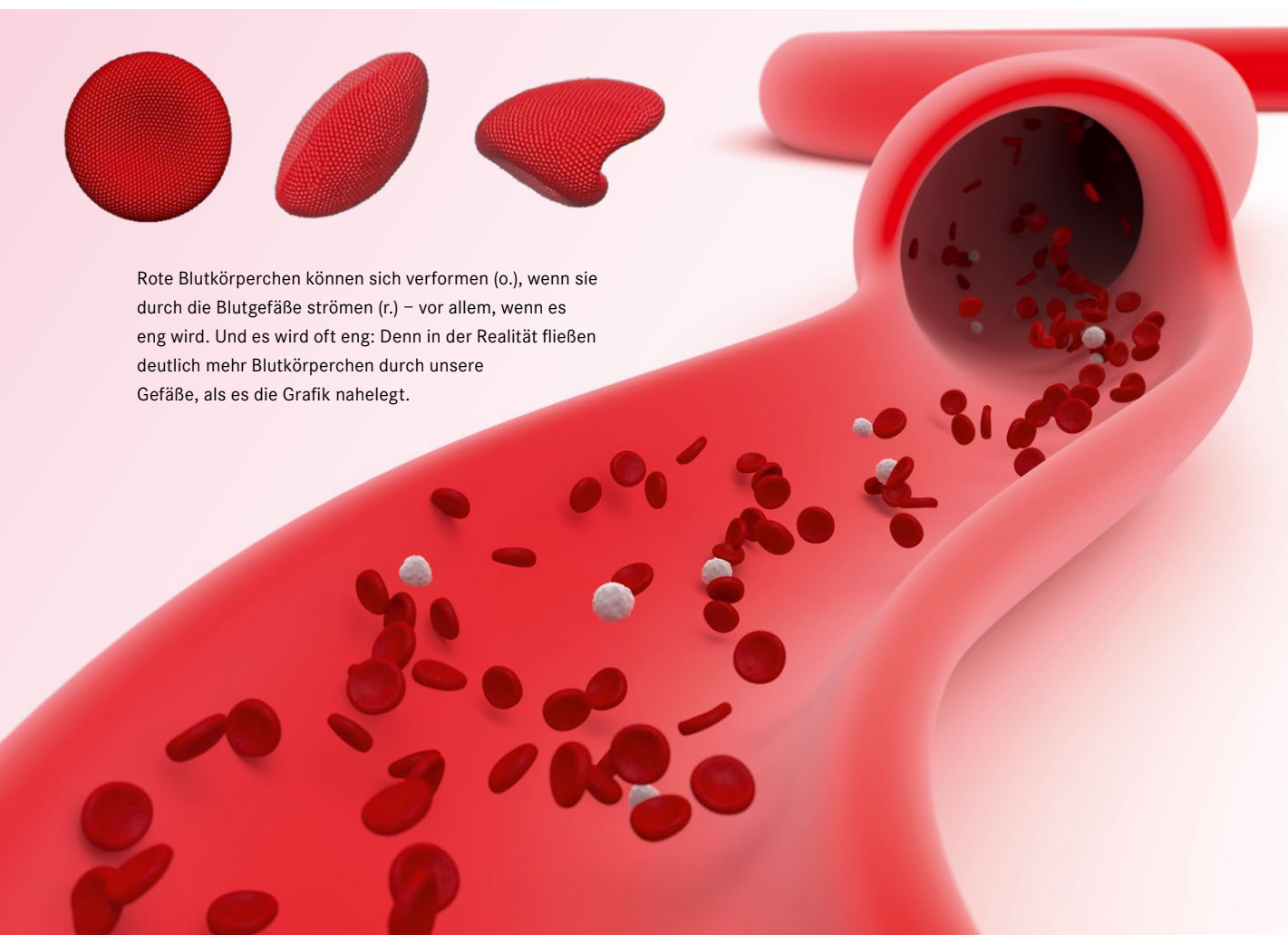
Wissenschaftlich ausgedrückt heißt das: Welche Formen die Erythrozyten haben, hängt von ihrer Konzentration sowie von der Scherrate ab – die Kraft, die beim Fluss durch ein Blutgefäß auf die Erythrozyten wirkt. Sie wirkt der Neigung der Zellen entgegen zusammenzukleben und verringert so die Viskosität. Die Scherrate ist umso größer, je schneller das Blut fließt und je kleiner der Gefäßdurchmesser ist. Dadurch kann Blut bei großen Anstrengungen leichter durch die Blutgefäße fließen: Das Herz wird entlastet.

Bei früheren Untersuchungen blieb die Formenvielfalt der roten Blutkörperchen – von leicht gekrümmt bis hin zu gerollten Ellipsen oder Pyramiden – verborgen. Denn Lebenswissenschaftler hatten in ihren Experimenten den flüssigen Anteil des Blutes, der die Blutkörperchen umgibt, mit viel zu zähen Flüssigkeiten nachgestellt. Für die Blutkörperchen war das in etwa so, als ob sie durch Honig schwämmen statt durch das eher wässrige Blutplasma. Und darin lassen sie sich eben auch nicht so stark verformen, sondern werden eher tropfenförmig in die Länge gezogen. „Erst als die Biologen in Montpellier in Kapillar- und Scherexperimenten die natürlichen Verhältnisse herstellten, sahen sie die von uns berechnete Formenvielfalt“, erläutert Dr. Dmitry A. Fedosov aus Gompers Team, der am ICS eine eigene Nachwuchsgruppe führt.

Die Ergebnisse der Wissenschaftler aus Jülich und Montpellier widersprechen zudem der gängigen physikalischen Vorstellung von den roten Blutkörperchen



Prof. Gerhard Gompper (l.) und Dr. Dmitry A. Fedosov vom Jülicher Institute of Complex Systems



Rote Blutkörperchen können sich verformen (o.), wenn sie durch die Blutgefäße strömen (r.) – vor allem, wenn es eng wird. Und es wird oft eng: Denn in der Realität fließen deutlich mehr Blutkörperchen durch unsere Gefäße, als es die Grafik nahelegt.

als Tropfen in einer Flüssigkeit. Stattdessen bewegen sich die Erythrozyten insbesondere bei hohen Scherkräften auf komplexere Weise. „Unsere Ergebnisse legen nahe, dass physiologische Phänomene, bei denen man bisher von einer tropfenähnlichen Bewegung der Erythrozyten ausgegangen ist, neu untersucht werden sollten“, folgert Gerhard Gompper. Es sei möglich, dass eine gestörte Formbarkeit der roten Blutkörperchen eine Schlüsselrolle bei der Ausbildung von Krankheiten einnehme, die mit erschwelter Durchblutung einhergehen.

Bedeutsam ist das Fließverhalten von Blutkörperchen auch in anderer Hinsicht. Simulationen verdeutlichen, dass sich viele Blutkörperchen in einem Strom völlig anders bewegen, als es ein einzelnes Blutkörperchen tun würde. „Dieses Wissen ist zum Beispiel enorm wichtig beim Design von Stents, einem Drahtgeflecht, das nach einem Herzinfarkt die Adern offen hält, oder bei der Entwicklung von Blutpumpen, die in den Körper eingepflanzt werden“, erläutert Fedosov.

Diabetes und Durchblutung

Wie wichtig die Flexibilität der roten Blutkörperchen ist, macht das Beispiel Diabetes deutlich. Infolge dieser Krankheit versteifen sich die roten Blutkörperchen. Sie sind weniger elastisch und passen nicht mehr durch die engsten Gefäße, die sogenannten Kapillaren. Das betrifft insbesondere Hände und Füße. Die Patienten leiden oftmals an Mangel durchblutung, durch die sogar Gewebe absterben kann.

45

Prozent des Blutes bestehen aus roten und weißen Blutkörperchen sowie Blutplättchen.

QUANTENPHYSIK

Aufbruch in die Hundert-Qubit-Ära

Quantencomputer sollen einmal bestimmte Aufgaben deutlich schneller lösen als herkömmliche digitale Computer. Jülicher Forscher arbeiten daran, dass aus Gedankenspielen und Demonstrationssystemen reale Technologie wird.

Wissenschaftler wie Prof. David DiVincenzo vom Jülicher Peter Grünberg Institut sind überzeugt, dass Quantencomputer herkömmlichen Rechnern bei einigen wichtigen Anwendungen überlegen sein werden. So werden sich mit ihnen die Eigenschaften von Materialien besser vorhergesagen lassen als bislang. Außerdem könnten Quantencomputer zum Aufbau eines neuartigen Netzwerks dienen, in dem Daten sicherer ausgetauscht werden und Partner sicherer zusammenarbeiten als im digitalen Internet. Schließlich wird ein Quantencomputer eine Reihe von komplexen mathematischen Aufgaben sehr effizient lösen, die unter anderem für die Verschlüsselung und Entschlüsselung von Daten wichtig sind.

Zusammen mit Prof. Hendrik Bluhm koordiniert DiVincenzo das Projekt „Scalable Solid State Quantum Computing“, das ein entscheidender Schritt hin zu solchen Quantencomputern sein soll. DiVincenzo und Bluhm sind Gründungsdirektoren des JARA-Instituts für Quanteninformation, eine Gemeinschaftseinrichtung des Forschungszentrums Jülich und der RWTH. Neben Wissenschaftlern aus diesen beiden Institutionen sind auch Forscher des Karlsruher Instituts für Technologie an dem Projekt beteiligt, für das die Helmholtz-Gemeinschaft 2016 eine Förderung von sechs Millionen Euro aus ihrem Impuls- und Vernetzungsfonds zugesagt hat.



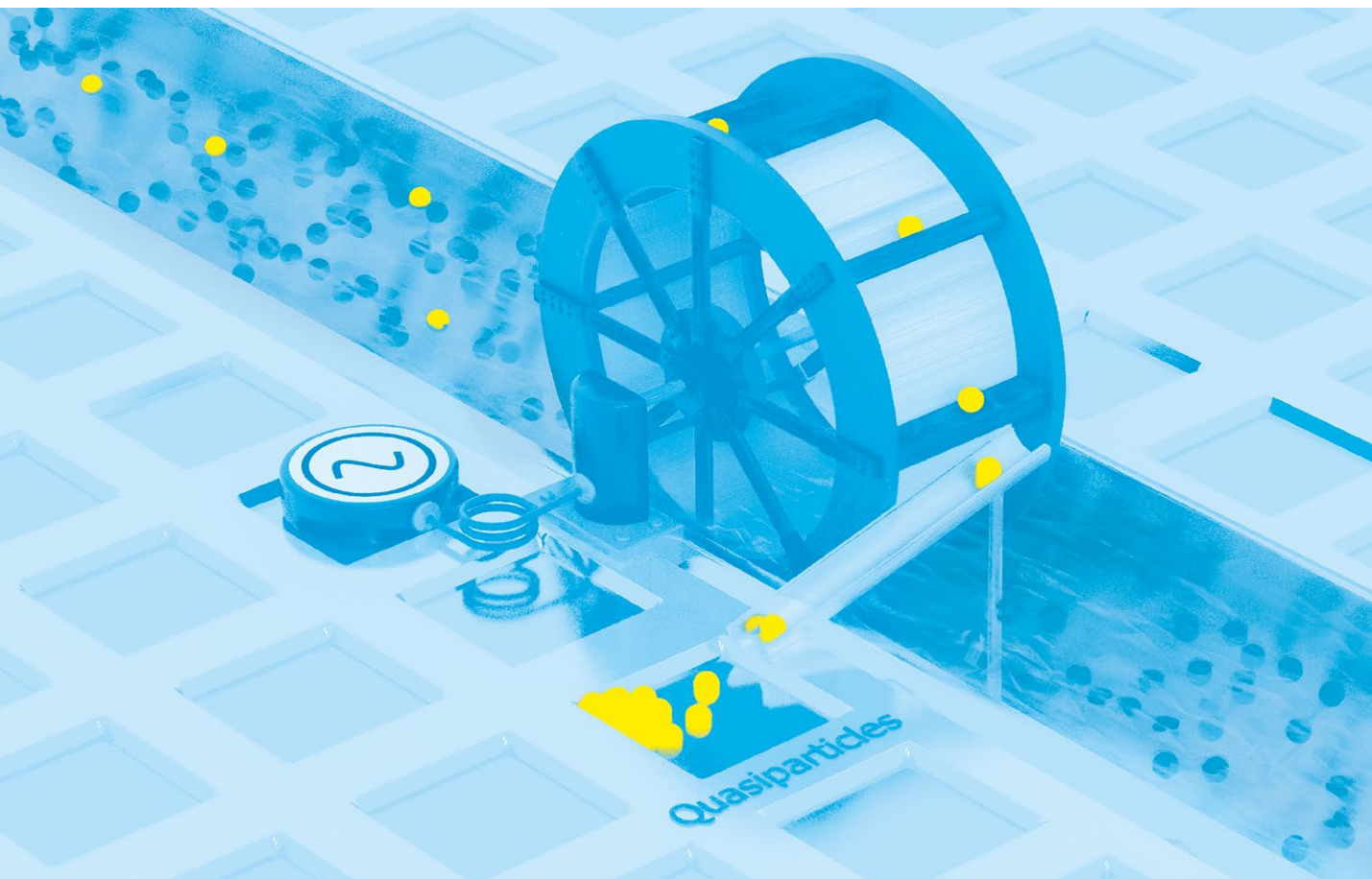
Forschen für Quantencomputer: Prof. David DiVincenzo (l.) und Dr. Gianluigi Catelani

Heute gibt es bereits eine Vielzahl von theoretischen Konzepten zum Quantencomputer, und einige kleine Systeme mit weniger als zehn sogenannten Qubits wurden bereits gebaut. Qubits sind das quantenphysikalische Gegenstück zu den kleinsten Einheiten in der heutigen digitalen Informationstechnik, den Bits. Während Bits aus der Zahl 1 – Strom an – und der Zahl 0 – Strom aus – bestehen, kann das Qubit gleichzeitig 0 und 1 sein. „Dass es in der Quantenphysik eine Parallelexistenz aller Möglichkeiten gibt, die sogenannte Superposition, widerspricht unserer Alltagserfahrung und unserer Intuition – wie auch andere Aspekte der Quantenphysik. Daher ist das Konzept des Quantencomputers, der auf den Gesetzen der Quantenphysik beruht, für viele Menschen schwer zu verstehen“, räumt DiVincenzo ein. „Die Superposition lässt sich jedoch technisch nutzen, ist also real, auch wenn sie unserem Sinn für Realität widerspricht“, betont DiVincenzo.

Qubits sind äußerst empfindliche Gebilde; schon Beobachtung zerstört die Superposition – das Qubit wird auf einen Zustand festgelegt. Viele grundlegende Voraussetzungen für den Quantencomputer sind bereits



Millionen Euro stellt die Helmholtz-Gemeinschaft für das Forschungsprojekt bereit.



Die Abbildung illustriert künstlerisch eine neue Technik, um die Speicherdauer von Qubits zu vervielfachen. Eine Pumpe mit Mikrowellen-Antrieb filtert unerwünschte Quasipartikel (gelbe Kugeln) aus einem Strom supraleitender Elektronenpaare (blaue Kugeln).

erforscht, doch um ihm näher zu kommen, reichen die bisherigen Arbeiten zu Systemen mit zehn Qubits nicht aus. Theoretiker, Materialforscher und „Quanten-Ingenieure“ aus Jülich, Aachen und Karlsruhe wollen nun funktionierende Systeme mit mehreren Hundert Qubits verwirklichen. Sie setzen dazu vor allem auf zwei Typen von Qubits in festen Materialien: supraleitende und halbleitende Quantenschaltkreise.

Speicherdauer von Qubits verlängert

Der Jülicher Physiker Dr. Gianluigi Catelani aus DiVincenzos Team hat unterdessen zusammen mit einer Gruppe internationaler Forscher im Dezember 2016 bereits einen wichtigen Schritt vorwärts getan: Die Wissenschaftler konnten die Speicherdauer von supraleitenden Quantenschaltern vervielfachen, wie sie in der Fachzeitschrift „Science“ berichteten.

Wenn man supraleitende Materialien unter eine materialsspezifische Temperatur abkühlt, tun sich jeweils zwei Elektronen paarweise zusammen; Strom fließt dabei ohne Widerstand. Jedoch ist es bisher nicht möglich,

supraleitende Schaltkreise zu bauen, in denen sich alle Elektronen zu Paaren zusammenfinden. Einzelne Elektronen bleiben Singles und können sich nicht widerstandslos bewegen. Durch diese sogenannten Quasipartikel geht Energie verloren – das begrenzt die Dauer, für die die Schaltkreise Daten speichern können.

Das internationale Team unter Beteiligung von Catelani hat nun eine Technik entwickelt, mit der sich die ungepaarten Elektronen vorübergehend aus dem Schaltkreis entfernen lassen. Mikrowellenpulse pumpen diese Elektronen ab, wodurch sich die Lebensdauer der Qubits verdreifacht. „Die Technik kann grundsätzlich sofort für alle supraleitenden Qubits genutzt werden“, betont Catelani. Allerdings: Die Quasipartikel werden nicht dauerhaft entfernt, sondern fließen immer wieder zurück. Dafür haben die Forscher aber bereits eine Lösung parat: Das Abpumpen könnte mit einer „Falle“ für Quasipartikel kombiniert werden, die Catelani gemeinsam mit Kollegen aus Jülich und Yale analysiert und getestet hat. Die dabei erhaltenen Ergebnisse stellten die Forscher im September 2016 in der Fachzeitschrift „Physical Review B“ vor.

PHOTOVOLTAIK

Künstliche Photosynthese ganz groß

Jülicher Forscher haben ein kompaktes Bauelement entwickelt, das ähnlich wie Pflanzen Sonnenenergie einfangen und in Form eines energiereichen Stoffs speichern kann. Werden diese Zellen vervielfältigt und zusammengeschaltet, entstehen so Anlagen für die künstliche Photosynthese, deren Effizienz unabhängig von ihrer Ausdehnung ist.

Die Natur macht es vor: Blätter wandeln energiearmes Kohlendioxid und Wasser mithilfe des Sonnenlichts in Traubenzucker und andere Kohlenhydrate sowie in Sauerstoff um. Der große Vorteil dieser natürlichen Photosynthese: Die Pflanze kann die Energie, die in den Kohlenhydraten gespeichert ist, immer dann verbrauchen, wenn sie diese benötigt. Dagegen wandeln Solarzellen die Sonnenenergie in Strom um. Was aber ist, wenn dieser nicht sofort benötigt wird? Diese Situation wird es im Zuge der Energiewende künftig häufiger geben: Die wachsende Zahl von Windkraft- und Photovoltaikanlagen produziert bei starkem Wind und Sonnenschein mehr Strom, als im jeweiligen Moment gebraucht wird.

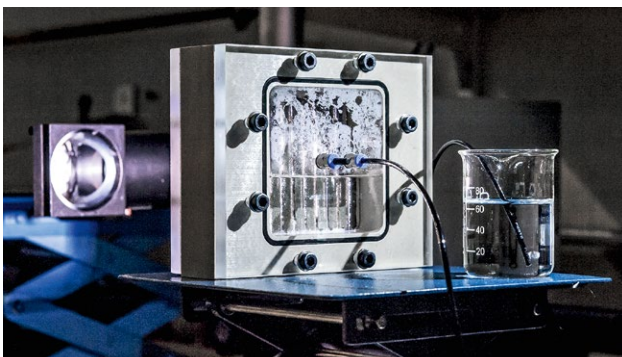
Kein Wunder also, dass die Energiewende auch die Forschung an der künstlichen Photosynthese beflügelt. Prinzipiell neu sind entsprechende Konzepte nicht. Bereits seit den 1970er Jahren beschäftigen

sich Wissenschaftler damit, Wasser mithilfe von Sonnenlicht zu spalten, sodass Sauerstoff und Wasserstoff entstehen. Der Wasserstoff übernimmt dabei in technischen Systemen die Rolle des Traubenzuckers in der Natur: Die darin gespeicherte Energie kann verwendet werden, wann immer sie gebraucht wird. Wasserstoff kann dabei beispielsweise als Kraftstoff für Brennstoffzellen-Autos, als Brenngas für Turbinen oder zur Synthese von Werkstoffen dienen.

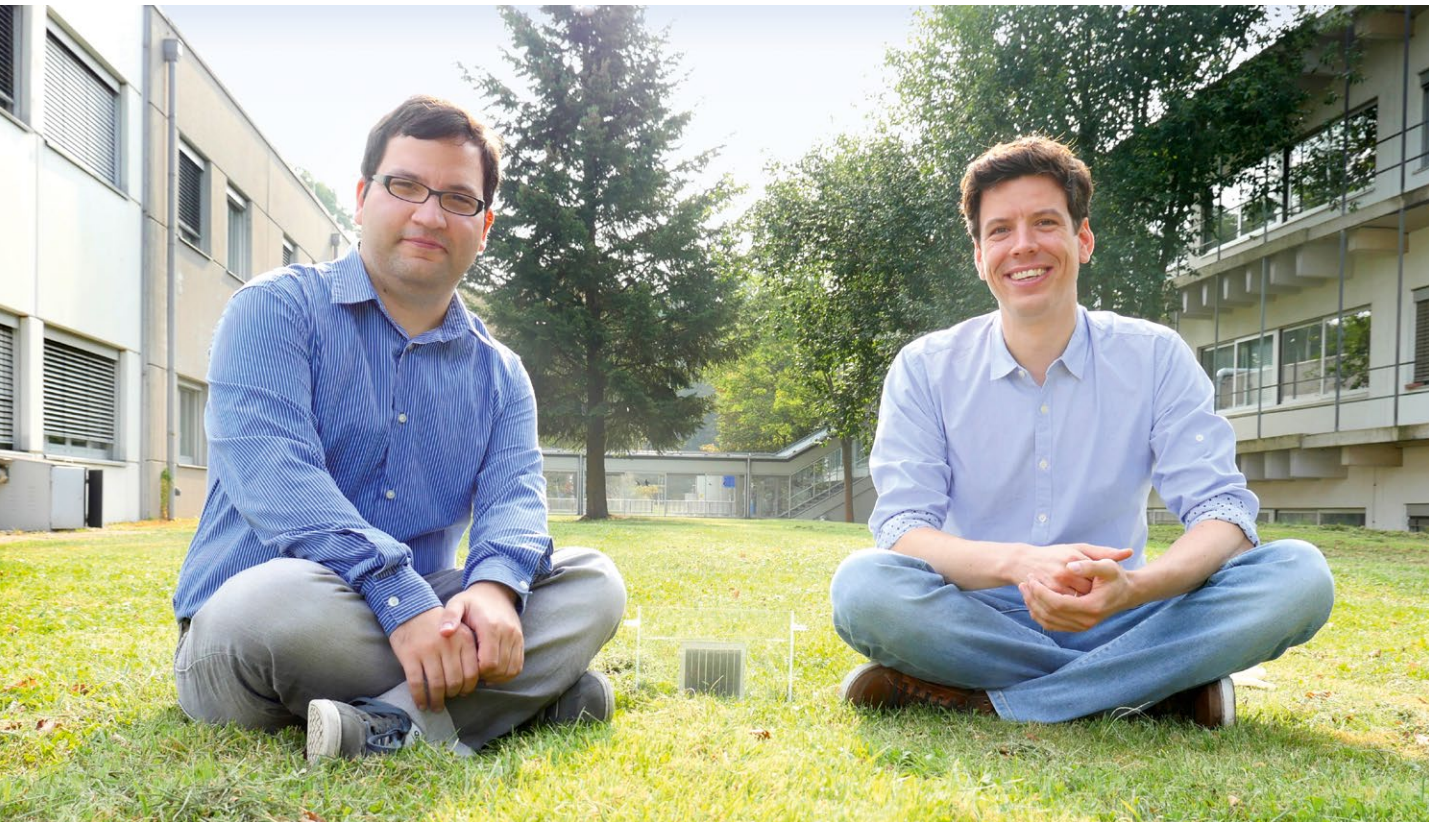
Die Wasserspaltung mit Sonnenenergie gelingt durch die Kombination von Solarzelle und Elektrolyseur – ein Gerät, das Strom nutzt, um Wasser zu spalten. Im Fokus der Forschung stehen dabei meist neue Katalysatoren und andere innovative Materialien, mit denen der Wirkungsgrad der Systeme erhöht werden soll. Mit anderen Worten: Pro eingestrahelter Sonnenenergie und eingesetzter Fläche soll möglichst viel Wasserstoff herausgeholt werden. Von einem praktischen Einsatz sind die getesteten Systeme aber noch weit entfernt: „Die photoelektrochemische Wasserspaltung wurde bis jetzt immer nur im Labormaßstab getestet. Die einzelnen Komponenten und Materialien wurden verbessert, aber keiner hat wirklich versucht, näher an die tatsächliche Anwendung zu kommen“, sagt der Jülicher Solarzellenforscher Bugra Turan. Das hat ihm und seinem Kollegen Jan-Philipp Becker keine Ruhe gelassen.

Vom Blatt zum Baum

Zunächst haben die beiden Experten des Jülicher Instituts für Energie- und Klimaforschung verschiedene prinzipielle Entwurfsmöglichkeiten für die künstlichen Blätter miteinander verglichen. Im Mittelpunkt standen dabei zwei Forderungen: Erstens sollte die Photosynthese-Einheit möglichst kostengünstig industriell



Testaufbau: Das künstliche Blatt befindet sich in einem Behälter mit einer wässrigen Lösung. Wird es mit einer Tageslichtlampe bestrahlt, entsteht eine elektrische Spannung. Damit wird der Elektrolyse-Teil des Systems (Vorderseite) betrieben.



Bugra Turan und Jan-Philipp Becker (r.) vom Institut für Energie- und Klimaforschung haben ein kompaktes, komplettes Design einer Anlage entworfen, die mittels Sonnenlicht elektrochemisch Wasserstoff erzeugt.

zu fertigen sein. Zweitens sollten sich auch große Anlagen durch Vervielfältigen der immer gleichen Einheit zusammenbauen lassen, um sozusagen vom Blatt zum Baum zu kommen.

Das Design, das die Jülicher Solarforscher schließlich entwickelten, erfüllt diese Anforderungen. Das Photosynthese-Element unterscheidet sich dabei deutlich von den üblichen Laborexperimenten, bei denen fingernagelgroße Komponenten durch Drähte miteinander verbunden sind. Stattdessen handelt es sich um eine kompakte, zusammenhängende Baueinheit, die vollständig aus kostengünstigen, leicht verfügbaren Materialien wie etwa amorphem und mikrokristallinem Silizium und Epoxidharz besteht.

Jede Einheit enthält zwei Solarzellen, die in Reihe geschaltet sind. „Durch diese Reihenschaltung erreicht jede Photosynthese-Einheit die Spannung, die für die Wasserstoffgewinnung nötig ist, nämlich 1,8 Volt“, erläutert Jan-Philipp Becker. Die Solarzellen, die aus aufeinanderfolgenden dünnen Schichten unterschiedlicher Materialien hergestellt werden, sind dabei drahtlos miteinander verschaltet. Die dafür nötigen Strukturen werden mit Laserpulsen sozusagen ins Bauelement eingraviert. „Diese Strukturierung per Laser ist ein

größentechnisch bereits etabliertes und vergleichsweise kostengünstiges Verfahren“, sagt Bugra Turan.

Die Jülicher Wissenschaftler haben aus 13 solcher Photosynthese-Elemente ein 64 Quadratzentimeter großes System gebaut und gezeigt, dass es rund 13-mal mehr Wasserstoff produziert als ein einzelnes Element. Damit ist klar, dass künftig auch quadrametergroße Anlagen nahezu ohne Leistungseinbußen realisiert werden können. Die Energie des eingestrahlten Sonnenlichts wird dabei zu 3,9 Prozent in Form von Wasserstoff gespeichert. Die natürliche Photosynthese erreicht demgegenüber nur Wirkungsgrade von rund einem Prozent. „Unser bereits zum Patent angemeldetes Konzept ist auch mit neuartigen Materialien umsetzbar. Damit sollten noch deutlich höhere Wirkungsgrade machbar sein“, ist Jan-Philipp Becker überzeugt. Gemeinsam mit Partnern aus dem In- und Ausland wollen die Wissenschaftler nun im EU-geförderten Projekt PECSYS eine Demonstrationsanlage mit einer Gesamtfläche von zehn Quadratmetern im Forschungszentrum Jülich aufbauen. Sie soll ein halbes Jahr lang mit einem Wirkungsgrad von sechs Prozent Wasserstoff erzeugen. Außerdem möchten die Forscher zeigen, dass die Produktion von einem Kilogramm des Gases weniger als fünf Euro kostet.

BATTERIEFORSCHUNG

Alternative Batterien holen Luft

Aktuell sind Lithium-Ionen-Akkus bei Energiespeichern das Maß der Dinge. Doch Alternativen wie die Lithium-Luft- und die Silizium-Luft-Batterie stehen in den Startlöchern. Wieso sie bisher nicht so funktionieren wie erhofft und wie sie sich verbessern lassen, haben Jülicher Forscher herausgefunden.

Ein Elektroauto fährt durchschnittlich 250 Kilometer weit, bevor sein Akku wieder aufgeladen werden muss. Eine größere Reichweite gilt als wesentlich für den künftigen Verkaufserfolg der umweltfreundlichen Fahrzeuge. Doch man kann den Akku nicht einfach vergrößern, weil dann zu wenig Platz für Mitfahrer und Gepäck bliebe. Gefragt ist eine Batterie, die bei gleichem Platzbedarf rund 20-mal so viel Energie liefert wie die heutigen Lithium-Ionen-Akkus. Die Lithium-Luft-Batterie kann das – theoretisch. Ihre Funktion beruht auf einer Reaktion unter Beteiligung von Sauerstoff, der beim Entladevorgang aus der umgebenden Luft aufgenommen wird.

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

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

Um den mutmaßlichen Übeltäter dennoch zu fassen, haben sich die Forscher eines Tricks bedient: „Wir haben den Singulett-Sauerstoff gleichsam in eine che-

mische Falle gelockt“, erläutert Eichel. Dabei handelt es sich um eine kompliziert aufgebaute chemische Verbindung. Sie reagiert mit dem Singulett-Sauerstoff zu einer weiteren Verbindung mit dem Kürzel 4-Oxo-TEMPO, die stabiler als der Singulett-Sauerstoff ist. Diese lässt sich zudem gut mit der Elektronenspinresonanz-Spektroskopie (ESR) nachweisen.

Der Spielverderber: Singulett-Sauerstoff

Die Wissenschaftler haben daher eine Apparatur entwickelt, die ESR-Messzelle und zugleich auch Akku ist. So war es ihnen möglich, ESR-Messungen beim Laden und Entladen des Akkus durchzuführen. Es zeigte sich, dass tatsächlich 4-Oxo-TEMPO entsteht und damit Singulett-Sauerstoff. „Nun kann man den Lithium-Luft-Akku gezielt so maßschneidern, dass keine Prozesse stattfinden, bei denen sich reaktiver Singulett-Sauerstoff bildet. Damit haben wir einen neuen Ansatzpunkt, um Lithium-Luft-Akkus länger leistungsfähig zu machen“, sagt Rüdiger Eichel.



Prof. Rüdiger Eichel vom Institut für Energie- und Klimaforschung arbeitet an den Batterien der Zukunft.



Wie schnell sich Elektroautos durchsetzen werden, hängt auch davon ab, wie viele Kilometer man mit ihnen fahren kann, ohne neu aufladen zu müssen.

In mancher Hinsicht ist Lithium allerdings nicht das perfekte Material: Es reagiert heftig mit Luftfeuchtigkeit oder Wasser. Außerdem ist das Metall ein knapper Rohstoff, der sich bei steigender Nachfrage rasch verteuern wird. Angesichts des Abgasskandals bei Dieselmotoren, der Suche nach Alternativen und den politischen Vorgaben etwa in China wird mit einem Nachfrageboom nach Lithium gerechnet. Das ist die Chance für die sogenannte Silizium-Luft-Batterie. Denn Silizium wird aus Sand gewonnen und ist nach Sauerstoff das zweithäufigste Element der Erdkruste. Außerdem besteht die Batterie komplett aus ungiftigen und umweltverträglichen Komponenten.

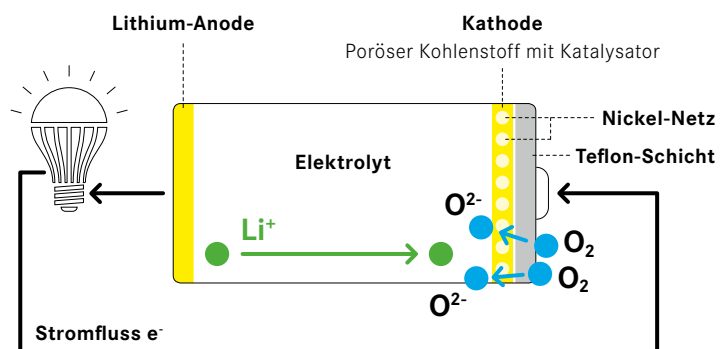
über zwei Monate lang. Dann ist das Silizium komplett aufgebraucht. „Durch das Auswechseln der Anode kann die Batterie sozusagen mechanisch wieder aufgeladen werden“, erläutert Eichel. Damit gibt es durchaus einen Weg, um die sehr kostengünstigen Silizium-Luft-Batterien in Elektroautos der Zukunft einzusetzen: „Mit einem solchen Antrieb würden sich Strecken bis zu rund 1.000 Kilometern fahren lassen. Dann könnten Roboter an einer Station die Batterie einfach austauschen – das dauert höchstens zehn Minuten“, sagt Eichel. Schmunzelnd fügt er hinzu: „Bei Postkutschen hat man schließlich auch an der Station die Pferde gewechselt.“

Wie der Strom länger fließt

Doch diesen Pluspunkten stehen bislang Nachteile gegenüber: Zum einen ist das Silizium-Luft-System kein Akku, kann also nicht aufgeladen werden. Zum anderen stoppt der Stromfluss nach relativ kurzer Zeit. Über die Gründe dafür gab es bis jetzt nur Vermutungen. Bildet sich spontan eine Schutzschicht auf der Siliziumanode, ist der Elektrolyt ungeeignet oder gibt es ein Problem mit der Luft-Elektrode? Versuche, das Problem durch Verbesserung dieser Komponenten zu beheben, erwiesen sich als wenig erfolgreich.

Die Jülicher Wissenschaftler um Rüdiger Eichel verfolgten eine andere Spur. Sie nahmen an, dass sich der Elektrolyt während des Betriebs verbraucht. Daher entwickelten sie ein Pumpensystem, mit dem er von Zeit zu Zeit nachgefüllt wurde. Das erfreuliche Resultat: Bleibt die Siliziumanode in Kontakt mit der Elektrolytflüssigkeit, läuft die Batterie – und zwar

Der Lithium-Luft-Akku



Beim Entladen der Batterie gibt das Lithium-Metall der Anode Elektronen frei, die von dort unter Leistungsabgabe durch einen äußeren Stromkreis zur Kathode fließen. Zum Ladungsausgleich wandern in der Batterie positiv geladene Lithium-Ionen zur Kathode. Die dort aus Luftsauerstoff entstandenen negativ geladenen Sauerstoff-Ionen wandern zugleich zur Anode.

UMWELTFORSCHUNG

Wo Gewässer belastet sind

Nitrat und Arzneimittel verunreinigen in Deutschland Grundwasser, Flüsse und Seen. Jülicher Forscher helfen mit ihren Computersimulationen, besonders belastete Gewässer zu identifizieren und Gegenmaßnahmen vorab zu prüfen.

Um das Grundwasser in Deutschland ist es laut aktuellem Nitratbericht der Bundesregierung nicht gut bestellt: Bei 28 Prozent der rund 700 Messstellen in landwirtschaftlich dominierten Regionen wurden zwischen 2012 und 2014 im Mittel mehr als 50 Milligramm Nitrat pro Liter gefunden – also mehr, als der Grenzwert der EU und die deutsche Trinkwasserverordnung erlauben. Nitrat kann im menschlichen Körper zu Nitrit umgebaut werden, das den Sauerstofftransport im Blut stört. Bedenklich ist die Konzentration insbesondere für schwangere Frauen und Kleinkinder. Außerdem tragen erhöhte Nitratgehalte in Oberflächengewässern dazu bei, dass sich Algen stark vermehren. Wenn sie absterben, sinkt durch Fäulnisprozesse der Sauerstoffgehalt im Wasser. Das entzieht Fischen und anderen Tieren die Lebensgrundlage.

Um die Verunreinigung von Gewässern mit Nitrat nicht nur punktuell, sondern flächendeckend zu erfassen, helfen Computersimulationen. Jülicher Forscher um Prof. Frank Wendland vom Institut für Bio- und Geowissenschaften haben entsprechende aufeinander aufbauende Computermodelle entwickelt. Ein zentrales Modell – GROWA genannt – kann den Wasserhaushalt von großen Flussgebieten oder ganzen Ländern simulieren – auf 100 Meter und den Tag genau. Mit GROWA lässt sich zum Beispiel ermitteln, wie viel Grundwasser sich jährlich neu bildet. Seit 2005 untersuchen die Forscher durch die Kombination von GROWA mit weiteren Modellen außerdem, welche Mengen an Nitra-

ten und Phosphaten in Grundwasser, Flüsse und Seen gelangen. Eingesetzt werden die Simulationsmodelle in neun deutschen Bundesländern, unter anderem in Nordrhein- Westfalen. Grundlage sind Daten unter anderem zur Landnutzung, zu Bodeneigenschaften, zu Klimaverhältnissen und zum Grundwasser. Diese stellen die Bundesländer den Forschern zur Verfügung.

Mit den Computersimulationen identifizieren die Wissenschaftler besonders belastete Gebiete. „In den meisten Fällen stammen die hohen Nitratgehalte aus dem Überdüngen von Feldern mit Gülle und Mineraldünger“, sagt Frank Wendland. Mit ihren Modellen errechnen die Wissenschaftler auch, wie stark der Nitratreintrag in einer Region verringert werden müsste, um den EU-Grenzwert einzuhalten.

Berechnen, was wirkt

Doch welche Maßnahmen müssen ergriffen werden, um die hohen Nitratwerte zu reduzieren? Die Antwort darauf ist schwieriger, als man auf den ersten Blick meinen könnte. Denn es gilt, lokale Unterschiede zu berücksichtigen. Beispiel Grundwasser: Wenig Dünger bedeutet nicht automatisch geringe Nitratbelastung. So schießt der Nitratwert in niederschlagsarmen Regionen wie der Zülpicher Börde zwischen Aachen und Köln schnell einmal über den Grenzwert hinaus – auch wenn der Landwirt die Düngeverordnung strikt einhält. Der Grund: Das Nitrat, das ins Grundwasser gelangt, wird weniger stark verdünnt als in wasserreichen Regionen.

Im Norden von Nordrhein-Westfalen (NRW) spielt auch die Nitratbelastung von Oberflächengewässern eine Rolle. Dort haben viele Landwirte bereits vor Jahrzehnten Entwässerungssysteme auf ihren Feldern installiert, die überflüssiges Wasser in Gräben oder Bäche ableiten. Der Nachteil: Wasser aus Ackerböden gelangt viel schneller in die Bäche und Flüsse – und mit ihm überschüssiges Nitrat aus den Feldern.



Prof. Frank Wendland (l.) und Dr. Björn Tetzlaff vom Institut für Bio- und Geowissenschaften



Die Überdüngung von Feldern mit Gülle und Mineraldünger führt zu hohen Nitratgehalten in deutschen Flüssen. Hinzu kommen Arzneimittelrückstände, die die Gewässer belasten.

Im Herbst 2015 haben sich die Jülicher Forscher im Projekt GROWA+NRW 2021 mit Partnern aus Wissenschaft, Landwirtschaft und Verwaltung¹ zusammengeschlossen. Gemeinsam perfektionieren sie seitdem ihre Modellkette. Sie simulieren, ob Ideen zur Nitratreduktion die erhoffte Wirkung zeigen. „Wir prüfen vorab, welche Maßnahmen sich für welche Region in NRW besonders gut eignen“, erläutert Wendland, der den wissenschaftlichen Teil von GROWA+NRW 2021 koordiniert. Ende 2017 sollen die ersten Ergebnisse vorgestellt werden.

Arzneimittel in niedersächsischen Gewässern

Dass auch urbane Gebiete zu Gewässerbelastungen beitragen, zeigten 2016 die Resultate einer Studie, die vom Land Niedersachsen in Auftrag gegeben worden war. Ihr Ziel war es zu ermitteln, an welchen Orten in Niedersachsen Bäche, Flüsse und Seen besonders stark mit den Resten von Medikamenten verunreinigt

sind. Diese Rückstände gelangen in die Gewässer, weil Medikamente im menschlichen Körper nicht vollständig abgebaut und in Kläranlagen kaum ausgefiltert werden. Jülicher Forscher simulierten den Abfluss in den Fließgewässern und verknüpften die Ergebnisse mit Daten zu 450 Kläranlagenabläufen. So ließ sich für jeden Flussabschnitt der Abwasseranteil an der natürlichen Wasserführung ermitteln und daraus auf die zu erwartende Arzneimittelbelastung schließen. Die Simulationsergebnisse wurden anhand von stichprobenartigen Messungen überprüft. Ergebnis: 7 Prozent der Flüsse sind stark, 7 Prozent mittel und 16 Prozent gering mit Medikamenten belastet. 70 Prozent der Flussabschnitte sind nicht belastet. Flussabschnitte, die stark mit Pharmazeutika verunreinigt sind, finden sich vor allem in den Ballungsräumen Osnabrück, Hannover und Braunschweig.

Für Medikamente im Wasser gibt es bislang keine amtlichen Grenzwerte. Eine Reihe von problematischen Wirkstoffen, zum Beispiel Antibiotika und solche mit hormonähnlicher Wirkung, wurde aber von der EU-Kommission auf eine „watch-list of emerging aquatic pollutants“ gesetzt. Der Jülicher Wasserexperte Dr. Björn Tetzlaff: „Wie sich ein Medikamenten-Cocktail im Abwasser auf einzelne Spezies oder gar gesamte Lebewelten beziehungsweise im Trinkwasser auswirkt, ist bislang nicht erforscht – hier betreten wir Neuland.“ Im nächsten Schritt wird das eingesetzte Simulationsmodell weiterentwickelt, damit Gewässerökologen noch detailliertere Angaben für ihre Untersuchungen erhalten.

28



Prozent der deutschen Messstellen in ländlichen Gebieten weisen mehr Nitrat auf, als der EU-Grenzwert erlaubt.

¹) Projektpartner sind: Thünen-Institut in Braunschweig; Landwirtschaftskammer NRW; Geologischer Dienst NRW; Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW; Förderung durch Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW

KLIMAFORSCHUNG

Nitratradikale produzieren Feinstaub

Organische Nitrate tragen weit stärker zur Feinstaubbildung bei als bisher gedacht, stellte ein internationales Team um die Jülicher Atmosphärenforscherin Prof. Astrid Kiendler-Scharr fest. Es fand zudem eine Antwort auf die Frage, wie diese Partikel in der Atmosphäre entstehen.



Partikel und Tröpfchen, die in der Atmosphäre schweben, werden wegen ihrer Wirkung auf Gesundheit und Klima weltweit intensiv untersucht. Wissenschaftler nennen solche Schwebeteilchen, die nur tausendstel bis millionstel Millimeter groß sind, Aerosole. Geläufiger ist der Begriff Feinstaub.

2016 veröffentlichten Wissenschaftler aus 20 internationalen Forschungseinrichtungen in der Fachzeitschrift „Geophysical Research Letters“ die Ergebnisse einer Studie zu Aerosolen in der untersten Schicht der Atmosphäre, der Troposphäre. Sie hatten mit speziellen Massenspektrometern dreimal über jeweils mehrere Wochen an insgesamt 16 Orten in ganz Europa die Zusammensetzung der Aerosole gemessen. Das Ergebnis: „Organische Nitrate machen einen bedeutenden Anteil des Feinstaubes in der bodennahen Atmosphäre aus“, sagt Prof. Astrid Kiendler-Scharr vom Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung. Organische Nitrate sind chemische Verbindungen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und mindestens einer Nitratgruppe. Diese setzt sich aus einem Stickstoff- und drei Sauerstoffatomen zusammen.

„Rund 40 Prozent der gemessenen Submikron-Nitrat-Aerosole sind organische Nitrate“, präzisiert Kiendler-Scharr, die Initiatorin und Hauptautorin der Studie. Submikron-Aerosole bestehen aus Teilchen, die kleiner sind als ein Mikrometer. Der unerwartet hohe Anteil organischer Nitrate fand sich sowohl bei Messungen in Städten als auch bei Messungen auf dem Land.

Nitratradikale in der Nacht

Die Atmosphärenforscher untersuchten auch, wie diese organischen Nitrate entstehen. Die Vermutung liegt nahe, dass Nitratradikale beteiligt sind. Sie besitzen im Gegensatz zu Nitratmolekülen ein ungepaartes Elektron und sind sehr reaktionsfreudig. In der Atmosphäre bilden sie sich aus Stickstoffdioxid, dessen Hauptquelle die Verbrennung von Benzin, Gas, Kohle und Öl ist. Nitratradikale finden sich in der Atmosphäre vor allem nachts, denn tagsüber werden sie durch die ultraviolette Strahlung des Sonnenlichts zerlegt. In der Dunkelheit jedoch sammeln sie sich in der Luft an. Treffen sie dann auf leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe, die unter anderem von Bäumen freigesetzt werden, könnten sich organische Nitrate bilden, so die Hypothese der Wissenschaftler. Bis vor ein paar Jahren ging man allerdings davon aus, dass menschengemachte Nitratradikale und natürlich entstehende Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre gar nicht aufeinanderstoßen, da sie in unterschiedlichen Luftmassen unterwegs seien.

Um herauszufinden, ob die Reaktion zwischen Nitratradikalen und Kohlenwasserstoffen nicht doch die Quelle für die gefundenen organischen Nitrate im Feinstaub sein kann, nutzten die Forscher das Com-



putermodell EURAD-IM. Es hat sich unter anderem bei der Vorhersage der Luftqualität bewährt. In das Modell fließen einerseits die Schadstoffemissionen ein, die vom Menschen verursacht werden, und andererseits die Spurengase natürlichen – biogenen – Ursprungs. Dazu kommen noch die Wetterdaten. Die Forscher simulierten nun detailliert, wie die Luft im Tagesverlauf an der Messstelle Cabauw in den Niederlanden zusammengesetzt ist. Die Simulationen zeigten, dass aus den dort nachts vorhandenen Nitratriadikalen und Kohlenwasserstoffen tatsächlich organische Nitratre in der gemessenen Menge entstehen können.

Es ist schwer einzuschätzen, wie sich die Erkenntnis auswirken wird, dass Feinstaub aus organischen Nitraten in Europa nahezu allgegenwärtig ist und dass dafür Nitratriadikale verantwortlich sind. Bis jetzt haben sich Laboruntersuchungen und Simulationsexperimente auf andere Partikelquellen konzentriert. Über den Einfluss von organischen Nitraten auf Klima- und Gesundheitseffekte weiß man deshalb nur

wenig. „Sowohl die Lebensdauer des Feinstaubes aus organischen Nitraten als auch sein Vordringen in die höhere Troposphäre ist nicht sicher bekannt, deshalb sind klimarelevante Auswirkungen nur schwer vorherzusagen“, sagt Kiendler-Scharr. Recht sicher aber lässt sich feststellen: Eine Verringerung des Stickoxid-Ausstoßes würde unmittelbar dazu führen, dass sich in der bodennahen Atmosphäre weniger Feinstaub bildet.

Hat Aerosole in der bodennahen Atmosphäre untersucht: Prof. Astrid Kiendler-Scharr.

Organische Nitratre machen einen bedeutenden Anteil des Feinstaubes in der bodennahen Atmosphäre aus.

Prof. Astrid Kiendler-Scharr | Direktorin am Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung

BIOTECHNOLOGIE

Bakterien erzeugen pflanzliche Wirkstoffe

Jülicher Biotechnologen haben den Stoffwechsel von Bodenbakterien so umprogrammiert, dass diese Substanzen herstellen, die bislang aufwendig aus Pflanzen gewonnen werden müssen. Entwickelt wurde die Methode am Beispiel Resveratrol, das beispielsweise in Weintrauben steckt.

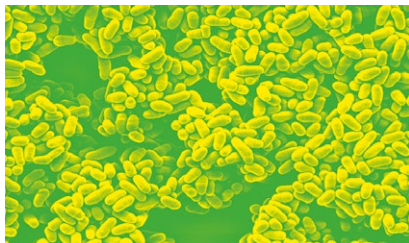
Pflanzliche medizinische Wirkstoffe effizient und umweltverträglich zu erzeugen, ist das Ziel der Wissenschaftler um Dr. Jan Marienhagen vom Jülicher Institut für Bio- und Geowissenschaften. Die Pflanzenwelt produziert mindestens 200.000 sekundäre Stoffwechselprodukte – chemische Stoffe, mit denen sie sich etwa gegen Fressfeinde und Krankheitserreger verteidigen oder bestäubende Insekten anlocken kann. Viele dieser Verbindungen sind als Arzneimittel, Aroma- und Geschmacksstoffe wertvoll für den Menschen. Fast die Hälfte aller Medikamente, die zwischen 1981 und 2006 zugelassen wurden, sind pflanzliche Naturstoffe oder direkte Abkömmlinge davon.

Eine pflanzliche Substanz, die schon häufiger im Blickpunkt von Forschung, Medien und der Fitnessszene stand, ist Resveratrol. In geringen Mengen enthalten in Weintrauben, aber auch in Erdnüssen und einigen Beeren, gab es immer wieder Meldungen, nach denen das „Rotwein-Molekül“ die gesunde Lebensspanne verlängern und Krebserkrankungen vorbeugen kann. Auch wenn das wissenschaftlich nicht ausreichend belegt ist, wird die Substanz als Nahrungsergänzungsmittel angeboten. Die Jülicher Forscher wähl-

ten sie als Beispiel, um ein Verfahren zu entwickeln, mit dessen Hilfe Bakterien pflanzliche Wirkstoffe produzieren.

Wie Jülicher Biotechnologen 2016 in der Fachzeitschrift „Metabolic Engineering“ berichteten, haben sie einen Stamm von *Corynebacterium glutamicum* entwickelt, der aus Zucker Resveratrol produzieren kann. Dieses Bakterium, eigentlich ein Bodenbewohner, wird bereits seit vielen Jahrzehnten in der Industrie eingesetzt, um weltweit jeweils rund drei Millionen Tonnen Lysin – für die Tiernahrung – und Glutamat herzustellen, das als geschmacksverstärkender Lebensmittelzusatzstoff dient. „Wir haben gezeigt, dass man diesen Mikroorganismus dazu bringen kann, auch pflanzliche Gene zu exprimieren, also abzulesen, und in Proteine umzusetzen“, so Marienhagen. „Das ist ein erster entscheidender Schritt auf dem Weg, von diesen Bakterien pflanzliche Wirkstoffe produzieren zu lassen, die pharmakologisch noch interessanter und komplizierter aufgebaut sind als Resveratrol.“ Tatsächlich hat Marienhagens Team *Corynebacterium glutamicum* bereits dazu gebracht, neben Resveratrol weitere pflanzliche Wirkstoffe aus den Gruppen der Stilbene und Flavonoide zu produzieren, die aussichtsreiche Kandidaten für Arzneimittelwirkstoffe sind.

Gegenüber der Gewinnung aus Pflanzen hat die bakterielle Produktion dieser Verbindungen prinzipielle Vorteile: Man kann den jeweiligen Wirkstoff ganzjährig erzeugen und ist nicht an die Wachstumsperioden der Pflanzen gebunden. Es werden keine Landflächen für den Anbau der entsprechenden Pflanzen verbraucht. Schließlich entfällt die aufwendige und teure Abtrennung kleiner Wirkstoffmengen vom großen Rest der Pflanze.



Lebt eigentlich im Boden, macht sich für die Industrie nützlich: *Corynebacterium glutamicum* unter dem Elektronenmikroskop.



Biotechnologie
Dr. Jan Marienhagen
verändert den
Stoffwechsel von
Bakterien, sodass
sie pflanzliche Wirk-
stoffe produzieren.

Die Voraussetzung für die Arbeit der Jülicher Biotechnologen: Die Stoffwechselwege und die Enzyme, die eine Pflanze zur Herstellung eines Wirkstoffs einsetzt, müssen bekannt sein. Am Computer entwerfen die Forscher dann Gene, die erstens die Informationen über den Aufbau der Enzyme enthalten und zweitens optimal an das Bakterium angepasst sind. Ein spezialisiertes Unternehmen stellt dann nach Jülicher Anweisungen die Gene her und die Jülicher Forscher schleusen diese über sogenannte Plasmide – ringförmige DNA-Moleküle – in die Bakterien ein. Damit die Bakterien die Plasmide besser aufnehmen, werden sie mit kurzen Stromstößen traktiert. Üblicherweise nimmt dann eine von tausend Bakterienzellen die neue genetische Information auf. Das Plasmid trägt auch Gene, die das Bakterium gegen ein Antibiotikum resistent machen. Die Bakterien werden anschließend auf einem Nährboden kultiviert, der das Antibiotikum enthält. Auf diesem Nährboden wachsen also nur die Bakterien, die genetisch verändert wurden.

Umfassend umprogrammiert

„Die Kunst besteht zum einen darin zu wissen, wie die pflanzlichen Gene an den Wirtsorganismus *Corynebacterium* angepasst werden müssen“, sagt Marienhagen. „Zum anderen gilt es, die neuen Stoffwechselwege optimal mit dem natürlichen zellulären Stoffwechsel zu verknüpfen.“ Im Fall der pflanzlichen Wirkstoffe muss *Corynebacterium glutamicum* umfassend umprogrammiert werden, da dieser Mikroorganismus die pflanzli-

Die neuen Stoffwechselwege sollen optimal mit dem natürlichen zellulären Stoffwechsel verknüpft werden.

Dr. Jan Marienhagen | Jülicher Institut für Bio- und Geowissenschaften

chen Verbindungen und deren Vorstufen lieber selbst als Nahrung nutzt. Idealerweise wird der Stoffwechsel so verändert, dass das Bakterium den Großteil der verfügbaren Energie und der Rohstoffe, die es normalerweise ausschließlich für Wachstum und Überleben einsetzt, zur Produktion des gewünschten Stoffes verwendet. Bei optimierten Stämmen, die in der Industrie für die Produktion von Lysin und anderen Aminosäuren eingesetzt werden, gelingt das so gut, dass jeder Liter Kulturflüssigkeit im Bioreaktor mehr als 100 Gramm der jeweiligen Aminosäure enthalten kann. Eine solche Ausbeute erreichen die Jülicher Stämme bei den pflanzlichen Naturstoffen nicht: Sie produzieren pro Liter bislang höchstens drei Gramm Pflanzenwirkstoff. Ab zehn Gramm pro Liter wird die Produktion im Bioreaktor angesichts der hohen Preise, die für pflanzliche Wirkstoffe erzielt werden können, wirtschaftlich interessant. Jan Marienhagen: „Ich denke, diese Marke werden wir in Kürze erreichen.“

COMMUNITY CODES

Tragfähiges Netzwerk

Computermodelle helfen den Klimawandel zu verstehen oder Gehirnströme zu berechnen. Algorithmen und Software werden von einem Netzwerk von Wissenschaftlern entwickelt und Anwendern kostenfrei zur Verfügung gestellt. Jülicher Forscher sind Initiatoren, Erfinder und Verantwortliche in dieser Infrastruktur von „Community Codes“.

Von der wissenschaftlichen Community für die wissenschaftliche Community“, so umreißt Dr. Martin Schultz vom Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung den Kern von Community Codes. „Diese Modelle werden meist von mehreren Forschern – oft institutsübergreifend oder sogar mit internationaler Beteiligung – entwickelt“, führt er weiter aus. Ein Grund für die Teamarbeit ist die enorm hohe Komplexität der Fragestellungen. In der Klimaforschung müssen zum Beispiel meteorologische Daten mit solchen über chemische und physikalische Prozesse in der Atmosphäre verknüpft werden. Zudem müssen Wechselwirkungs- und Austauschprozesse zwischen Atmosphäre, Boden und Pflanzen in die Computercodes eingearbeitet werden. In der Gehirnforschung arbeiten Physiker, Biologen, Mediziner, Pharmazeuten, Chemiker, Mathematiker und Informatiker daran, unser Denkgorgan zu verstehen. In der Fusionsforschung treffen Physik, Mathematik, Energie- und Elektrotechnik sowie Materialwissenschaften aufeinander.

Aufteilung und Zusammenarbeit

Ein weiterer Grund ist die enorme Leistungssteigerung der Großrechner bei gleichzeitiger Zunahme verfügbarer Messdaten. Die Komplexität der Computermodelle nimmt zu und die Teilkomponenten sollen zugleich besser miteinander verzahnt werden. Das erfordert eine Aufteilung in Arbeitspakete und ein koordiniertes

Vorgehen. Typische Entwicklergruppen von Community Codes umfassen meist 20 bis 30 Personen, die sich ausschließlich mit den Algorithmen befassen. Andere Gruppen liefern kleinere Beiträge und die größte Gruppe besteht aus reinen Anwendern. Schultz erläutert: „Aufgrund der zunehmend komplexeren Rechnerarchitekturen kommt es verstärkt zu Zusammenarbeiten zwischen den Supercomputing-Experten und den Naturwissenschaftlern, die die Modellcodes entwickeln.“ Am Jülich Supercomputing Centre (JSC) wurden dafür mehrere „Simulation Laboratories“ etabliert. Das JSC unterstützt die Forscher außerdem bei der Speicherung der riesigen anfallenden Datenmengen. Mithilfe sogenannter Performance Analyse Tools wird die Simulationssoftware in Zusammenarbeit mehrerer Spezialisten immer wieder optimal an die neuesten Rechnergenerationen angepasst.

Besonders in der Klima- und Erdsystemforschung dienen aussagekräftige Computermodelle als virtuelle Labore realer hochkomplexer Systeme. Zu verstehen, welche konkreten Maßnahmen zum Beispiel notwendig sind, um Klimawandel oder Luftverschmutzung zu mindern, ist wesentlich für das Überleben auf unserem Planeten. Mit dem Modell TerrSysMP (Terrestrial Systems Modeling Platform) gelang es Jülicher Geowissenschaftlern gemeinsam mit Bonner Kollegen des Meteorologischen Instituts, ein Erdsystemmodell zu erstellen, das mehrere Teilmodelle effektiv miteinander

Die Modelle werden meist von mehreren Forschern – oft institutsübergreifend oder sogar mit internationaler Beteiligung – entwickelt.

Dr. Martin Schultz | Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung



verknüpft. „Damit steht nun ein Simulationswerkzeug zur Verfügung, das zum Beispiel den Wasserkreislauf zwischen Untergrund, Landoberfläche, Vegetation und Atmosphäre geschlossen abbildet“, sagt Dr. Klaus Görden vom Jülicher Institut für Bio- und Geowissenschaften. Die TerrSysMP-Infrastruktur ist seit kurzem weltweit frei für andere Wissenschaftler verfügbar. Außerdem verantworten Jülicher Klimaforscher Teilaspekte in großen internationalen Klimamodellen, die andere Forschungseinrichtungen der Community zur Verfügung stellen. Sie entschlüsseln beispielsweise chemische Reaktionswege in der Troposphäre oder die Verschiebung globaler Luftströme in der Stratosphäre und verbessern so die Vorhersagekraft von Klimamodellen.

Unerschöpfliche Energiequelle

Alternative Energiequellen zu erschließen und damit dem Klimawandel entgegenzuwirken, ist das Ziel von Prof. Detlev Reiter vom Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung. Seit etwa 40 Jahren sind in seinen Teams entworfene und in internationaler Zusammenarbeit weiterentwickelte Community Codes für Fusionsforscher weltweit im Einsatz. Die Modelle EIRENE und B2-EIRENE und seit ca. 15 Jahren auch EMC3-EIRENE beschreiben die Wechselwirkung zwischen dem extrem heißen Plasma und der Reaktorwand. „Zahlreiche Vorgänge im wandnahen Bereich eines Fusionsreaktors entziehen sich der direkten experimentellen Betrachtung“, sagt Reiter. „Unser Wissen über die physikalischen Vorgänge am Rande des Fusionsplasmas kann daher nur mithilfe von Computersimulationen im Gesamtzusammenhang quantifiziert und auf künftige größere Fusionsanlagen oder gar auf ein Fusionskraftwerk extrapoliert werden“, fügt er hinzu. Die in seinem Team entwickelten Codes wurden im Verlauf der Jahrzehnte stets an die neueste Generation von Rechnern und Fusionsexperimenten angepasst und maßgeblich auch für die Auslegung

und das Design des Fusionsreaktors ITER genutzt. „Erst mit der jetzigen Generation von Supercomputern ist es möglich geworden, alle drei räumlichen Dimensionen einer Fusionsanlage ausreichend detailliert in die Simulation einzubeziehen“, erläutert Reiter.

Milliardenfach verknüpft

„Die Hirnforschung ist ebenfalls darauf angewiesen, dass Computermodelle die Kapazitäten der heutigen ultraschnellen Parallelrechner voll ausschöpfen“, erklärt Dennis Terhorst, Simulationsexperte im Institut für Neurowissenschaften und Medizin. Dafür entwickeln die Jülicher Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gemeinsam mit anderen Forschern unter anderem die Software NEST stetig weiter und stellen sie der wissenschaftlichen Community kostenfrei zur Verfügung. NEST ist die Abkürzung für „NEural Simulation Tool“. Damit können Forscher Netzwerke miteinander verbundener Neuronen simulieren und erforschen, wie sie untereinander kommunizieren.

Mit dem Simulator können verschiedene Neuronen- und Synapsenmodelle simuliert und es kann untersucht werden, was geschieht, wenn sich einzelne Komponenten oder Parameter im Netzwerk verändern – sei es durch Krankheit oder durch Lernvorgänge. Das Simulationswerkzeug kann über eine Schnittstelle zur leicht zu erlernenden Programmiersprache Python benutzt werden und hat mittlerweile in viele Sommerschulen und Seminare für Neurowissenschaftler Einzug gehalten. Die Verantwortlichen tauschen sich alle 14 Tage per Videokonferenz aus und beantworten Fragen von Anwendern innerhalb weniger Stunden oder Tage. Wie sehr sich NEST als Werkzeug für die Gehirnforschung bewährt, zeigt die Publikationsliste: 2016 erschienen 24 wissenschaftliche Veröffentlichungen, bei denen NEST für Modellstudien genutzt wurde, 17 davon wurden von reinen Nutzern publiziert – Tendenz steigend.

Um die Leistungsfähigkeit moderner Supercomputer voll ausnutzen zu können, sei es in der Hirn-, Umwelt- oder in der Fusionsforschung, bedarf es speziell zugeschnittener Programme. Jülicher Wissenschaftler stellen solche Community Codes der Forschergemeinschaft weltweit kostenfrei zur Verfügung.

Forschung in Kürze

Atmosphärenforschung

Fliegen und simulieren für den Klimaschutz

„Mehr denn je brauchen wir grundlegende Forschungsarbeiten und eine detaillierte Auswertung von Klimadaten, damit wir uns beim Klimaschutz auf gesicherte Fakten stützen können“, sagte Bundesforschungsministerin Prof. Johanna Wanka im März 2017 anlässlich eines Symposiums, bei dem es um die Messkampagnen – bisherige und künftige – des Langstrecken-Forschungsflugzeuges HALO ging. HALO beruht auf einer gemeinsamen Initiative von mehreren deutschen Umwelt- und Klimaforschungseinrichtungen, darunter auch das Forschungszentrum Jülich. Das Flugzeug kann bis in 15 Kilometer Höhe vordringen.

2016 veröffentlichten Klimaforscher aus Jülich, Mainz und Karlsruhe eine detaillierte Auswertung zweier Missionen, die 2012 mit HALO durchgeführt worden waren. Die Analyse unter Einsatz von Computersimulationen zeigt, dass im Sommer Luftmassen aus der Region des asiatischen Monsuns – China, Indien –, aus Südostasien und dem tropischen Pazifik innerhalb weniger Wochen in die untere Stratosphäre über Europa transportiert werden können. Dort steigen daher die Anteile etwa von Kohlenmonoxid und Wasserdampf; zugleich sinkt die Ozon-Konzentration. Solche Veränderungen vor allem von Wasserdampf in der unteren Stratosphäre können das Bodenklima beeinflussen und sind somit für den Klimawandel bedeutsam.



Hirnforschung

Fortdauerndes Wachstum im Gehirn



Viele Neurowissenschaftler waren bislang überzeugt, dass die Zahl der Verknüpfungen im Gehirn im Laufe der Jugend nur noch abnimmt. Forscher aus Jülich, Aachen, Düsseldorf, Jerusalem und Stanford kamen zu anderen Ergebnissen, die sie im Fachmagazin „Science“ veröffentlichten. Zwar halbiert sich zwischen dem dritten Lebensjahr und dem Erwachsenenalter die Zahl der Verbindungen zwischen Nervenzellen von etwa 200 Billionen auf 100 Billionen – überflüssige Kontakte werden gekappt. Doch bestimmte Hirnregionen wachsen weiter, zeigte der Vergleich des Gehirns von Kindern mit dem von Erwachsenen. Bei ihnen wurde die Entwicklung in einer Region des Schläfenlappens untersucht, die an der Verarbeitung von Sehinformationen beteiligt ist. Die Zunahme an Hirngewebe war dabei in Regionen zu beobachten, die beim Wiedererkennen von Gesichtern aktiv sind, nicht aber in benachbarten Bereichen, die daran mitwirken, Orte zu identifizieren. Die Forscher vermuten, dass vor allem die Dendriten wachsen – Fortsätze der Nervenzellen, die die Informationen zu den Nervenzellen bringen. Zudem können sich Erwachsene Gesichter weit besser merken als Orte, während es bei Kindern keine derartigen Unterschiede gibt. „Es besteht offenbar ein enger Zusammenhang zwischen der

Gewebestruktur und unserer Fähigkeit, Gesichter zu erkennen. Gesichtserkennung ist eine Fähigkeit, die sich noch im Jugendalter weiterentwickelt“, sagt Prof. Katrin Amunts, Direktorin am Jülicher Institut für Neurowissenschaften und Medizin.

Komplexe Systeme

Entstehung des Lebens

Wie das Leben auf der Erde vor rund vier Milliarden Jahren entstanden ist, wissen wir nicht genau. 2016 haben Jülicher Forscher mithilfe von Berechnungen gezeigt, wie sich die ersten Nukleinbasen gebildet haben könnten. Diese Moleküle sind ein Bestandteil der DNA und der RNA, jener Makromoleküle, die Erbinformationen speichern und verarbeiten.

Ausgangspunkt für die Forscher war das Wissen, dass das einfache organische Molekül Formamid in den Seen und Meeren der frühen Erde vorhanden war. Außerdem lassen sich alle bekannten Nukleinbasen prinzipiell aus wässrigen Formamid-Lösungen herstellen. Dazu müssen jedoch hinsichtlich Temperatur, Druck und Formamid-Konzentration bestimmte Mindestanforderungen erfüllt sein. Die Forscher vom Jülicher Institute of Complex Systems betrachteten mithilfe von numerischen Rechenverfahren zwei physikalische Phänomene, die in Gesteinsporen in flachen Seen ablaufen konnten. Erstens die Thermophorese: Formamid-Moleküle bewegen sich in einer Flüssigkeit gezielt von wärmeren zu kälteren Bereichen. Zweitens die Konvektion: Bei einem Temperaturgefälle entsteht eine Flüssigkeitsströmung, die Teilchen mitreißt. Aufgrund der Kombination dieser beiden Phänomene könnte sich Formamid in Gesteinsporen so stark konzentriert haben, dass der Bildung von Nukleinbasen nichts mehr im Wege stand.

Hirnforschung

Unterschiede mal hier, mal dort



Was geht im Hirn von Menschen vor, die an Depressionen leiden? Das wollen Neurowissenschaftler mit der funktionellen Magnetresonanztomografie herausfinden. Dieses bildgebende Verfahren zeigt, ob bei depressiven Patienten während der Bearbeitung kognitiver Aufgaben oder in emotionalen Situationen bestimmte Gehirnregionen stärker oder schwächer aktiv sind als bei gesunden Kontrollpersonen. Tatsächlich berichteten Hirnforscher in den letzten 20 Jahren immer wieder über solche Unterschiede.

Indes: Ähnliche Experimente verschiedener Arbeitsgruppen sollten zu ähnlichen Ergebnissen kommen. Sogenannte Metaanalysen überprüfen das. Sie fassen mehrere Forschungsarbeiten zum gleichen Thema zusammen und werten diese mit statistischen Methoden aus. So lassen sich entweder Gemeinsamkeiten feststellen oder Unstimmigkeiten.

Jülicher Wissenschaftler aus dem Institut für Neurowissenschaften und Medizin werteten in einer solchen Metaanalyse Patientendaten aus 57 Studien aus und stellten fest: Es ließen sich keine Gehirnregionen finden, die über verschiedene Bildgebungsstudien hinweg veränderte Aktivitäten bei depressiven Patienten aufwiesen; stattdessen wurde über funktionelle Unterschiede mal hier, mal dort im Gehirn berichtet. Gar zu unterschiedlich

waren offenbar die Patientengruppen und die einzelnen Experimente. Es fehlt an einheitlichen Standards für die Analyse und Berichterstattung, kritisieren die Jülicher Forscher im Fachjournal „JAMA Psychiatry“. Auch sei es für Wissenschaftler oft wenig reizvoll, Versuche von Kollegen zu wiederholen. Dabei wäre genau das wichtig, um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten.

Supercomputer

Steckbrief der Dunklen Materie

Nach derzeitigem Verständnis sind nur etwa 15 Prozent der Materie des Universums sichtbar, der Rest ist dunkel. Diese Dunkle Materie hat keine Wechselwirkung mit Licht oder bereits bekannten Teilchen des Universums. Bislang war die Suche nach den Teilchen, aus denen sie besteht, erfolglos. Dank der Simulationen eines deutsch-ungarischen Forscherteams, zu dem auch vier Jülicher Wissenschaftler gehören, ist nun deutlich klarer, wonach genau eigentlich gefahndet wird.

Theorien über die Dunkle Materie gibt es mehrere. Eine davon, 1977 erstmals vorgestellt und heute unter Wissenschaftlern hoch gehandelt, postuliert ein sogenanntes Axion als Elementarteilchen der Dunklen Materie. Die Wissenschaftler um Prof. Zoltán Fodor von der Universität Wuppertal und dem Forschungszentrum Jülich konnten auf dem Jülicher Supercomputer JUQUEEN berechnen, wie groß die Masse eines Axions sein müsste, wenn die Dunkle Materie aus solchen Teilchen bestünde. Demnach ist ein Axion bis zu zehn Milliarden Mal leichter als ein Elektron. Im Durchschnitt müsste jeder Kubikzentimeter des Universums zehn Millionen dieser ultraleichten Teilchen enthalten. Das Forscherteam veröffentlichte die Simulationsergebnisse Ende 2016 im Magazin „Nature“. Es skizziert in seiner Publikation auch Vorschläge, um Axione experimentell nachzuweisen. „Es ist davon auszugehen, dass die vorgelegten Ergebnisse zu einem Wettlauf um die Entdeckung dieser Teilchen führen werden“, sagt Prof. Fodor.

Energieforschung

Formel gegen den Blackout

Ob in einer Stadt oder einer ganzen Region der Strom ausfällt, hängt oft nur von einer einzigen Leitung ab. Bricht so eine wichtige Trasse weg, kann es zu einem Blackout kommen. Ein Team vom Göttinger Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation und der Jülicher Systemanalytiker Dr. Dirk Witthaut haben eine Formel entwickelt, mit der sich Stromausfälle leichter vorhersagen lassen. Die neue Formel zeigt, wie ein Stromnetz auf den Ausfall einer Leitung reagiert und identifiziert direkt die Schwachstellen des Netzes. Sie ist die perfekte Ergänzung zu aufwendigen Simulationen, wie sie Netzbetreiber laufend durchführen.

In der Regel wird der Ausfall einer Leitung dann zum Problem, wenn der Strom keine Alternativroute findet, über die er zum Verbraucher fließen kann. Daher geht in die Formel zunächst das Wissen über das ursprüngliche Stromnetz vor einem Schadensfall ein. Die Wissenschaftler bestimmen dann die Alternativrouten und deren Auslastung. Damit erhalten sie eine Zahl, die besagt, wie gut das restliche Netz den Ausfall kompensieren kann.

In Deutschland sind große Stromausfälle selten; zuletzt kam es im November 2006 dazu. Experten befürchten jedoch, dass die Stromausfälle zunehmen könnten. Grund ist der Ausbau der erneuerbaren Energien, insbesondere die schwankende Stromerzeugung durch Photovoltaik oder Windenergieanlagen.



Gifte und Gene als Auslöser für Parkinson

Seit Jahrzehnten fahnden Wissenschaftler nach den Auslösern der Parkinson-Krankheit. Verdächtige gibt es viele: So weisen Forschungsergebnisse darauf hin, dass Umweltgifte wie Pestizide oder bestimmte Metalle die Entstehung der Krankheit fördern könnten. Bei etwa fünf bis zehn Prozent der Patienten wird eine genetische Ursache angenommen. Charakteristisch für die Krankheit sind Eiweißaggregate aus Molekülen namens

Alpha-Synuklein, die sich in den Hirnzellen ablagern. Ein deutsch-argentinisches Wissenschaftlerteam mit Jülicher Beteiligung fand nun heraus, dass Umwelt und Gene dabei auf komplexe Weise zusammenwirken.

Untersucht wurde eine mutierte Form von Alpha-Synuklein, genannt H50Q, die sich bei manchen Parkinson-Patienten findet. In Gegenwart von Kupfer verklumpt dieses Eiweiß besonders schnell, stellten die Forscher fest. Doch sind diese Aggregate weniger giftig für Nervenzellen als Proteinklumpen, die ohne Kupfer entstehen.

Aggregatbildung und Giftigkeit sind also nicht direkt miteinander gekoppelt, betonen die Forscher in der Fachzeitschrift „PNAS“.

Das Zusammenwirken von mutiertem Protein und Kupferionen simulierte das Team um Prof. Paolo Carloni und Jun.-Prof. Giulia Rossetti vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin und dem Institute for Advanced Simulation auf dem Jülicher Superrechner JURECA. So ließen sich komplexe Wechselwirkungen und spektroskopische Eigenschaften von Proteinen und Metallionen vorhersagen.

Publikationen

Traditionell wird, um wissenschaftliche Produktivität und deren Wahrnehmung darzustellen, ausgewertet, wie viele Beiträge von einem Wissenschaftler oder einer Wissenschaftlerin publiziert werden. Indikatoren wie der Impact-Factor erfassen, wie häufig ein Artikel aus einer Zeitschrift zitiert wird. Doch solche klassischen bibliometrischen Indikatoren lassen sich nur auf Veröffentlichungen in Fachjournals anwenden. Um den Einfluss auch in der digitalen Welt mit ihren Wissenschaftsblogs, Netzwerken und Datenbanken zu messen, sind alternative Indika-

toren (sog. Altmetrics) nötig, zum Beispiel die Anzahl von Artikeldownloads und die Verbreitung in sozialen Medien. Die Jülicher Zentralbibliothek ist vom Bundesministerium für Bildung und Forschung beauftragt, eine Machbarkeitsstudie für den Einsatz von Altmetrics im Wissenschaftsmanagement zu erstellen zu der Frage: Können Altmetrics zuverlässig Auskunft geben über die Reichweite von Forschung in der öffentlichen Diskussion und deren Wirkung auf die Gesellschaft? Hierzu begann sie 2016 eine Kooperation mit dem britischen Datenanbieter Altmetric.com.

Fachzeitschriften mit den häufigsten Jülicher Veröffentlichungen

2016

Zeitschrift	Zahl der Publikationen
Physical Review/B	65
Geophysical Research Abstracts	51
Scientific Reports	39
Atmospheric Chemistry and Physics	34
Physical Review Letters	23
PLOS ONE	21
Physica Scripta	19
Innovatives Supercomputing in Deutschland	19
Nature Communications	18
physica status solidi (a)	17
Journal of Power Sources	17
Applied Physics Letters	16

Jülicher Publikationen in den letzten fünf Jahren

Jahr	Summe	in begutachteten Zeitschriften	dav. mit Forschern anderer Einrichtungen	Bücher, sonst. Publikationen	Dissertationen, Habilitationen
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
2016	2.202	1.580	1.290 81,6%	521	101



Kooperation

Seite 45 – 62

Mit Struktur, Verstand und Hingabe

Das Human Brain Project ist ein Forschungsvorhaben der Superlative. An Bord dieses sogenannten „EU-Flaggschiffs“ sind 117 Forschungseinrichtungen aus 24 europäischen Ländern. Verantwortlich für die richtige wissenschaftliche Route ist die Jülicher Hirnforscherin Prof. Katrin Amunts. Ziel ist es, die Funktionsweise des menschlichen Gehirns zu begreifen.

Ich möchte verstehen, wie die unterschiedlichen Ebenen der Hirnorganisation – Moleküle, Zellen, neuronale Schaltkreise oder große Netzwerke – zusammenspielen, um die verschiedenen Hirnfunktionen zu ermöglichen“, sagt Katrin Amunts. Das sei der Schlüssel dazu, so die Direktorin am Jülicher Institut für Neurowissenschaften und Medizin (INM), um große Fragen beantworten zu können: Warum können Menschen sprechen? Wie entsteht Bewusstsein? Was macht das Menschliche aus? Obwohl Amunts das sicher schon Dutzende Male so oder ähnlich formuliert hat und obwohl sie heute schon viele Stunden gearbeitet hat: Die Begeisterung für die Wissenschaft wird im Gespräch sofort spürbar, an der lebhafteren Stimme, dem wachen Blick.

Amunts sagt: „Für mich ist das Human Brain Project etwas, das sich perfekt mit dem überlappt, was ich sowieso gerne tun würde.“ Sie ist als Vorsitzende des „Science and Infrastructure Board“ (SIB) die wissenschaftliche Leiterin des Mega-Projekts. Als SIB-Vorsitzende gehört sie zugleich dem sechsköpfigen Direktorat an, das das Human Brain Project (HBP) verwaltet und managt. „Das ist schon ein Vollzeitjob“,

schmunzelt sie. „Nur, dass er nicht mein einziger ist.“ Sie ist eben auch Leiterin des INM-1, Direktorin des C. und O. Vogt-Instituts für Hirnforschung des Universitätsklinikums Düsseldorf, stellvertretende Vorsitzende des Deutschen Ethikrates und Professorin an der Uni Düsseldorf. Die elf Teilprojektleiter, die das SIB bilden, haben sie aber wohl nicht nur wegen ihrer fachlichen Qualifikation zu ihrer Vorsitzenden gewählt. Sondern auch aufgrund ihrer wissenschaftlichen Begeisterung, die sie mit einer besonnenen und kommunikativen Herangehensweise verbindet.

Interessenkonflikte vermeiden

Dass die Organisationsstruktur des HBP – neben dem Direktorat und dem SIB existieren noch das Stakeholder Board als eine Art Aufsichtsrat sowie beratende Gremien – kompliziert erscheinen mag, räumt Amunts ein. Doch: „Um Interessenkonflikte zu vermeiden, benötigt man eben bei einem so großen Projekt eine Organisation, die gewährleistet, dass wissenschaftliche und finanzielle Entscheidungen getrennt voneinander getroffen werden“, sagt sie. Tatsächlich existiert die Organisationsstruktur des Ende 2013 gestarteten HBP in

Für mich ist das Human Brain Project etwas, das sich perfekt mit dem überlappt, was ich sowieso gerne tun würde.

Prof. Katrin Amunts | Direktorin am Jülicher Institut für Neurowissenschaften und Medizin



Prof. Katrin Amunts
ist die wissenschaft-
liche Leiterin des
Human Brain Projects.

dieser Form erst seit 2016. Es gilt, viel Geld effizient und gerecht zu verteilen: Bis 2023 – also über eine Laufzeit von zehn Jahren – will die EU 500 Millionen Euro in diese neue Forschungsplattform für Europa stecken. Weitere 500 Millionen Euro sollen die einzelnen Mitgliedstaaten und Partnerinstitutionen aufbringen, was das HBP für die Medien zum „Milliardenprojekt“ macht. Für den laufenden zweijährigen Abschnitt jedenfalls hat die EU fast 90 Millionen Euro bereitgestellt. Die Verhandlungen für 2018 und 2020 laufen gerade.

Nur gemeinsam zu verwirklichen

„Doch die finanzielle Seite ist allenfalls ein Teil der Story“, findet Amunts. „Wichtiger ist, dass wir mit dem HBP-Konsortium Dinge verwirklichen können, die man aus der Einzelperspektive heraus niemals schaffen würde.“ So arbeitet sie daran, einen Atlas des mensch-

lichen Gehirns zu erstellen – bestehend aus sehr vielen übereinandergelegten Karten, in denen verschiedene Aspekte der Hirnorganisation sichtbar werden, zum Beispiel die Zellverteilung, die molekulare Architektur oder die Architektur der Faserbahnen. „Denn mir war klar, dass man das Gehirn niemals verstehen kann, wenn man sich nur einen Aspekt ansieht, zum Beispiel die Verteilung von Zellen im Gehirn“, erläutert sie. Mit den Karten hätten aber zunächst allenfalls „die Spezialisten unter den Fachleuten“ etwas anfangen können, denn einen benutzerfreundlichen Atlas zu entwickeln, ist ein schwieriges und langwieriges Unterfangen. Ihr eigentliches Ziel könne sie nur mithilfe des HBP erreichen: Wissenschaftler und Ärzte weltweit sollen sich den Atlas nicht nur ansehen, sondern ihn für Forschung und Praxis nutzen können, etwa indem sie mit den enthaltenen Daten rechnen und diese mit eigenen Befunden vergleichen. „Um das zu realisieren,

274



Publikationen in den Jahren 2014 bis 2016 zeugen vom gewaltigen wissenschaftlichen Ertrag des HBP.

muss man das Wissen von IT-Spezialisten, Webentwicklern und Wissenschaftlern verschiedener Disziplinen zusammenführen“, sagt Amunts. Sie möchte auf diese Weise auch erreichen, dass Ergebnisse aus der Grundlagenforschung helfen, neurologische oder psychiatrische Krankheiten besser diagnostizieren zu können.

Amunts hat als Expertin für die strukturelle und funktionelle Organisation des menschlichen Gehirns schon früh die Nähe zu Wissenschaftlern gesucht, die Supercomputer einsetzen, um wissenschaftliche Fragen zu lösen. 2011 arbeitete sie für das Forschungszentrum Jülich zusammen mit Thomas Lippert, dem Leiter des Jülich Supercomputing Centre, einen Förderantrag an die Helmholtz-Gemeinschaft aus. Die Idee war, einerseits die neurowissenschaftliche Forschung mithilfe der Simulationswissenschaften und Datenanalyse zu stärken. Und andererseits die Supercomputerszene durch den Bedarf der Neurowissenschaften zu neuen Höchstleistungen zu inspirieren. Hirnforscherin Amunts und Supercomputer-Experte Lippert hatten eine Win-win-Situation erkannt – Amunts spricht lieber von „Geben und Nehmen“. Das Resultat war das Projekt „Supercomputing and Modelling for the Human Brain“, das als Querschnittsthema von der Helmholtz-Gemeinschaft speziell gefördert wurde. „Das wurde dann zum starken Beitrag des Forschungszentrums Jülich zum HBP“, sagt Amunts.

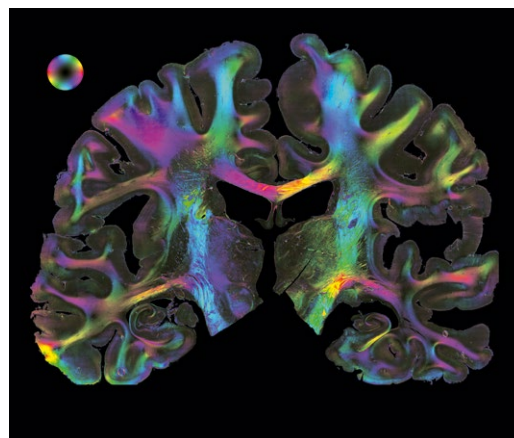
Geben und Nehmen

Die Hirnforscherin ist davon überzeugt, dass auch das Verhältnis zwischen Forschungszentrum Jülich und dem HBP durch ein Geben und Nehmen geprägt ist. Ein Beispiel: Das Forschungszentrum hat große Kompetenz in der Auswertung und Visualisierung riesiger Datenmengen in das HBP eingebracht. Solche Datenmengen fallen bei der Simulation des Gehirns an, aber auch bei Studien, in denen Hunderte Teilnehmer mit

der funktionellen Magnetresonanztomografie oder anderen bildgebenden Verfahren untersucht werden. Umgekehrt können die Jülicher Experten ihre Supercomputer besonders gut weiterentwickeln, weil sie durch die konkreten Anwendungen aus dem HBP erfahren, was gebraucht wird, um die Anforderungen zu bewältigen.

Amunts ist ständig in Sachen HBP unterwegs. Sie findet persönliche Treffen mit den anderen führenden Wissenschaftlern unerlässlich, unter anderem um Vertrauen aufzubauen. Außerdem hält das SIB zweimal im Monat eine zwei- bis dreistündige Videokonferenz ab. Sie zeigt auf einen riesigen Bildschirm in ihrem Büro: „Dafür habe ich dieses Schmuckstück hier anschaffen lassen. Sonst würden bei den Gesprächen meine elf Kollegen auf Briefmarkengröße schrumpfen.“ Auch das Direktorat tagt überwiegend per Videokonferenz. Das nötige Managementwissen hat sich Amunts durch „learning by doing“ in anderen Forschungsprojekten und Leitungsfunktionen angeeignet, aber auch einige spezielle Kurse und Fortbildungen besucht.

Amunts hält ein professionelles Management im HBP für notwendig. „Die Aufgabe, das Gehirn zu verstehen, ist so groß, dass sie kein einzelnes Institut, keine Forschungseinrichtung und kein Land alleine bewältigen kann. Man braucht ein großes Konsortium, das notwendigerweise auch einen gewissen Verwaltungsaufwand erfordert. Sicher jedoch ist da noch genügend Raum für Verbesserungen“, sagt sie. Für die häufigen Berichte und die vielen Begutachtungsrunden, die zu der Pflicht gegenüber der EU gehören,



Visualisierung der Nervenfaserbündel in einem menschlichen Gehirn

äußert sie zumindest Verständnis: Schließlich handele es sich um ein neues Förderformat, das erste Flagship-Projekt der EU. „Vielleicht wird man da künftig etwas flexibler“, wünscht sie sich.

Reiches wissenschaftliches Leben

Amunts bedauert es, dass sie selbst es angesichts ihrer vielen Aufgaben nicht schafft, an allen wissenschaftlichen HBP-Workshops teilzunehmen, die sie interessieren würden. „Andererseits spricht es doch für den Reichtum des wissenschaftlichen Lebens im Projekt, wenn das Angebot größer ist, als ein Einzelner es wahrnehmen kann.“ Als weitere, bereits sichtbare Erfolge verweist sie auf die sechs sogenannten Infrastruktur-Plattformen. Wissenschaftler weltweit können sie für ihre Forschung nutzen. Die Plattformen sind in einer ersten Ausbaustufe seit April 2016 in Betrieb. Sie stellen Hard- und Software für Experimente, Datenanalysen und Simulationen bereit. Eine Sonderstellung hat dabei die Neuroinformatik-Plattform als Basis und Serviceeinrichtung für die anderen Plattformen. „Mit ihr zeigt sich das HBP auch als Pionier der modernen kooperativen Forschung“, sagt Thomas Lippert vom Jülich Supercomputing Centre (JSC). Die Experten der Neuroinformatik-Plattform stellen zusammen mit ihren Kollegen der High Performance Analytics und Computing Platform, die Thomas Lippert leitet, unter anderem sicher, dass mittels eines Cloud-basierten Systems auf die anderen Plattformen zugegriffen werden kann und dass die verschiedenen Systeme zur Datenauswertung miteinander kompatibel sind. Sie entwickeln und betreiben fortschrittliche Speicher für die aufbereiteten Daten und neue Suchtechnologien. So nahm das JSC 2016 zwei Pilot-systeme für das HBP in Betrieb, die es ermöglichen, extrem große Datenmengen mit neuen Verfahren des maschinellen Lernens zu analysieren.

Zu den sechs Plattformen gehört auch die „Neuromorphic Computing Platform“. Dort werden Computer eingesetzt und weiterentwickelt, die ein physikalisches Abbild von Funktionsprinzipien des menschlichen Gehirns sind. Weiterhin existiert eine Medizininformatik-Plattform, die dazu dient, große Mengen anonymisierter Patientendaten zu gewinnen und zu analysieren. Die Analysen sollen Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen verschiedenen Hirnerkrankungen aufspüren.

„Da die Infrastruktur-Plattformen nun in ihrer ersten Version zur Verfügung stehen, wird das HBP zusätzlich an Fahrt aufnehmen“, ist Amunts überzeugt. Wobei



auch schon in den letzten Jahren der wissenschaftliche Ertrag des HBP gewaltig war. Nicht zuletzt die 274 Publikationen in den Jahren 2014 bis 2016, viele davon in absoluten Top-Journalen, zeugen davon. Zu den wegweisenden Veröffentlichungen zählt auch eine Untersuchung der Wissenschaftler um Prof. Markus Diesmann, Direktor am INM und am Institute for Advanced Simulation. Die Forscher haben unter anderem gezeigt, dass Neurowissenschaftler in der Lage sind, den gesamten Speicher der größten heute verfügbaren Supercomputer zu nutzen, um darauf Netzwerke aus einer Milliarde Nervenzellen samt all ihrer Kontaktstellen – Synapsen – zu simulieren. Das entspricht etwa einem Prozent der Nervenzellen des menschlichen Gehirns. Andererseits haben die Wissenschaftler um Diesmann auch belegt, dass man nicht von verkleinerten neuronalen Netzwerken auf das Verhalten von Netzwerken natürlicher Größe schließen kann, also auch nicht auf die Aktivität des menschlichen Gehirns. Insofern ist es nötig, die Supercomputer-Leistung weiter zu steigern, um beispielsweise Lernvorgänge realistisch simulieren zu können.

Internationale Kooperationen (EU)

EU-geförderte Projekte mit Jülicher Beteiligung 2016
Fördersumme über 1 Million Euro

Akronym	Projekttitel	Vertrags- volumen Jülich (Euro)
Projekte im 7. Forschungsrahmenprogramm		
HBP	Human Brain Project	3.618.200
K IMAGINE	Imaging Magnetism in Nanostructures using Electron Holography	1.984.340
K PRACE-3IP	Third Implementation Project Phase of the Pan-European High Performance Computing infrastructure and services	1.373.511
K DEEP-ER	Dynamical Exascale Entry Platform – Extended Reach	1.247.449
K GREEN-CC	Graded Membranes for Energy Efficient New Generation Carbon Capture and Storage Process	1.178.580
Projekte in Horizon 2020		
HPB SGA-1 SGA-RIA	Human Brain Project Specific Grant Agreement – Research and Innovation Action	7.481.323
EURO-fusion	European Consortium for the Development of Fusion Energy	6.800.000
K SoNDe	Solid-State Neutron Detector – A new Neutron Detector for High-Flux Applications	2.966.330
srEDM	Search for electric dipole moments using storage rings	2.467.713
Dynasore	Dynamical magnetic excitations with spin-orbit interaction in realistic nanostructures	1.994.879
SARLEP	Simulation and Understanding of the Atmospheric Radical Budget in Regions with Large Emissions from Plants	1.850.000
K PRO-PLANT-STRESS	Proteolytic processing in plant stress signal transduction and responses to abiotic stress and pathogen attack	1.804.663
EMPHASIS-PREP	European Multi-environment Plant pHenomics And Simulation InfraStructure – Preparatory Phase	1.647.737
CUSTOM-SENSE	Custom-made biosensors – Accelerating the transition to a bio-based economy	1.482.220
SMART GRID PLUS	ERA-Net Smart Grids Plus: support for deep knowledge sharing between regional and European Smart Grids initiatives	1.331.147
EoCoE	Energy oriented Centre of Excellence for computing applications	1.174.480
K PRACE-4IP	4th Implementation Phase of the Pan-European High Performance Computing infrastructure and services	1.078.969
PRACE-5IP	5th Implementation Phase of the Pan-European High Performance Computing infrastructure and services	1.030.668
SINE2020	World-class Science and Innovation with Neutrons in Europe 2020	1.017.360

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			
Health	7	1	2.190.000
Food	16	–	3.085.000
ICT	16	3	9.715.000
NMP	16	3	9.022.000
Energy	15	2	6.750.000
Environment	10	2	4.892.000
Space	4	–	1.420.000
ERC	3	2	4.077.000
People	15	4	4.957.000
Infrastructure	31	7	24.527.555
ERA-NET	17	6	4.530.000
Joint Techn. Initiatives	11	4	3.393.000
EURATOM	14	1	4.000.000
COST	2	–	360.000
EU-Russia	1	1	315.500
Science in Society	1	–	325.000
Research for the Benefit of SME	1	–	280.000
Regions of Knowledge	1	–	72.000
Transport	1	–	62.000
FRP7 gesamt	182	36	83.973.055
Horizon 2020			
EURATOM	4	–	7.109.753
Excellent Science	31	6	31.399.582
Industrial Leadership	3	1	1.186.233
Societal Challenge	26	5	6.696.111
Spreading Excellence and Widening Participation	1	–	179.382
Horizon 2020 gesamt	65	12	46.571.061

K Forschungszentrum Jülich als Koordinator

Nationale Kooperationen

Laufende Projekte 2016 mit einer Fördersumme ab 2 Millionen Euro im jeweiligen Projektzeitraum

	Akronym	Projekttitel	Förderer	Vertragsvolumen Jülich (Euro)
	–	Aufbau eines Petaflop-Rechners (einschl. Aufstockung 2016)	MIWF	47.200.000
	PetaGCS	Beschaffung und Betrieb von Supercomputern für das GCS als Beitrag zum Nationalen Versorgungskonzept für Tier 0/1 im Rahmen eines europäischen HPC-Ökosystems (einschl. Aufstockung 2016)	BMBF	45.423.000
	HESR	High-Energy Storage Ring of the future international Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR)	BMBF	38.220.000
K	DPPN	Deutsches Pflanzen Phänotypisierungsnetzwerk	BMBF	18.342.495
K	BioSC	Bioeconomy Science Center	MIWF	17.872.137
	–	Ausbau eines Petaflop-Rechners	MIWF	16.000.000
K	IAGOS-D	In-service Aircraft for a Global Observing System, Hauptphase	BMBF	7.250.534
	HI MS	Helmholtz-Institut Münster Anschubfinanzierung	MIWF	5.000.000
	P2X	Erforschung, Validierung und Implementierung von „Power-to-X“-Konzepten (Kopernikus)	BMBF	4.609.323
	MeMo	Elektrochemische Metall-Metalloxid-Hochtemperaturspeicher für zentrale und dezentrale stationäre Anwendungen	BMBF	4.421.590
K	AUFWIND	Algenproduktion und Umwandlung in Flugzeugtreibstoffe: Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit, Demonstration	BMEL	3.155.501
	VITI	Virtual Institute for Topological Insulators	HGF	2.900.000
	HI ERN	Bauvorhaben zum Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg	StMWI	2.634.454
	MIE	Molecular Interacting Engineering	BMBF	2.588.276
	PGSB	Palestinian-German Science Bridge	BMBF	2.541.753
	SenseUP	Ausgründungsvorhaben Stephan Binder und Georg Schaumann HTSR Plattform GoBio	BMBF	2.535.687
	MEET Hi-END	Materialien und Komponenten für Batterien mit hoher Energiedichte	BMBF	2.516.692
	HITEC	Helmholtz Interdisciplinary Doctoral Training in Energy and Climate Research	HGF	2.400.000
	–	Helmholtz-Validierungsfonds „BrainPET 7T“	HGF	2.000.000
	D3-Derivate	Helmholtz-Validierungsfonds „Validierung von Alzheimer-therapeutischen Substanzen abgeleitet von D3“	HGF	1.996.211
	SMART START	Joint Training Program in Computational Neuroscience	VW-Stiftung	1.975.400
	AttendPredict	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 2016 betrug insgesamt 386, davon 130 mit mehreren Partnern. 24 Verbünde wurden von Jülich koordiniert.

K Forschungszentrum Jülich als Koordinator

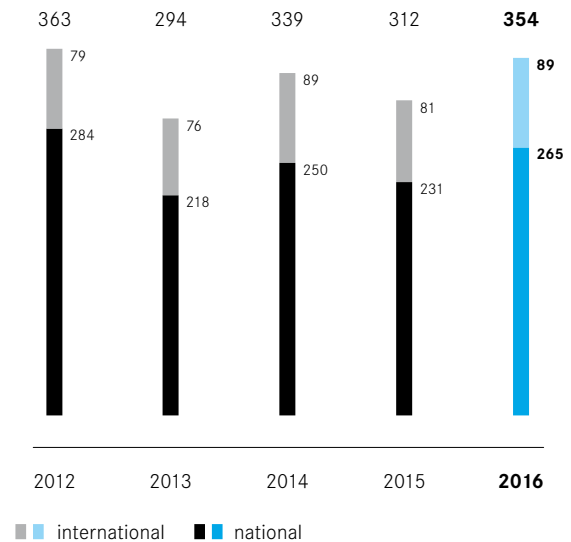
Industriekooperationen

Wichtige Industriekooperationen

2016

Industriepartner	Projekt
Bayer CropScience	Project Agreement concerning Crop-Biologicals Phenotypes, P4P
MAN Turbo AG	Extrapolation der Bondcoat-Degradationskinetik auf betriebsrelevante Temperaturen
TenneT TSO GmbH	Erstellung eines Lastenheftes für das Projekt „Technische Datenverarbeitung“
Siemens AG	Rechenzeiten auf dem Clustersystem JURECA
Siemens Power Generation	Modellierung der Schädigung beschichteter metallischer Turbinenkomponenten
Safran Tech	Burner rig testing of PVD-TBCs w/wo CMAS loading

Anzahl der Industriekooperationen



Der JURECA-Cluster hilft bei der Entwicklung von Gasturbinen: Siemens führt zur Entwicklung und Optimierung von Gasturbinen Strömungsrechnungen auf 3.000 bis 5.000 Rechenkernen des JURECA-Clusters durch.



Dr. Thomas Grünewald, Staatssekretär im Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen (I.), im Gespräch mit Dr. Romuald Hanslik am Stand des Jülicher Zentralinstituts für Engineering und Technologie auf der Hannover Messe

JÜLICH AACHEN RESEARCH ALLIANCE

Gemeinsam die Zukunft gestalten

In der Jülich Aachen Research Alliance, kurz JARA, bündeln die RWTH Aachen und das Forschungszentrum Jülich seit 2007 ihre Kompetenzen. Gemeinsam stellen sie sich den zentralen Herausforderungen der Gesellschaft und überwinden dabei das Nebeneinander von universitärer und außeruniversitärer Forschung und Lehre.

JARA in Zahlen

Budget	Mio. Euro
Gesamt	500
Investitionssumme	60
Mittel aus Exzellenzinitiative ¹⁾	13,6
1) Laufzeit 2012–2017	
Berufungen	seit 2006
Gemeinsame Berufungen ²⁾	61 ³⁾
2) Stand: 31.12.2016 3) ohne Mitglieder der Geschäftsführung	
Veröffentlichungen	2016
Veröffentlichungen von allen an JARA beteiligten Institutionen ⁴⁾	1.675
Gemeinsame Veröffentlichungen	940

4) referierte Publikationen, Stand: 31.12.2016



Prof. Ernst Schmachtenberg (l.), Rektor der RWTH Aachen, überreicht am 1. April 2016 die Ernennungsurkunde an Prof. David DiVincenzo, einen von zwölf neuen JARA-Professoren.

Neue JARA-Institute

Die langjährige Kooperation hat sich auch 2016 weiterentwickelt: Im Rahmen des JARA-Tags am 1. April 2016 wurden vier JARA-Institute zu Themen der Hirnforschung und der Informationstechnologie gegründet. Sie sollen die Forschung in Jülich und Aachen noch enger verbinden. Zwölf Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wurden bei der Gründungsfeier zu JARA-Professoren ernannt. Als Gäste dabei waren Thomas Rachel, parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für

Bildung und Forschung, und Dr. Thomas Grünewald, Staatssekretär im Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen.

Ziel der beiden JARA-BRAIN-Institute „Brain structure-function relationships: Decoding the human brain at systemic levels“ und „Molecular neuroscience and neuroimaging“ ist es, die Funktionen und auch die Störungen des Gehirns besser zu verstehen. Die Ergebnisse sollen

zu neuen Therapien und verlässlicheren Diagnoseverfahren beitragen.

Schwerpunktthema der beiden JARA-FIT-Institute „Energy-efficient information technology“ (Green IT) und „Quantum Information“ (QI) ist die Entwicklung umweltfreundlicher Informationstechnologie. Es geht darum, bei geringem Verbrauch von Energie und Ressourcen große Speicherkapazitäten und hohe Rechenleistungen zu erreichen.

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

Die Sommerreise 2016 von Bundesforschungsministerin Prof. Johanna Wanka stand unter dem Thema „Die Zukunft des Lebens im Alter“. Eine ihrer zehn Stationen war die Forschungsallianz JARA-BRAIN, in der das Forschungszentrum Jülich und die RWTH Aachen ihre Arbeiten zur translationalen Hirnforschung in Psychiatrie und Neurologie bündeln. Dabei fördert JARA-BRAIN insbesondere den wissenschaftlichen Nachwuchs. Und so waren es vor allem junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die der Ministerin ihre aktuelle Forschung vorstellten. In drei thematischen Runden ging es um Fragen wie:

- Hirnveränderungen im Zusammenhang mit dem Altern – welche sind normal und welche nicht?
- Ein gesunder Geist braucht einen gesunden Körper – welche Effekte hat beispielsweise Sport?
- Die Chancen der Digitalisierung – welchen Nutzen hat sie für eine bessere bildliche Darstellung und die übergeordnete Auswertung mehrerer Studien?

2

Sustainable Energy Experiments

JARA-ENERGY

Künftig wird in Deutschland immer häufiger Strom aus Wind- und Sonnenenergie zur Verfügung stehen, auch dann, wenn Haushalte und Industrie ihn nicht unmittelbar benötigen. Dann gilt es, ihn entweder für nachfragestarke Zeiten zu speichern oder ihn sinnvoll zu nutzen. Entsprechende Technologien will das 2016 gestartete Projekt „Power-to-X“ entwickeln. Es ist eines von vier „Kopernikus-Projekten für die Energiewende“, die vom Bundesforschungsministerium gefördert werden. Auf diesem Gebiet arbeiten die RWTH Aachen und das Forschungszentrum in der JARA-Sektion ENERGY schon jahrelang zusammen. Gemeinsam mit der DECHEMA koordinieren sie das neue Projekt.

„Power-to-X bringt Wissenschaft, Industrievertreter, Energieversorger und Bürgervereine zusammen, damit wir in fünf bis zehn Jahren für die Speicherfrage Lösungen haben, die sich im großen Maßstab umsetzen lassen“, sagte Bundesforschungsministerin Prof. Johanna Wanka bei der Auftaktveranstaltung in Jülich. Ihr Ministerium fördert „Power-to-X“ in der ersten Phase mit 30 Millionen Euro.

3

Forces and Matter Experiments

JARA-FAME

Die Wissenschaftler der Sektion JARA-FAME feierten 2016 das fünfjährige Bestehen eines Experiments an Bord der Internationalen Raumstation ISS, an dem sie beteiligt sind. Seit 2011 umkreist das Alpha-Magnet-Spektrometer (AMS) in 400 Kilometer Höhe die Erde. Es misst kosmische Strahlung außerhalb der Erdatmosphäre, um Antworten auf die großen Fragen der modernen Physik zu finden. In dieser Zeit hat AMS rund 90 Milliarden geladene Teilchen aufgezeichnet. Das Spektrometer lieferte bereits überraschende Ergebnisse über die Zusammensetzung kosmischer Strahlung. So entdeckte es bei hohen Energien deutlich mehr Positronen und Antiprotonen, als die Forscher erwartet hatten. Darüber hinaus sind diese Ergebnisse ein möglicher Hinweis auf den Ursprung der rätselhaften Dunklen Materie. Mit einer Bauzeit von 15 Jahren, Kosten von 1,5 Milliarden Dollar, einem instrumentierten Volumen von 60 Kubikmetern und einem Gewicht von sieben Tonnen ist AMS das größte Experiment zur Grundlagenforschung auf der ISS.



Bundesministerin für Bildung und Forschung Prof. Johanna Wanka beim Besuch von JARA-BRAIN in der Uniklinik der RWTH Aachen. 3D-Simulationen liefern neue Erkenntnisse über das menschliche Gehirn.

4

Fundamentals of Future Information Technology

JARA-FIT

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus JARA-FIT haben mit US-amerikanischen Kollegen ein Verfahren entwickelt, um sogenannte ReRAM-Speicher besser zu verstehen. Diese arbeiten schneller und benötigen weniger Energie als herkömmliche Speicher. Zudem bleiben Daten auch ohne Stromfluss erhalten – ein Computer kann daher schneller hochfahren. Zwar sind ReRAM-Speicher bereits seit einigen Jahren auf dem Markt, doch war der Schaltvorgang bislang nur unvollkommen verstanden. Er beruht darauf, dass sich Sauerstoff-Ionen in einer Metalloxidschicht bewegen. Wie viele Ionen aber wandern müssen, um zwischen 0 und 1 hin und her zu schalten, lässt sich erst mit dem neuen Verfahren der JARA-Forscher ermitteln, über das sie im August 2016 in „Nature Communications“ berichteten: Durch eine nur eine Atomlage dicke Graphenschicht konnten sie die Konzentration der Sauerstoff-Ionen mit einem Photoemissionsmikroskop messen und anhand der gewonnenen Daten die Vorgänge in ReRAM-Bauelementen simulieren.

5

High-Performance Computing

JARA-HPC

Für das High-Performance Computing steht JARA-Forschern und ihren Kooperationspartnern seit November 2016 ein neuer Rechner zur Verfügung, der die bestehende Rechenleistung in der JARA-HPC-Partition beträchtlich erhöht. Die JARA-HPC-Partition besteht aus Anteilen der in Aachen (CLAIX) und Jülich (JUQUEEN und JURECA) installierten Hoch- und Höchstleistungsrechner. Der Rechencluster „Claix“ wird in zwei Stufen installiert und löst an der RWTH Aachen das 2011 installierte Vorgängersystem „Compute Cluster“ ab. Alle Rechenknoten sind weiterhin mit Prozessoren der schon bisher genutzten x86_64-Architektur ausgestattet und werden unter dem Betriebssystem Linux betrieben. Bereits mit Inbetriebnahme der ersten Installationsstufe des neuen RWTH-Systems „CLAIX“ verdoppelt sich die im Rahmen der JARA-HPC-Partition in Aachen bereitgestellte Rechenleistung auf 400 Teraflops. Insgesamt beträgt die Leistung nun mehr als ein Petaflops. Das griechische Präfix „Peta“ bedeutet 10^{15} (eine Billion), „flops“ steht für floating point operations per second“ (Gleitkommaoperationen pro Sekunde).

6

Soft Matter Science

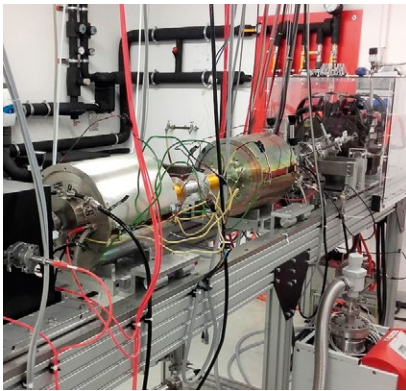
JARA-SOFT

Erfolgreich wurde 2016 die Fortführung des Sonderforschungsbereichs „Funktionelle Mikrogele und Mikrogelsysteme“ beantragt, an dem das Institute of Complex Systems, das Jülich Centre for Neutron Science und das Institute for Advanced Simulation beteiligt sind. Ziel der Arbeiten ist es, von der Natur inspirierte intelligente Materialien zu entwickeln. Mikrogele bestehen aus einem Netzwerk von Polymeren, die stark aufquellen können. Diese gequollenen Mikrogele, auch „Nanoschwämme“ genannt, können ihre Form den jeweiligen Erfordernissen anpassen und kleinere Moleküle aufnehmen. Unter Leitung des JARA-SOFT-Sprechers Prof. Walter Richtering arbeiten die Forscher daran, diese Materialien genauer zu verstehen, um neue Mikrogele für spezifische Anwendungen herstellen zu können. Sie sollen sich künftig beispielsweise für die Wasseraufbereitung nutzen lassen oder für Stoffaustauschprozesse bei der Behandlung mit Medikamenten.

Kooperationen in Kürze

Energieforschung

Kooperation für Kernfusion



In Fusionskraftwerken sollen die Atomkerne der Wasserstoffvarianten Deuterium und Tritium zu Heliumkernen verschmolzen werden, um dabei große Mengen Energie zu gewinnen. Physiker des Jülicher Peter Grünberg Instituts, des Instituts für Kernphysik und des Instituts für Laser- und Plasmaphysik der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf wollen gemeinsam mit Kollegen vom russischen Budker-Institut in Nowosibirsk eine neue Quelle für polarisierte Deuterium-Moleküle entwickeln, mit der die Wahrscheinlichkeit für diese Fusionsprozesse verbessert wird. Auf Jülicher Seite sind auch das Institut für Kernphysik sowie das Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik Projektpartner. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und die Russian Science Foundation (RSF) fördern das Projekt seit dem Sommer 2016 für drei Jahre mit insgesamt mehr als 500.000 Euro.

Umweltforschung

Umweltobservatorien am Mittelmeer

Der steigende Wasserbedarf und der Klimawandel machen es schwierig, die Agrarproduktion im Mittelmeerraum zu sichern. Gefragt sind Managementstrategien, um die Landwirtschaft effizienter zu machen. Um dafür wichtige Informationen zu gewinnen, richten Jülicher Wissenschaftler vom Institut für Bio- und Geowissenschaften in Kooperation mit dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) und lokalen Partnern Beobachtungsplattformen für die Sammlung von Umweltdaten in ausgewählten Mittelmeerregionen ein. Vorbild sind die vier Observatorien des deutschen TERENO-Netzwerks. Die Umweltparameter werden mit satellitengestützten Fernerkundungsdaten abgeglichen. Das Observatorien-Netzwerk ist Bestandteil der Helmholtz-Initiative **ACROSS**, aus der das Forschungszentrum Jülich 2016 bis 2018 drei Millionen Euro erhält.



Biotechnologie

Mikroorganismen für die Industrie



Das Jülicher **Microbial Bioprocess Lab (MiBioLab)** ist eines von sieben neuen Helmholtz-geförderten Innovation Labs, die Unternehmen langfristig in gemeinsame Projekte einbinden wollen. Das MiBioLab stellt innovative Technologien für die Entwicklung von Produktionsprozessen mit Mikroorganismen bereit. Ziel ist die schnelle Phänotypisierung – also die quantitative Analyse von strukturellen und funktionellen Eigenschaften – von Mikroorganismen, die Produkte der industriellen Biotechnologie (zum Beispiel Chemikalien, Pharmazeutika, Futter- oder Lebensmittelzusätze) produzieren. Die Helmholtz-Gemeinschaft fördert das MiBioLab, das derzeit mit zehn Industriepartnern kooperiert, von November 2016 bis Oktober 2019 mit rund 1,5 Millionen Euro.



Die European Spallation Source (ESS): noch eine Großbaustelle, künftig die stärkste Neutronenquelle der Welt

Neutronenforschung

Auf dem Weg zur ESS

Rund 40 Organisationen aus 17 Ländern arbeiten daran, im schwedischen Lund die stärkste Neutronenquelle der Welt entstehen zu lassen, die **European Spallation Source (ESS)**. Das Forschungszentrum Jülich koordiniert den deutschen Beitrag; es ist federführend für die Konstruktion der drei Instrumente SKADI, DREAM und T-REX, arbeitet am Instrument MAGIC mit und liefert wichtige Komponenten für das Target-System, aus dem die Neutronen freigesetzt werden. Beteiligt sind das Jülicher Zentrum für Forschung mit Neutronen (JCNS) und das Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik (ZEA). Im Frühjahr 2017 wird die Phase 1 der Instrumentenentwicklung mit dem vorläufigen Design abgeschlossen. 2019 soll die ESS die ersten Neutronen liefern. Die Arbeiten werden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit 200 Millionen Euro gefördert; die gesamten Baukosten der ESS betragen rund 2 Milliarden Euro.

Energieforschung

Membranen für die Energiewende

Im Projekt **ProtOMem** arbeiten Wissenschaftler des Instituts für Energie- und Klimaforschung daran, protonenleitende Membranen zu optimieren, die in zweierlei Hinsicht für die künftige nachhaltige Energieversorgung bedeutsam sind: Erstens dafür, chemische Energie zum Beispiel in Brennstoffzellen hocheffizient in Strom umzuwandeln. Zweitens, um Energieträger wie reinen Wasserstoff zu erzeugen. Durch verbesserte Werkstoffe und gezielte Mikrostrukturierung sollen die Membranen zehnmal leistungsfähiger werden als bislang. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert das Vorhaben, das gemeinsam mit der RWTH Aachen und dem Max-Planck-Institut für Festkörperforschung in Stuttgart durchgeführt wird, seit Juli 2016 für drei Jahre mit 1,4 Millionen Euro.



Energieforschung

Kombipack für die Photovoltaik

Mit einer Fördersumme von gut 5,6 Millionen Euro, davon 3,8 Millionen aus dem EU-Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020, startete im November 2016 eines der derzeit größten Photovoltaik-Forschungsvorhaben in Europa. Koordiniert vom Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung, arbeiten im Projekt **NextBase** („Next-generation interdigitated back-contacted silicon heterojunction solar cells and modules by design and process innovations“) neun europäische Partner aus der Wissenschaft und fünf aus der Wirtschaft zusammen. Die Forscher wollen die Vorteile von zwei Typen von Solarzellen kombinieren – Silizium-Heterostruktursolarzellen (SHJ) und Interdigitated Back-Contacted Solarzellen (IBC) auf Basis von kristallinem Silizium. So sollen Wirkungsgrade von über 26 Prozent erreicht werden. Ziel ist es, industrielle Herstellungsverfahren für derartige Module zu entwickeln.

Klimaforschung

Klimaforschung im Höhenflug



Die internationale Forschungsinfrastruktur **IAGOS** („In-service Aircraft for a Global Observing System“) sammelt mit kompakten und selbstständig arbeitenden Instrumenten an Bord von Linienflugzeugen Daten zur chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre. Im Juli 2016 wuchs die Flotte um eine weitere Maschine der Fluggesellschaft China Airlines, des IAGOS-Hauptpartners in Fernost. Mit Hawaiian Airlines konnte außerdem erstmals eine US-Partnerfluglinie hinzugewonnen werden, deren erstes Flugzeug 2017 Daten liefern wird. Zusammen mit der Ende 2016 erteilten Zulassung für den Betrieb von CO₂- und Methan-Messinstrumenten auf den IAGOS-Flugzeugen gibt das der erfolgreichen Forschungsinfrastruktur 2017 einen umfassenden Schub.

Porntip Chiewchankaset, Doktorandin an der King Mongkut's University of Technology Thonburi, erforscht in Thailand und am Jülicher Institut für Pflanzenwissenschaften, wie die Produktivität von Maniok gesteigert werden kann.

Bioökonomie

Biobasierte Wirtschaft

Um den Wandel von einer erdölbasierten zu einer nachhaltigen, klima- und ressourcenschonenden Wirtschaft zu fördern, wurde 2010 vom Forschungszentrum Jülich und den Universitäten in Aachen, Düsseldorf und Bonn das **Bioeconomy Science Center (BioSC)** gegründet. Es fokussiert sich künftig auf drei Themenfelder: „Smartes Management der Pflanzenproduktion“, „Integrierte Bioraffinerien für eine nachhaltige Produktion und Prozessierung“ und „Modulare Biotransformationen zur Herstellung hochwertiger Chemikalien“. Daneben gehört zum BioSC eine Kompetenzplattform „Ökonomie, Strategien und Konzepte“. Die drei Fokusthemenfelder und die Kompetenzplattform werden ab 2017 über multidisziplinäre dreijährige Verbundprojekte, sogenannte FocusLab-Projekte, mit jeweils bis zu 2,4 Millionen Euro gefördert. Derzeit arbeiten 65 Institute der vier Einrichtungen in mehr als 30 Projekten im BioSC zusammen. Es wird vom nordrhein-westfälischen Ministerium für Innovation, Wissenschaft

und Forschung durch das „NRW-Strategieprojekt BioSC“ seit 2013 mit 58 Millionen Euro über zehn Jahre unterstützt und von Jülich aus koordiniert. Darüber hinaus werden in den BioSC-Mitgliedsinstituten weitere Drittmittelprojekte mit einem Volumen von rund 60 Millionen Euro durchgeführt.

Die Bill & Melinda Gates Foundation fördert das Projekt **„CASSavaSource-Sink – Metabolic engineering of carbon pathways to enhance yield of root and tuber crops“**, das die Erträge von Cassava(Maniok)-Pflanzen verbessern soll, von September 2016 bis 2018 mit fast 10 Millionen US-Dollar, davon rund 300.000 Euro für die Arbeiten Jülicher Forscher. Diese arbeiten im Projekt mit Wissenschaftlern der ETH Zürich, des Max-Planck-Instituts Potsdam, des Fraunhofer-Entwicklungszentrums Fürth, der Uni Kaiserslautern und des Boyce Thompson Institute For Plant Research, University Illinois, zusammen.





In der Kooperation P4P werden die Auswirkungen von Pflanzeigenschaften, verbessertem Erbgut und Biologika auf die Morphologie und Leistung von Pflanzen untersucht.

Pflanzenforschung

Kräftige Wurzeln – höhere Erträge

Unter dem Titel „**Phenotyping for Products**“ (P4P) startete im September 2016 eine fünfjährige strategische Forschungskooperation des Unternehmens Bayer und des Forschungszentrums Jülich. Die Partner wollen mithilfe neuester Phänotypisierungstechnologien für Spross- und Wurzelarchitekturen untersuchen, wie Züchtung und biologische Wirkstoffe für den Pflanzenschutz („Biologika“) die Eigenschaften von Nutzpflanzen beeinflussen. Hauptziele des Projekts am Institut für Bio- und Geowissenschaften: die Kräftigung der Wurzeln durch Biologika, die Verbesserung des genetischen Materials der Pflanzen und die Entwicklung innovativer Lösungen zum Pflanzenschutz und zur Ertragssteigerung.

Energieforschung

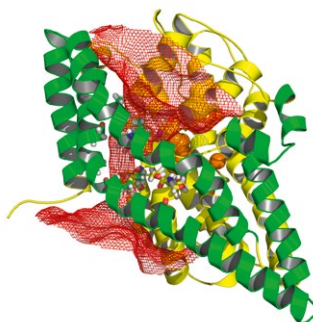
Verbund für flexible Energie

Wie sich das Energiesystem in Nordrhein-Westfalen flexibel an die Erfordernisse der Energiewende anpassen lässt, untersuchen Wissenschaftler im „**Virtuellen Institut Strom zu Gas und Wärme**“. Die technologieoffene Bewertung analysiert verschiedene Pfade und Optionen. Beteiligt sind neben dem Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung das Gas-und-Wärme-Institut Essen, das Zentrum für Brennstoffzellentechnik Duisburg, das Energiewirtschaftliche Institut der Universität zu Köln, das Wuppertal Institut, die Ruhr-Universität Bochum und das Fraunhofer-Institut UMSICHT in Oberhausen. Dabei konzentrieren sich die Jülicher Arbeiten darauf, die Energienetze weiterzuentwickeln und dabei Energie- und Rohstoffpfade mit Wasserstoff auszulegen sowie die Elektrolyse in einem Systemverbund zu demonstrieren. Das Vorhaben wird vom nordrhein-westfälischen Forschungsministerium von 2015 bis 2017 mit gut 600.000 Euro gefördert.

Biophysik

Signale verstehen mit Simulationen

Die Forschergruppe „**Funktionale Dynamik von Ionenkanälen und Transportern – Dynlon**“ analysiert Ionenkanäle und -transporter, die im zentralen Nervensystem von entscheidender Bedeutung für die Erzeugung und Weiterleitung von Signalen sind. Sie will durch eine Kombination von Computersimulationen mit experimentellen Verfahren aus den Bereichen der Elektrophysiologie, Biophysik und Strukturbiochemie aufklären, wie die Kanäle und Transporter im Detail funktionieren. Das Jülicher Institute of Complex Systems und das Institute for Advanced Simulations arbeiten dabei mit sieben weiteren Forschungsinstituten in Deutschland zusammen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert die Jülicher Arbeiten für das im Januar 2017 begonnene Projekt mit mehr als 240.000 Euro über drei Jahre.



Energieforschung

Photovoltaik in der Fassade

Das Projekt **PV OpMaat** treibt die Entwicklung, Herstellung und Anwendung von gebäudeintegrierter Photovoltaik voran. Hierfür werden maßgeschneiderte Dünnschicht-Solarmodule mit Baumaterialien kombiniert und kundenspezifisch optimiert. Im Projekt arbeitet das Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung mit vier wissenschaftlichen Partnern aus den Niederlanden und drei belgischen Instituten zusammen. Zudem sind zahlreiche industrielle Partner assoziiert. PV OpMaat wird seit Beginn 2016 im Rahmen des INTERREG-Programms, das die Zusammenarbeit in der deutsch-niederländischen Grenzregion unterstützt, mit gut 7 Millionen Euro gefördert.

Qualität ist das Geschäft

Auf dem Weg zur Ausgründung eines Start-ups sind zwei Jülicher Forschergruppen. Die eine will einen Frischesensor für Lebensmittel auf den Markt bringen, die andere ein Gerät zur elektrischen Fehlerkontrolle von Halbleiterschaltungen.

Weniger wegwerfen

Jeder Deutsche wirft laut einer Studie der Universität Stuttgart täglich durchschnittlich 225 Gramm Lebensmittel weg. Ein wichtiger Grund dafür: ein überschrrittenes Mindesthaltbarkeitsdatum. Tatsächlich jedoch können Gemüse, Früchte, Wurst oder Fleisch deutlich länger haltbar sein als draufsteht. Nach Ablauf des Mindesthaltbarkeitsdatums bekommen die Händler die Waren trotzdem nicht mehr verkauft. Viele Bürger schmeißen Nahrungsmittel zudem unbedenken in die Tonne, wenn sie sie erst nach dem aufgedruckten Datum aus Kühlschrank oder Keller geholt haben. „Wir haben vor, das Mindesthaltbarkeitsdatum zu ersetzen“, sagt Alexey Yakushenko vom Jülicher Peter Grünberg Institut (PGI). Das Team um den 30-jährigen Chemiker will druckbare Funksensoren marktreif machen, die in Echtzeit anzeigen, wie frisch die Nahrungsmittel wirklich sind.

An gedruckten Sensoren forschen die Wissenschaftler des PGI seit etwa fünf Jahren. Yakushenko beschäftigte sich bereits in seiner Masterarbeit mit elektrochemischen Sensoren, die Signale aus Zellen auslesen – ursprünglich für medizinische Anwendungen. Auf einer Fachmesse für druckbare Elektronik kam ihm 2011 die Idee für die Echtzeit-Frischeprüfung von Lebensmitteln. Demnach wird beim Hersteller jedem Lebensmittel ein Sensor beigelegt oder auf die Verpackung geklebt. Dieser kann verschiedene Frische- und Qualitätsmerkmale bestimmen, etwa durch Messung des pH-Wertes und des Sauerstoff- oder Ascorbinsäure-Gehalts in Flüssigkeiten oder im Gas in der Verpackung. Der Sensor schläft gewissermaßen bis zu jenem Moment, in dem ihn ein Mitarbeiter im Supermarkt mit einem kurzen elektrischen Impuls durch einen drahtlosen Transponder aktiviert. Der Minisensor auf der Verpackung sendet seine Infor-

mationen blitzschnell an das Handlesegerät – per Funk und in Echtzeit. Binnen Sekunden weiß der Mitarbeiter, wie es um die Güte des Produkts steht. Der Sensor könnte künftig aber auch mit einem intelligenten Kühlschrank kommunizieren, der dann die Rolle des Handscanners im Supermarkt übernimmt.

Nur ein Cent pro Sensor

Bevor der Sensor 2022 auf den Markt kommen soll, gilt es die hohen Anforderungen der Hersteller und des Handels zu erfüllen. Die größte Hürde: Jeder der Funksensoren darf nur etwa einen Cent kosten, damit die Lebensmittel nicht spürbar teurer werden. „Dazu müssen wir spezielle druckbare Materialien, sogenannte funktionelle Tinten entwickeln, die gewisse chemische oder biochemische Empfindlichkeiten aufweisen“, sagt Yakushenko.

Er und sein Team planen noch für 2017 eine Firmenausgründung. „Hier unterstützen wir als Forschungszentrum und die Helmholtz-Gemeinschaft unsere Wissenschaftler“, sagt Dr. Andrea Mahr vom Jülicher Innovationsmanagement. Zum einen helfen Mahr und ihre Kollegen bei der Entwicklung des Geschäftsmodells, des Businessplans und bei der Investorensuche. Zum anderen erhalten die Wissenschaftler um Yakushenko auch finanzielle Unterstützung, unter anderem aus dem TT-Fonds des Jülicher Geschäftsbezirks Technologie-Transfer und aus dem Helmholtz-Enterprise-Programm.



Alexey Yakushenko will druckbare Sensoren die anzeigen, wie frisch Nahrungsmittel sind, marktreif machen.



Prof. Bert Voigtländer will die Vorteile seines Nanoprober-Prototyps in Zusammenarbeit mit einem namhaften Halbleiterhersteller demonstrieren.

Bessere Bauelemente

Während sich bei Yakushenko alles um ein Cent-Produkt für einen Massenmarkt dreht, haben Prof. Bert Voigtländer und seine Mitarbeiter, ebenfalls vom PGI, ein Gerät entwickelt, das Hunderttausende Euro kosten wird, wenn es einmal auf den Markt kommt. Und es gibt es nur einen vergleichsweise kleinen Kreis potenzieller Kunden: Unternehmen der Halbleiter- und Computerindustrie. Diese allerdings machen Milliarden-Umsätze und könnten mit dem Einsatz des Geräts ihre Produktionsprozesse verbessern.

Das Gerät ist eine neuartige und besonders vorteilhafte Variante eines sogenannten Nanoprobers. Die Halbleiterindustrie setzt Nanoprober ein, um die elektrischen Eigenschaften von Transistoren und anderen – wenige Nanometer kleinen – Bauelementen zu vermessen. Die Geräte dienen zum einen der Qualitätskontrolle von integrierten Schaltkreisen, zum anderen

kann damit aber auch analysiert werden, woran es liegt, wenn Mikrochips fehlerhaft sind oder nicht optimal funktionieren. „Allerdings sind die bisherigen Nanoprober nicht perfekt – unser Prototyp ist besser“, sagt Voigtländer.

Sechs Spitzen für den Kontakt

Der Jülicher Nanoprober besitzt sechs hauchdünne Sensorspitzen. Unter der Kontrolle eines Rasterelektronenmikroskops, das Teil des Prototyps ist, wird das winzige Untersuchungsobjekt mit diesen Spitzen kontaktiert und kann dann elektrisch vermessen werden. Es gibt eine Zoomfunktion, die ein Bild vom Millimeter- bis in den Nanometer-Bereich liefert; die Spitzen können schnell und unkompliziert an den Transistor oder an ein anderes Nanoobjekt angenähert werden; die Kraft beim Kontaktieren lässt sich kontrollieren. Während die Oberfläche des Transistors abgebildet

wird, kann ein elektrisches Signal empfindlich registriert werden. Hinzu kommt, dass der Jülicher Nanoprober anders als bisherige Geräte sowohl elektrische Kennlinien ermittelt als auch beispielsweise Kurzschlüsse örtlich sichtbar macht. „Diese Vorteile werden wir 2017 und 2018 in enger Zusammenarbeit mit einem namhaften Halbleiterhersteller in der Praxis demonstrieren“, sagt Voigtländer. Für dieses Vorhaben hat sein Team rund 400.000 Euro aus dem Helmholtz-Validierungsfonds erhalten. Voigtländer plant zudem, den Prototyp unter Verwendung eines kommerziellen Rasterelektronenmikroskops industrieller zu gestalten. „Ist die Validierung erfolgreich, wollen wir 2019 ein Start-up gründen, um die Geräte auf den Markt zu bringen“, sagt der Physiker.

Patente und Lizenzen

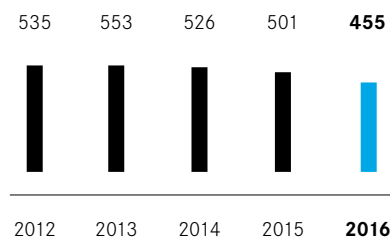
Die Jülicher Forschung beschäftigt sich mit grundlegenden Themen und bringt dabei Innovationen hervor, von denen Wirtschaft und Gesellschaft profitieren und die in Schutzrechte und Lizenzverträge münden. Schutzrechte umfassen dabei zum Patent angemeldete Erfindungen (Patentanmeldungen) sowie darauf erteilte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

Patentportfolio

2016

Patentfamilien

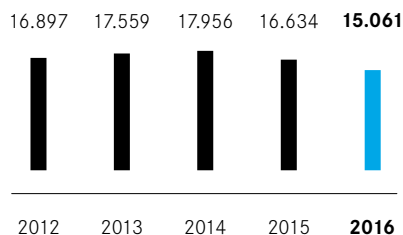
2012–2016



Das Patentportfolio setzt sich zusammen aus 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, 2012–2016

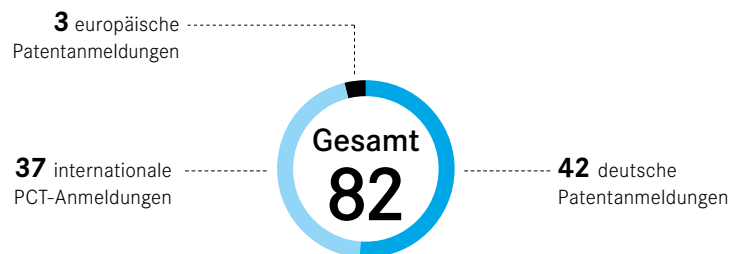


Im Gesamtbestand sind auch europäische Patentanmeldungen und internationale Anmeldungen nach dem Patent Cooperation Treaty (PCT) enthalten, die jeweils ein Bündel von einzelnen Schutzrechten umfassen.

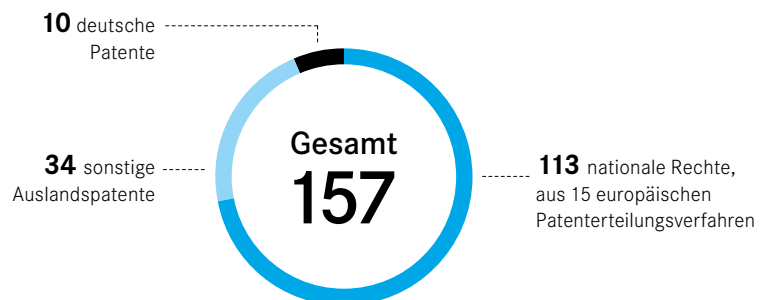
Aktuelle Patentaktivitäten

2016

Neue Patentanmeldungen



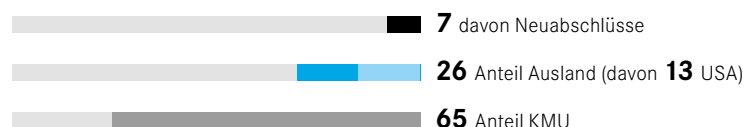
Erteilte Patente



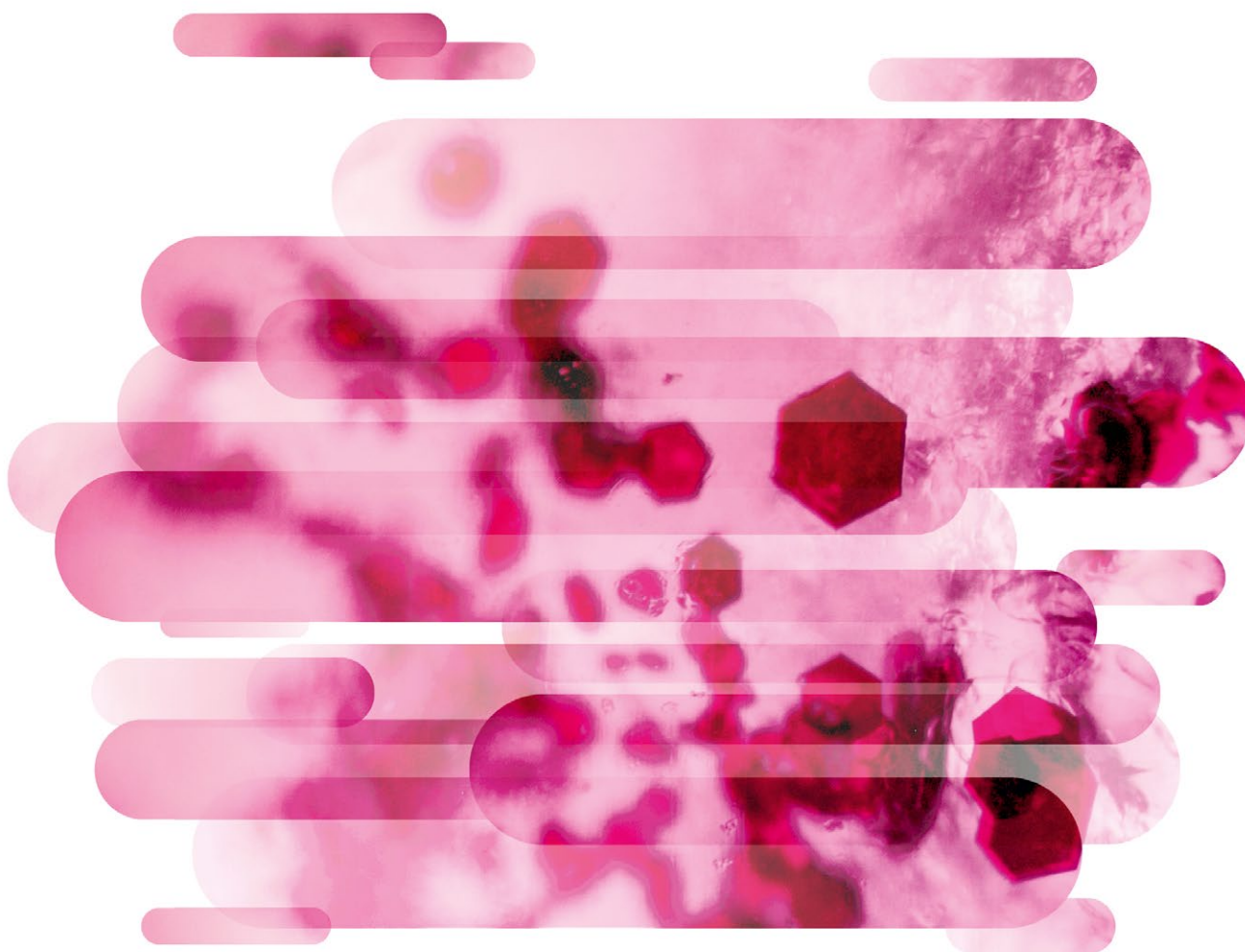
Lizenzen

2016

Gesamtbestand: 86



Die Erlöse aus Lizenz- und Know-how-Verträgen betrugen **321.000** Euro.



Menschen

Seite 63 – 78

Lösungen für die Zukunft

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt treffen sich jedes Jahr in Berlin, um ihre Ideen für eine bessere Welt zu präsentieren. Aus Jülich qualifizierten sich 2016 die Jungforscher Hannah Schneider, Dr. Alexey Yakushenko und Dr. Vitali Weißbecker für die Teilnahme an der „Falling Walls Conference“.



Hannah Schneider

Das Interesse der jungen US-Amerikanerin gilt der verborgenen Hälfte der Pflanzenwelt – den Wurzeln. Das Ziel ihrer Forschung ist es, mehr Ertrag auf der gleichen Fläche Land zu erzielen. „Wenn Pflanzen in der Lage sind, mehr Wasser und Nährstoffe aufzunehmen, bilden sie mehr Früchte“, sagt Hannah Schneider. „Und der Weg dazu geht über die Wurzeln“, fügt sie an. Ob es nun aber der Wurzelquerschnitt ist, der bei zu üppigem Ausmaß der Pflanze die Kraft raubt, oder die Ausbildung vieler feiner Haarwurzeln, die einen Wachstumsschub veranlasst – das ist Gegenstand ihrer Doktorarbeit. Drei Jahre forschte Hannah Schneider am Institut für Bio- und Geowissenschaften in Jülich. Im Januar 2017 kehrte sie an die Pennsylvania State University zurück. Die Falling Walls Conference in Berlin hat sie nachhaltig beeindruckt: „Es war toll, in drei Tagen so viele wichtige Themen aus aller Welt kennenzulernen. Ich wurde sogar von einer anderen Pflanzenforscherin angesprochen, um bei ihrem Lehrbuchprojekt mitzumachen.“ Zurück an ihrer Heimatuniversität arbeitet Schneider neben ihrer Promotion als Dozentin für Pflanzenbiologie. „Ich möchte auch in Zukunft in der akademischen Lehre und in der Forschung tätig sein“, berichtet Schneider. „Und das auch sehr gerne wieder in Jülich“, fügt sie hinzu.



Dr. Alexey Yakushenko

Das Mindesthaltbarkeitsdatum soll verschwinden – dies ist das Ziel des jungen Chemikers vom Jülicher Peter Grünberg Institut. Rund 180 Kilogramm Lebensmittel werden in Europa pro Haushalt und Jahr weggeworfen, obwohl viele davon noch nicht verdorben sind. „Es besteht ein starkes Interesse vonseiten der Regierungen und der Verbraucher, diese Verschwendung einzudämmen“, betont Dr. Alexey Yakushenko. Daher entwickelt er mit seinem Team druckbare und drahtlos auslesbare Funketiketten. Eingebaute Sensoren zeigen hier in Echtzeit an, wie frisch Nahrungsmittel wirklich sind. Sie können verschiedene Frischeparameter bestimmen, wie den pH-Wert, den Sauerstoff- oder Ascorbinsäuregehalt in Flüssigkeiten oder Gase, die bei Fäulnis- oder Gärprozessen entstehen. Ausgelesen werden die Etiketten mit einem drahtlosen Transponder während der gesamten Prozesskette. So ist eine lückenlose Frischekontrolle von der Produktion bis hin zur Lagerung im heimischen Kühlschrank möglich. In fünf Jahren sollen die Etiketten marktreif sein. „Um potenzielle Investoren zu werben und die bevorstehende Ausgründung voranzubringen, stehen die technische Machbarkeit und die Entwicklung der Prototypen zurzeit im Zentrum unserer Arbeiten“, sagt Alexey Yakushenko.

Mauern einreißen

Führende Wissenschaftler aus aller Welt stellen auf der Falling Walls Conference in Berlin ihre Forschungsprojekte in Kurzvorträgen vor. Und zwar immer am 9. November, jenem Tag, an dem im Jahre 1989 die Mauer fiel. Die Vorträge präsentieren aktuelle Durchbrüche in Wissenschaft und Forschung. Sie zeigen Lösungen für globale Herausforderungen wie Klima und Energieerzeugung, Gesundheit, Ernährung, Sicherheit, faires und nachhaltiges Wirtschaften auf.

➔ www.falling-walls.com



Dr. Vitali Weißbecker, Dr. Alexey Yakushenko und Hannah Schneider (v.l.n.r.) qualifizierten sich für die Falling Walls Conference in Berlin.



Dr. Vitali Weißbecker

Ein Nebenaspekt seiner Doktorarbeit spielt in seinem Arbeitsleben die zentrale Rolle. Der Chemiker Dr. Vitali Weißbecker vom Institut für Energie- und Klimaforschung hat eine innovative Beschichtung auf Kohlenstoffbasis für zentrale Bauteile von Brennstoffzellen entwickelt. Diese reduziert das Gewicht im Vergleich zu den zurzeit verwendeten Elementen um 80 Prozent, ihr Volumen verringert sich um 60 Prozent und die Kosten sinken um 50 Prozent. 2017 gründete Weißbecker gemeinsam mit zwei Kollegen die Firma PRECORS. „Einfach kopieren kann man unsere Technologie nicht“, ist sich Weißbecker sicher. „Die entsprechenden Patentverfahren laufen“, sagt er, „und auch in puncto Automatisierung sind wir einen

großen Schritt vorangekommen.“ Mitte 2017 wird die vollautomatische Pilotanlage in Betrieb gehen. Es gibt Vereinbarungen mit Industriebetrieben aus der Energie- und Automobilbranche, die ab Sommer mit höheren Stückzahlen zu vertretbaren Preisen beliefert werden wollen. „Wir sind sehr zuversichtlich“, sagt Weißbecker. „Unser Prozess steht, und es ist uns gelungen, einen erfahrenen Investor aus der Autoindustrie mit ins Boot zu holen“, erklärt er weiter. „Das hilft uns, die Firma strategisch zu positionieren und auch die notwendigen Umsätze für ein Wachstum des Unternehmens zu generieren.“

Den Nachwuchs fördern

Nachwuchsförderung ist ein zentrales Anliegen des Forschungszentrums. Kinder und Jugendliche an die Forschung heranzuführen, innovative Strukturen für die Berufsausbildung entwickeln und dem wissenschaftlichen Nachwuchs Bedingungen bieten, die exzellente Leistungen möglich machen – diese Aufgaben werden unter dem Dach juelich_horizons zusammengefasst.





Forschung ist spannend und macht Spaß, erfahren Schülerinnen und Schüler im JuLab.

1

juelich_impulse: Interesse wecken bei Kindern und Jugendlichen

Dass Wissenschaft eine höchst spannende Unternehmung ist, will das Jülicher Schülerlabor JuLab so früh wie möglich vermitteln. Themen aus der Jülicher Forschung werden didaktisch aufbereitet und Schülerinnen und Schülern in vielen interessanten Veranstaltungen nahegebracht. Ob beim Experimentiertag im Klassenverband oder in Forscherwochen für besonders Interessierte – die Themenvielfalt erstreckt sich von Grundlagen der Elektrotechnik bis zu Fragestellungen aus dem Bereich der Biotechnologie oder zur Energieversorgung der Zukunft. Auch die Interdisziplinarität der Forschung machen die JuLab-Angebote deutlich. Stereotype Rollenvorstellungen werden durch reale Bilder von Forscherinnen und Forschern ersetzt. Kooperationen mit Schulen bilden den Rahmen für Angebote speziell für Mädchen zu physikalisch-technischen Themen oder für Fortbildungsveranstaltungen für Lehrkräfte.

Die Kleinsten forschen lassen

Zu den Highlights des Jahres 2016 zählte der **Tag der kleinen Forscher**, der in Kooperation mit dem Büro für Chancengleichheit gestaltet wurde. Rund 80

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Forschungszentrums nahmen an einem vorbereitenden Workshop im JuLab teil und gingen dann mit Experimentiermaterial ausgestattet in die Kitas ihrer eigenen Kinder. Dort experimentierten sie einen Vormittag lang mit den Jungen und Mädchen. Sie fragten etwa: Was blubbert am meisten in Wasser und Zitronensaft: Backpulver, Salz oder Brausetablette? Welches Gemisch ist dann der beste Treibstoff für eine selbstgebastelte Rakete? Gemeinsam wurde ein Feuerlöscher gebaut, und in der Sandkiste entstand ein Vulkan. Mit derart spielerischer Vermittlung naturwissenschaftlich-technischer Themen und Zusammenhänge erreichten die Botschafter des JuLab mehr als 2.000 Kinder.

Helmholtz – wer war das denn?

Wie jedes Jahr im November informierten die Schülerlabore der Helmholtz-Gemeinschaft mit dem **Helmholtz-Tag** über den Namensgeber der großen Forschungsgemeinschaft. Rund 110 Schülerinnen und Schüler der Oberstufe kamen dazu ins Forschungszentrum Jülich. Die Veranstaltung schlug einen Bogen von der Erinnerung an den bedeutenden Wissenschaftler zur aktu-

ellen Forschung. Vier Schülerinnen berichteten in einem Vortrag über Arbeiten des Wissenschaftlers Hermann von Helmholtz zur Physiologie des Sehens; Prof. Andreas Offenhäuser vom Peter Grünberg Institut erläuterte, wie Neurochips zu Schnittstellen zwischen Elektronik und Gehirn werden können. Schließlich nahm Christian Krause vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln die Schülerinnen und Schüler mit auf eine Asteroiden-Mission mit der hüpfenden Sonde MASCOT (Mobile Asteroid Surface Scout).

Anziehungspunkt JuLab

Insgesamt 4.342 Besucher nahmen 2016 an Veranstaltungen des JuLab teil, davon 3.692 Schülerinnen und Schüler im Rahmen von Experimentiertagen im Klassenverband. 136 kamen zu Ferienaktivitäten oder Eltern-Kind-Tagen, 444 zu besonderen Terminen wie dem Helmholtz-Tag, dem Hirnforschungstag und anderen Veranstaltungen.

Von den Besuchern des JuLab kamen 56 Prozent aus Gymnasien, 16 Prozent aus Gesamtschulen, 9 Prozent aus Berufskollegs und 8 Prozent waren Grundschüler.



Feierlicher Start ins Berufsleben: Die erfolgreichen Auszubildenden stellen sich zum Gruppenfoto.

2 juelich_tracks: Ausbildung mit Zukunft

Mit seinem breiten Spektrum an Arbeitsfeldern bietet das Forschungszentrum Jülich viele Möglichkeiten, einen Beruf mit guten Zukunftsaussichten zu erlernen. Die hohe Qualität der Ausbildung zeigte sich auch 2016 wieder in den hervorragenden Leistungen der Jülicher Azubis bei Abschlussprüfungen und Wettbewerben.

Ausgezeichnete Jülicher Azubis

63 Auszubildende des Forschungszentrums konnten im August 2016 ihren erfolgreichen Abschluss feiern. Elf von ihnen wurden zur Bestenehrung der Industrie- und Handelskammer Aachen eingeladen, da sie die Prüfungen mit „sehr gut“ bestanden hatten, 32 der Auszubildenden wurden mit „gut“ benotet. Die Absolventen der Industriemechanik er-

warben außerdem die Zusatzqualifikation „Euregiokompetenz“, ein Sprachzertifikat für Niederländisch. Unter den 37 Auszubildenden, die im März 2017 feierlich verabschiedet wurden, schlossen sechs mit „sehr gut“ ab, 26 wurden mit „gut“ benotet.

Mit einem Top-Ergebnis schloss Julia Valder in Jülich ihre Ausbildung zur Mathematisch-technischen Softwareentwicklerin ab: Sie erreichte 96 Prozent aller Prüfungspunkte und damit die höchste Leistung im Raum Aachen; unter den insgesamt 300.000 Auszubildenden in Deutschland gehört sie damit zu den 219 besten, die vom Deutschen Industrie- und Handelskammertag (DIHK) in Berlin geehrt wurden. Julia Valder arbeitet weiterhin am Forschungszentrum; sie strebt nun ihren Master in Technomathematik an.

Ein deutscher Meister aus Jülich ist Philipp Winterscheid. Der Auszubildende gewann bei der Meisterschaft von „WorldSkills Germany“, die im Oktober 2016 in Berlin stattfand, in der Kategorie Anlagenelektrik. Der 18-Jährige setzte sich bei dem bundesweiten Berufswettbewerb gegen Elektroniker aus ganz Deutschland durch. Sein Azubi-Kollege Tim Becker erreichte in der Kategorie Elektroinstallation den dritten Platz. Beide erlernen auf dem Jülicher Campus den Beruf des Elektrikers für Betriebstechnik.

Mehr Ausbildungsplätze durch Zusammenarbeit

Mit vielfältigen Kooperationen stellt das Forschungszentrum anderen Unternehmen seine Ausbildungsinfrastruktur in der „Ausbildungsinitiative Naturwissenschaft und Technik“ zur Verfügung und schafft so zusätzliche Ausbildungsplätze in der Region. Gegen einen Kostenbeitrag können beispielsweise kleine und mittlere Unternehmen ihre Azubis Teile der Ausbildung, die sie selber nicht anbieten können, im Forschungszentrum absolvieren lassen. Auch hilft das Forschungszentrum mit Kursen bei der Prüfungsvorbereitung. 2016 sind vier neue Kooperationspartner hinzugekommen, sodass derzeit 48 Unternehmen das Angebot nutzen.

Unsere beiden Azubis haben sich gegen eine sehr erfahrene Konkurrenz durchgesetzt und sind während des Wettkampfes über sich hinausgewachsen.

Wolfgang Stollenwerk | Ausbilder

Ausbildungsplätze

Neueinstellungen 2016

Beruf		davon mit Studium
Laborantenberufe	28	5
Elektroberufe	11	–
Metallbearbeitende Berufe	10	–
Kaufmännische Berufe	11	–
Mathematisch-Technische Softwareentwickler	25	25
Sonstige	13	–
Summe	98	30

Vom Freshman-Institut der Fachhochschule Aachen absolvierten von Januar bis Juli 43 Praktikanten und Praktikantinnen, meist aus außereuropäischen Ländern, in den Bereichen Chemie, Mechanik und technisches Zeichnen ihr Pflichtpraktika auf dem Jülicher Campus.

Einblick durch Praktika

Im Rahmen der Initiative „KAoA – Kein Abschluss ohne Anschluss“ konnten Schülerinnen und Schüler bei Berufsfelderkundungen auf dem Jülicher Campus einen Einblick in die Arbeitswelt gewinnen. Dieses Angebot zur Orientierung bei der Berufs- und Studienwahl nahmen 2016 rund 200 Schüler wahr, darunter auch internationale Flüchtlingsklassen.

Qualitätsmanagement

Als erste Ausbildungsabteilung der Helmholtz-Gemeinschaft hat die Zentrale Berufsausbildung des Forschungszentrums eine Zertifizierung nach dem internationalen Qualitätsstandard DIN EN ISO 9001 vom TÜV Rheinland erhalten. Ziel dieses Qualitätsmanagement-Systems ist, die Prozesse rund um die Ausbildung weiter zu professionalisieren, zu straffen und die Ausbildungsqualität stetig zu verbessern.

Duale Studiengänge

ausbildungsintegriert

Studiengang	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
Chemie: 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 in Business Administration + Kauffrau/-mann für Bürokommunikation, IHK	3,5¹⁾	3	7	ca. 6 Monate
Bachelor of Physical Engineering + Physikalaborant/in, IHK	4,5	3,5	9	ca. 1 Jahr

1) ausbildungsbegleitend



IHK-Geschäftsführer Heinz Gehlen (l.) gratuliert den fünf Top-Azubis aus dem Kammerbezirk Aachen Christian Schmitz, Sophie Volpert, Julia Valder, Florian Lesch und Benjamin Rubruck.

Für Studierende und Doktoranden aus dem In- und Ausland ist das Forschungszentrum Jülich ein chancenreicher Ausgangspunkt für eine wissenschaftliche Karriere. In preisgekrönten Doktorarbeiten und erfolgreichen Bewerbungen um die Teilnahme an hochkarätigen Tagungen zeigt sich die hervorragende Qualifikation der Doktoranden am Forschungszentrum. Stipendienprogramme und Ferienschulen ermöglichen jungen Forschern aus aller Welt Studienaufenthalte in Jülich.

Doktorandenplattform entwickeln

Viele Jülicher Institute veranstalten für ihre Doktoranden spezielle fachliche und überfachliche Kurse. In einigen Bereichen gibt es thematisch orientierte Graduiertenschulen und -kollegs, wie etwa HITEC für die Doktoranden aus der Energie- und Klimaforschung. Komplementär zu solchen fachspezifischen Angeboten wurde 2016 begonnen, eine übergreifende Plattform als Anlaufstelle für alle Jülicher Doktoranden und wissenschaftlichen Betreuer aufzubauen. Sie dient der Vernetzung der beiden Zielgruppen und soll aus einer Hand Informationen und Service-

leistungen anbieten, von Informationen zu Betreuungsstandards über Beratungsangebote für Krisensituationen bis zur Karriereorientierung innerhalb und außerhalb der Wissenschaft (→ S. 82: „Strategieprozess schreitet voran“).

Ausgezeichnete Promotionen

39 Doktorandinnen und Doktoranden des vergangenen Jahres erhielten bei einer feierlichen Verabschiedung ihre Urkunden. Drei herausragende Nachwuchsforscher wurden im Rahmen der Veranstaltung, die unter dem Motto „JuDocs – Karriere made in Jülich“ stand, mit dem Exzellenzpreis 2016 des Forschungszentrums Jülich geehrt:

- **Dr. Sarah Finkeldei** gewann neue Einsichten zum Verständnis von keramischen Abfallformen für die nukleare Entsorgung. Die Chemikerin untersuchte, warum bestimmte Oxidkeramiken außergewöhnlich stabil sind. Darin lassen sich Radionuklide wie zum Beispiel Plutonium einbauen.
- **Dr. Sergei Pud** entwickelte einen neuartigen Biosensor auf Basis von Silizi-

um-Nanodrähten, um besser zu verstehen, wie Nervensysteme funktionieren. Dieser Sensor ist erstmals in der Lage, komplexe neuronale Zellnetzaktivitäten in zahlreichen Zellen gleichzeitig zu messen.

- **Dr. Stephan Wirths** entwickelte einen Tieftemperatur-Wachstumsprozess, um die Schichtqualität von Germanium-Zinn-Legierungen zu verbessern und diese für Nano- und Laser-Bauelemente verwendbar zu machen. Im Zuge seiner Doktorarbeit entstand so der erste Germanium-Zinn-basierte Laser.

Im Jahr 2016 wurden insgesamt 358 Doktorandinnen und 608 Doktoranden im Forschungszentrum betreut. 393 von ihnen kamen aus dem Ausland – aus 59 Nationen.

Mit einem Stipendium nach Jülich

Sieben Bachelorstudierende kamen 2016 mit dem Programm des Deutschen Akademischen Austauschdienstes **DAAD-RISE** für rund drei Monate nach Jülich, davon drei aus Kanada, drei aus den USA und einer aus Großbritannien. Fünf weitere



Feierliche Verabschiedung der Jülicher Doktorandinnen und Doktoranden

kamen mit **DAAD-RISE professional**, dem Programm für Masterstudierende und Doktoranden, davon einer aus Kanada und vier aus den USA.

Das **Chinese Scholarship Council-Stipendienprogramm (CSC)** betreibt mit jährlich etwa 6.000 voll finanzierte Stipendien das größte Doktorandenprogramm der Welt für Auslandsaufenthalte. 2016 waren in Jülich 37 Doktorandinnen und Doktoranden mit einem CSC-Stipendium zu Gast.

Das **NRW-Nahost-Stipendienprogramm** ermöglicht Bachelor- und Masterstudenten aus Israel, Jordanien und den palästinensischen Gebieten, die Hochschul- und Forschungslandschaft in Nordrhein-Westfalen kennenzulernen. Je eine Bachelor- und Masterstudentin aus Israel nutzten 2016 diese Gelegenheit für einen dreimonatigen Aufenthalt in Jülich.

Ausgeweitet hat sich 2016 die Zusammenarbeit mit Palästina. Im Rahmen eines dreitägigen Workshops wurde im Dezember in Jülich die **Palestinian-German Science Bridge** offiziell gegründet. In den kommenden fünf Jahren soll ein gemeinsames Forschungs- und Promotionsprogramm zwischen dem Forschungszentrum, seinen deutschen Partneruniversitäten und palästinensischen Hochschulen aufgebaut werden. Palästinensische Studierende erhalten die Gelegenheit, den experimentellen Teil ihrer Bachelor- oder Masterarbeit an Jülicher Instituten durchzuführen, und haben nach erfolgreichem Abschluss die Chance, am Forschungszentrum eine Doktorarbeit zu verfassen. Unterstützt vom gastgebenden Institut können sie nach der Rückkehr in ihr Heimatland eine eigene Forschergruppe aufbauen. Zwei Promotionsarbeiten wurden 2016 im Rahmen der Science Bridge bereits am Forschungszentrum begonnen. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit insgesamt 2,5 Millionen Euro gefördert.



Brachten die „Palestinian-German Science Bridge“ offiziell auf den Weg: (v.l.) Prof. Marwan Awartani, Präsident der Palestine Academy for Science and Technology (PALAST), der Jülicher Vorstandsvorsitzende Prof. Wolfgang Marquardt, Thomas Rachel, Parlamentarischer Staatssekretär im BMBF, Prof. Imad Khatib, Generalsekretär von PALAST, und Prof. Ghaleb Natour, Direktor am Jülicher Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik.

Ferienschulen, Labor- und Kompaktkurse

Auswahl, 2016

Titel	Veranstaltungsort	Teilnehmer		internat. Teilnehmer	
		gesamt	davon weiblich	gesamt	davon weiblich
47 th IFF Spring School/JARA	Jülich	254	57	105	27
20 th JCNS Laboratory Course – Neutron Scattering 2016	Jülich/Garching	54	26	20	9
International School on Energy Systems – ISES 2016	Seeon-Seebruck	50	25	45	15
Joint European Summer School on Fuel Cell, Electrolyser, and Battery Technologies JESS 2016	Athen	27	8	21	6
CECAM Tutorial: Atomistic Monte Carlo Simulations of Bio-molecular Systems	Jülich	16	5	9	1
JSC-Gaststudentenprogramm	Jülich	14	4	8	2
PRACE „Summer of HPC“ und PRACE „Summer of HPC“ – Introduction	Jülich	23 ¹⁾	7	23 ¹⁾	7
HPC-Training innerhalb des Programms European Joint Doctorate „High Performance Computing in Life sciences, Engineering and Physics“	Jülich	15	1	14	1
11. JARA-FIT Nanoelektronik-Praktikum	Jülich	35	10	12	5
Autumn School on Correlated Electrons 2016 – Quantum Materials: Experiments and Theory	Jülich	106	20	57	14

1) davon 2 „Summer of HPC“

Doktorandenqualifizierung mit Partneruniversitäten

2016

Federführende Einrichtung	Graduiertenschule/-kolleg	Partnerorganisationen
Aachen	Selectivity in Chemo- and Biocatalysis (SeleCa)	RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich, Osaka University, Japan
Aachen	Neuronale Grundlagen der Modulation von Aggression und Impulsivität im Rahmen von Psychopathologie Internationales Graduiertenkolleg Integrated Research Training Group (IRTG)	RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich, University of Pennsylvania (USA)
Aachen	Aachen Institute for Advanced Study in Computational Engineering Science (AICES)	RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich
Aachen	Resistiv schaltende Chalkogenide für zukünftige Elektronikanwendungen: Strukturen, Kinetik und Bauelementskalierung „Nanoswitches“	RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich (JARA)
Aachen	Integrated Component Cycling in Epithelial Cell Motility (InCEM)	RWTH Aachen, Universität Duisburg-Essen, University of Sussex, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen Hubrecht Institute, Software Competence Center Hagenberg, ibidi GmbH, Gradientech AB, Andor Technology PLC
Aachen	Funktionelle Mikrogele und Mikrogelsysteme	RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich (JARA), Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT)
Bonn	Patterns in Soil-Vegetation-Atmosphere Systems: Monitoring, Modelling and Data Assimilation (IRTG) CRC/Transregio 32	RWTH Aachen, Universität Bonn, Universität zu Köln, Forschungszentrum Jülich
Düsseldorf	Interdisziplinäre Graduiertenschule für Hirnforschung und translationale Neurowissenschaften (iBrain)	Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Forschungszentrum Jülich, Leibniz-Institut für Umweltmedizinische Forschung Düsseldorf
Düsseldorf	International Graduate School for Plant Science (iGrad-Plant)	Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Michigan State University, East Lansing (USA), Forschungszentrum Jülich
Düsseldorf und Jülich	International Graduate School of Protein Science and Technology (iGRASP seed)	Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Forschungszentrum Jülich
Jülich	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
Jülich	International Helmholtz Research School of Biophysics and Soft Matter (IHRS BioSoft)	Forschungszentrum Jülich, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Universität zu Köln, Caesar Bonn
Jülich und Aachen (JARA)	German Research School for Simulation Sciences ¹⁾	Forschungszentrum Jülich, RWTH Aachen, Helmholtz-Gemeinschaft, MIWF, BMBF
Jülich und Aachen (JARA)	Quantenmechanische Vielteilchenmethoden in der kondensierten Materie	RWTH Aachen, Forschungszentrum Jülich
Köln	Zelluläre und subzelluläre Analyse neuronaler Netze	Universität zu Köln, Forschungszentrum Jülich, MPI für Stoffwechselforschung
Köln und Bonn	Bonn-Cologne Graduate School of Physics and Astronomy	Universität Bonn, Universität zu Köln, Forschungszentrum Jülich
Leipzig	Epithelial intercellular junctions as dynamic hubs to integrate forces, signals and cell behaviour (SPP 1782)	Universität Leipzig, Forschungszentrum Jülich und weitere Projektpartner
keine Federführung	Geoverbund ABC/J Promotionsprogramm: Centre for High-Performance Scientific Computing in Terrestrial Systems (HPSC TerrSys)	Forschungszentrum Jülich, RWTH Aachen, Universität zu Köln, Universität Bonn

1) Die GRS als GmbH wurde zum 31. Dezember 2016 aufgelöst. Ihre Aktivitäten werden unter dem Dach des geplanten „Centre for Simulation and Data-Sciences“ (CSD) gebündelt, verstetigt und weiterentwickelt.

4

juelich_heads: Förderung exzellenter Nachwuchswissenschaftler

Studiert, promoviert, Postdoc – und was dann? Die Fragen: „Was kann ich und was will ich? Wie soll es weitergehen mit der Karriere, welche Berufsperspektiven passen zum eigenen Lebensentwurf?“ muss zwar jeder am Ende selbst beantworten. Doch professionelle Beratung kann wesentliche Impulse geben.

Laufbahnentwicklung für Nachwuchswissenschaftler

In Jülich wurde 2016 begonnen, Leitlinien zur Begleitung und Förderung insbesondere der Postdocs zu entwickeln. Ziel ist es, Rahmenbedingungen und Angebote zu schaffen, um sie frühzeitig bei der aktiven Planung ihrer Karriere zu unterstützen. Wichtiges Element ist ein Personalentwicklungsplan, der das regelmäßige Gespräch zwischen Nachwuchswissenschaftler und Führungskraft begleitet. Hinzu kommt eine zentrale Karriereberatung am Forschungszentrum Jülich, die Postdocs und Promovierenden in der Abschlussphase Berufsperspektiven innerhalb und außerhalb der akademischen Wissenschaft aufzeigt.

Offen für das Unerwartete

Erstmals fand im November 2016 der Jülich Career Day statt, an dem mehr als 200 interne und externe Doktoranden und Postdocs teilnahmen. Bei Podiumsdiskussionen und Tischgesprächen kamen sie mit Referenten aus der akademischen Wissenschaft, der Industrie und dem Wissenschaftsmanagement in Kontakt und sprachen über mögliche Karrierewege. Die Referenten erläuterten einerseits, dass Vorbereitung und Planung nützlich sind, betonten aber andererseits, wie wichtig es ist, auch für unvorhersehbare Gelegenheiten offen zu bleiben.

Was wollen die Postdocs?

Um die Erwartungen, Bedürfnisse und Einschätzungen der Jülicher Postdocs zu



Beim ersten Jülich Career Day informierten sich Doktoranden und Postdocs über Karrierewege.

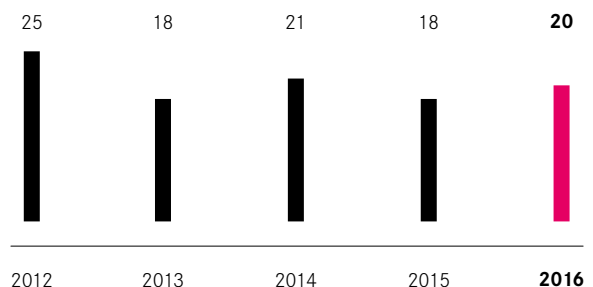
erfassen, wurde 2016 eine Onlinebefragung zu Angeboten zur beruflichen Orientierung und Entwicklung überfachlicher Kompetenzen am Forschungszentrum durchgeführt. Am wichtigsten waren den Befragten: Wissenschafts- und Projektmanagement, Betreuung Studierender und Doktoranden sowie Trainings für angehende Führungskräfte. Wer an Veranstaltungen teilgenommen hatte, bewertete diese ganz überwiegend positiv; doch fanden viele, dass über die Angebote noch besser informiert werden müsse.

Nachwuchsgruppen-Cluster

Am Institute of Complex Systems entstanden zwei eng kooperierende neue Nachwuchsgruppen: In einem internationalen Wettbewerb wurden Dr. Benedikt Sabass, der von der Princeton University nach Jülich kam, und Dr. Jan Philipp Machtens als Nachwuchsgruppenleiter ausgewählt. Machtens leitet seit September 2016 die Gruppe „Molecular Modelling and Simulation of Membrane Proteins“, Sabass seit November 2016 die Gruppe „Multiscale Modelling and Simulation of Macromolecules“.

Nachwuchsgruppen in Jülich

Helmholtz-Nachwuchsgruppen, Jülicher Nachwuchsgruppen sowie aus Drittmitteln geförderte Nachwuchsgruppen, 2012–2016



Personal

Beste Bedingungen für die besten Köpfe zu schaffen – nicht nur in der Forschungsinfrastruktur, sondern auch im Arbeitsumfeld – das ist das Ziel des Forschungszentrums. Vielfältige Ideen und Aktivitäten tragen dazu bei.

- In einer Forschungseinrichtung ist die Fluktuation naturgemäß hoch – etwa 500 bis 600 neue Kollegen und Kolleginnen kommen pro Jahr nach Jülich, oft nur auf begrenzte Zeit. Der schnellen Einarbeitung – **Onboarding** genannt – kommt also eine besondere Bedeutung zu. Schon vor dem Start erhalten alle den digitalen „Welcome Guide“ mit den wichtigsten Informationen, Paten kümmern sich um die Neuen, Einführungsveranstaltungen mit Campustour finden auf Deutsch und auf Englisch statt. 2016 wurde eine Taskforce „Willkommenskultur“ ins Leben gerufen, die weiteren Handlungsbedarf identifiziert und Vorschläge erarbeitet hat. Dazu gehören Sprachkurse und Seminare für interkulturelle Sensibili-

sierung, Sprachtandems sowie ein „International Get-Together Stammtisch“.

- Bereits während des Studiums sehen sich **Studierende** auf dem Arbeitsmarkt um. Das Forschungszentrum nutzt verschiedene Wege, um sich ihnen als attraktiver Arbeitgeber zu präsentieren. Neben „klassischen“ Aktivitäten wie Karrieremessen und Workshops oder Vorträgen an Hochschulen stehen innovative Ideen – so 2016 das Outdoor-Event am Rursee: „MI(N)T-Spaß am See“, bei dem Studentinnen aus den Bereichen Mathematik, Ingenieurwissenschaften, Naturwissenschaften und Technik auf Unternehmen aus der Region Aachen trafen, oder die Einrichtung eines Geocaching-Parcours auf dem Jülicher Campus.
- Eine erhebliche Steigerung des **Frauenanteils** in der Wissenschaft ist weiterhin ein wichtiges Ziel. Zu den Angeboten für Kandidatinnen, mit denen Berufungsverhandlungen geführt werden, gehören

beispielsweise das Angebot, kostenfrei die Serviceleistungen eines renommier-ten Relocation-Anbieters in Anspruch nehmen zu können, sowie die Dual-Career-Beratung und -unterstützung für Partnerinnen und Partner.

2016 ist in Jülich der Frauenanteil in sieben der zehn Kategorien (drei Führungsebenen sowie sieben Kategorien von Besoldungs-/Vergütungsgruppen), die auf Basis eines Schemas der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz mit Selbstverpflichtungsquoten versehen wurden, weiter gestiegen (➔ S. 75: Tabelle). Eine positive Entwicklung gab es insbesondere bei den Institutsleitungen – es wurden Berufungsverfahren für zwei exzellente Wissenschaftlerinnen abgeschlossen.

- Immer mehr Männer erkennen die **Ver-einbarkeit von Beruf und Familie** als eigenes Anliegen: Mehr als die Hälfte der Beschäftigten, die sich im Zeitraum von Januar bis August 2016 im Büro für Chancengleichheit zu den Themen Elternzeit, Elterngeld und Kinderbetreuung beraten ließen, waren männlich. Neu ist seit Juli 2016 die Möglichkeit, Kinder mit an den Arbeitsplatz zu nehmen – mit dem mobilen Eltern-Kind-Arbeitszimmer.

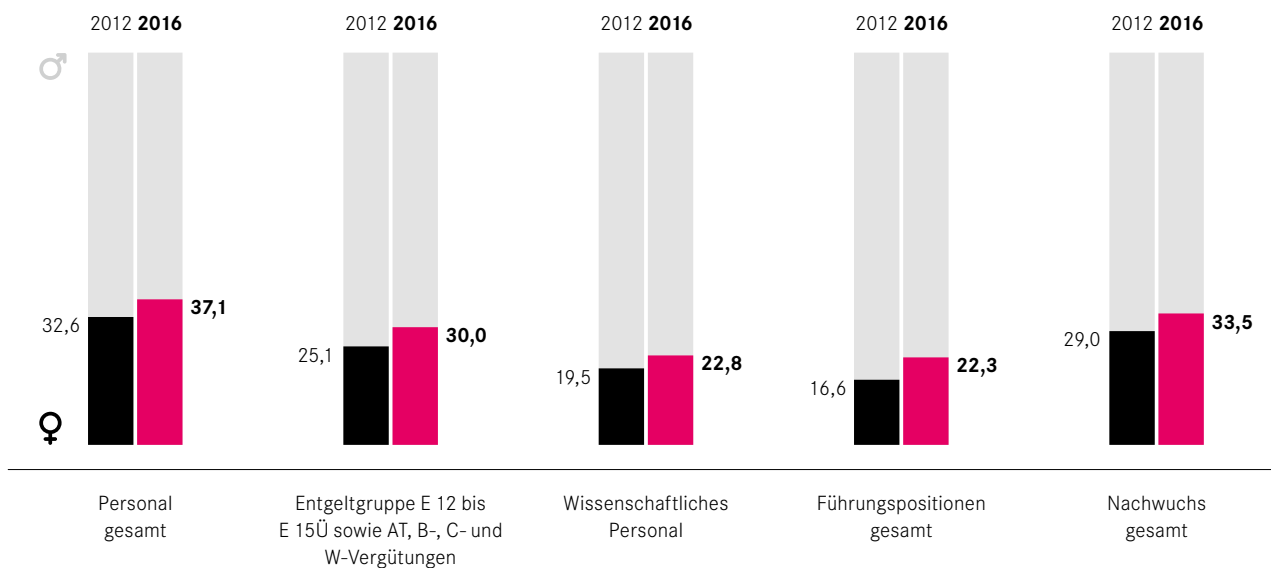
- Um exzellente Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem Ausland zu gewinnen, ist das Forschungszentrum im **internationalen Personalmarketing** aktiv. Dazu gehört die Teilnahme an Karrieremessen im Ausland, wie der „23rd Engineering Jobfair“ in Warschau, der Veranstaltung „Students on Snow“ in Landgraaf, Niederlande, oder an einem PhD-Workshop in China mit Stationen in Peking und Shanghai. Im JARA-Verbund wurde ein GAIN-Webinar zum Thema „Arbeiten im Forschungsverbund“ für aktuell in den USA forschende Deutsche durchgeführt, die Interesse an einer Rückkehr haben.



Personalmarketing ist eine internationale Aufgabe – so war das Forschungszentrum Jülich 2016 auch in China bei einer Veranstaltung für Doktoranden präsent.

Beschäftigte des Forschungszentrums: Frauenanteil

in Prozent, FTE (Full-time Equivalent)



Personalübersicht

Stand: 31.12.2016

Bereich	Anzahl ¹⁾
Wissenschaftler und Technisches Personal	3.661
davon Wissenschaftler inkl. Personen in wissenschaftlicher Ausbildung	2.114
• davon Doktoranden	537
• davon Forschungsstipendiaten	16
• davon Studentische Hilfskräfte	121
• davon gem. Berufungen mit Hochschulen/Universitäten ²⁾	135
• davon W3-Berufungen	57
• davon W2-Berufungen	62
• davon W1-Berufungen	16
davon Technisches Personal	1.547
Projekträgerschaften	1.162
Administration	714
Auszubildende und Praktikanten	331
Gesamt	5.868

1) gezählt werden nur Mitarbeiter mit Arbeitsvertrag und Vergütung

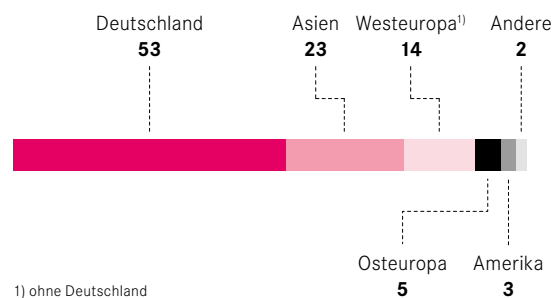
2) ohne Mitglieder der Geschäftsführung



Prof. Vincenzo Grillo (l.), Gastwissenschaftler am Peter Grünberg Institut und am Ernst Ruska-Centrum, wurde auf der Jahrestagung der Alexander von Humboldt-Stiftung mit dem Friedrich Wilhelm Bessel-Forschungspreis geehrt.

Gastwissenschaftler

2016: insgesamt 867 aus 65 Ländern
(Verteilung in Prozent)



1) ohne Deutschland

Preise und Auszeichnungen

2016

Das Forschungszentrum Jülich gehört zu den 25 innovativsten öffentlichen Forschungseinrichtungen weltweit – das ergab ein von der Nachrichtenagentur Reuters in Auftrag gegebenes Ranking staatlich finanzierter wissenschaftlicher Organisationen. Jülich erhielt im März 2017

die Auszeichnung „Reuters Top 25 Global Innovators: Government“ und nimmt den 21. Platz auf der Rangliste ein. Maßgeblich für die Bewertung sind Belege für innovative Forschungsleistungen wie Patente und zitierte Patente im Zeitraum 2009–2014 und die Anzahl der Publikationen.



Name	Auszeichnung
Prof. Katrin Amunts Institut für Neurowissenschaften und Medizin	Wahl zur stellvertretenden Vorsitzenden des Deutschen Ethikrats
Prof. Katrin Amunts Institut für Neurowissenschaften und Medizin Prof. Rainer Waser Peter Grünberg Institut Prof. Matthias Wuttig RWTH/Peter Grünberg Institut	Wahl in die acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Steffen Bekaen, Emrullah Erdogan, Lutz Franken, Maximilian Knoll und Tim Mertens Auszubildende	Helmholtz-Ausbildungspreis, 3. Platz
Claus Bier Institut für Bio- und Geowissenschaften	Posterpreis beim 26th IUPAC Symposium on Photochemistry in Osaka
Dr. Manuel dos Santos Dias Peter Grünberg Institut und Institute for Advanced Simulation	„Outstanding Reviewer Award“ des Institute of Physics (IOP)
Dr. Gérard Nisal Bischof Institut für Neurowissenschaften und Medizin	„Henry Wagner, Jr, MD Image of the year“-Preis der Internationalen Gesellschaft für Nuklearmedizin und molekulare Bildgebung
Dr. Sebastijan Brezinsek Institut für Energie- und Klimaforschung	Nuclear Fusion Journal Prize der International Atomic Energy Agency (IAEA)
Sascha Brinker Peter Grünberg Institut und Institute for Advanced Simulation	INNOMAG-Masterpreis 2017 der der Arbeitsgemeinschaft Magnetismus
Markus Dick Institut für Bio- und Geowissenschaften	Posterpreis 2016 auf der BioCat 2016 in Hamburg
Dr. Maximilian Engelbracht Dr. Daniel Krekel Dr. Christoph Rakousky Institut für Energie- und Klimaforschung	Borchers-Plakette der RWTH Aachen
Prof. Gereon Fink Institut für Neurowissenschaften und Medizin	Präsident der Deutschen Gesellschaft für Neurologie
Dr. Sarah Finkeldei Institut für Energie- und Klimaforschung Dr. Sergii Pud und Dr. Stephan Wirths beide ehem. Peter Grünberg Institut	Exzellenzpreis des Forschungszentrums Jülich
Dr. Charlotte Hoppe Institut für Energie- und Klimaforschung	Geoverbund ABC/J Forschungspreis für NachwuchswissenschaftlerInnen 2016, 2. Platz
Dr. Wolfgang Hoyer Institute of Complex Systems	Ulrich-Hadding-Forschungspreis des Biologisch-Medizinischen Forschungszentrums (BMFZ) der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Max Hünnefeld Institut für Bio- und Geowissenschaften	Posterpreis beim 31. Symposium „Mechanisms of Gene Regulation“ in Bad Bergzabern

Name	Auszeichnung
Vera D. Jäger Institut für Bio- und Geowissenschaften	Posterpreis 2016 auf der BioCat in Hamburg
Peter Kusen Institut für Bio- und Geowissenschaften	Preis für die beste Präsentation bei der International Conference on Photochemistry ICP 2016 in Paris
Jun.-Prof. Samir Lounis Institute for Advanced Simulation	gewählt in die Arab-German Young Academy of Sciences and Humanities der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften
Prof. Ulf-G. Meißner Institut für Kernphysik und Institute for Advanced Simulation	Lise-Meitner-Preis 2016 der Europäischen Physikalischen Gesellschaft
Miriam Menzel Institut für Neurowissenschaften und Medizin	als „JARA Best Master“ ausgezeichnet für ihre Arbeit zum Thema „Simulation and Modeling for the Reconstruction of Nerve Fibers in the Brain by 3D Polarized Light Imaging“
Dr. Andreas Nogga Institut für Kernphysik	Robert and René Glidden Fellowship der Ohio University
Prof. Uwe Pietrzyk Institut für Neurowissenschaften und Medizin	Rotblat-Medaille der Zeitschrift „Physics in Medicine and Biology“ für die meistzitierte Publikation der letzten 5 Jahre.
Dr.-Ing. Martin Robinus Institut für Energie- und Klimaforschung	Borchers-Plakette der RWTH Aachen und Innovationspreis des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbands (DWV)
Dr. Ernst-Peter Röth Institut für Energie- und Klimaforschung	Ehrenplakette des VDI
Dr. Marcel Rosenthal ehem. Institut für Kernphysik	ausgezeichnet als „JARA Excellent Junior“ für seine Arbeit „Spin Tracking Studies towards Electric Dipole Moment Measurements in Storage Rings“
Dr. Torsten Rieger Peter Grünberg Institut	Helmholtz-Doktorandenpreis für den Forschungsbereich „Schlüsseltechnologien“
Hannah Schneider Institut für Bio- und Geowissenschaften Dr. Alexey Yakushenko Peter Grünberg Institut Vitali Weißbecker Institut für Energie- und Klimaforschung	Gewinner des „Falling Walls Lab Jülich“ für den internationalen Ideenwettbewerb „Falling Walls“ in Berlin
Andreas Schulze Lohoff, Klaus Wedlich und Vitali Weißbecker Institut für Energie- und Klimaforschung	f-cell award – Innovationspreis Brennstoffzelle
Pepe Joss Strache Auszubildender im dualen Ausbildungsprogramm des Forschungszentrums Jülich	Ehrenplakette der FH Aachen für seine herausragenden Studienleistungen
Felix Urbain, Simone Köcher und Thomas Meisehen Institut für Energie- und Klimaforschung, Institut für Atmosphären- und Umweltforschung der Bergischen Universität Wuppertal	Communicator Award der Helmholtz-Graduiertenschule für Energie und Klima HITEC
Julia Valder Jülich Supercomputing Centre	Beste MATSE-Auszubildende 2016 in Deutschland; Ehrenplakette der FH Aachen für ihre Bachelorarbeit
Prof. Harry Vereecken Institut für Bio- und Geowissenschaften	John Dalton Medal 2016 der European Geosciences Union und Fellow der Soil Science Society of America (SSSA)
Prof. Martin Winter Helmholtz-Institut Münster	Braunschweiger Forschungspreis 2016
Philipp Winterscheid Auszubildender	Sieger der Deutschen Meisterschaften von „WorldSkills Germany“ in Berlin in der Kategorie Anlagenelektrik
Dr. Stephan Wirths ehem. Peter Grünberg Institut	Doktorandenpreis der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) für die beste Doktorarbeit in der Sektion kondensierte Materie und IOP (Institute of Physics) „Nanotechnology Young Researcher Award“

Rufe und Berufungen

Rufe

- **Dr. Derya Baran** vom Institut für Energie- und Klimaforschung wurde an die König-Abdullah-Universität für Wissenschaft und Technologie, Saudi-Arabien, berufen.
- **PD Dr. Frank Goldenbaum** vom Institut für Kernphysik wurde von der Bergischen Universität Wuppertal zum außerplanmäßigen Professor an der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften ernannt.
- **Dr. Alexander Grünberger** vom Institut für Bio- und Geowissenschaften erhielt einen W1-Ruf an die Universität Bielefeld.
- **Dr. Hans-Joachim Krause** vom Peter Grünberg Institut wurde von der Fach-

hochschule Aachen auf eine W2-Professur für Physik, Magnetfeldbasierte Mess- und Sensortechnik, berufen.

- **Dr. Wilhelm A. Meulenberg** vom Institut für Energie- und Klimaforschung hat einen Ruf der Universität Twente, Niederlande, auf eine Professur für den Bereich „Ion Transport Membranes“ angenommen.
- **PD Dr. Giuseppe Modolo** wurde von der RWTH Aachen zum außerplanmäßigen Professor an der Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik ernannt.
- **Prof. Irene Neuner** vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin wur-

de auf eine W2-Professur an die RWTH Aachen berufen.

- **Dr. Mercedes Alfonso Prieto** vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin und Institute for Advanced Simulation erhielt eine W1- Professur an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf nach dem Jülicher Modell. Die Position ist zu 50 Prozent von der „Ernesto Illy Foundation“ finanziert.
- **Dr. Jun Zhang** vom Jülich Supercomputing Centre hat einen Ruf der University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui, auf eine Professur für „Pedestrian Dynamics and Evacuation“ angenommen.

Gemeinsame Berufungen mit Hochschulen*

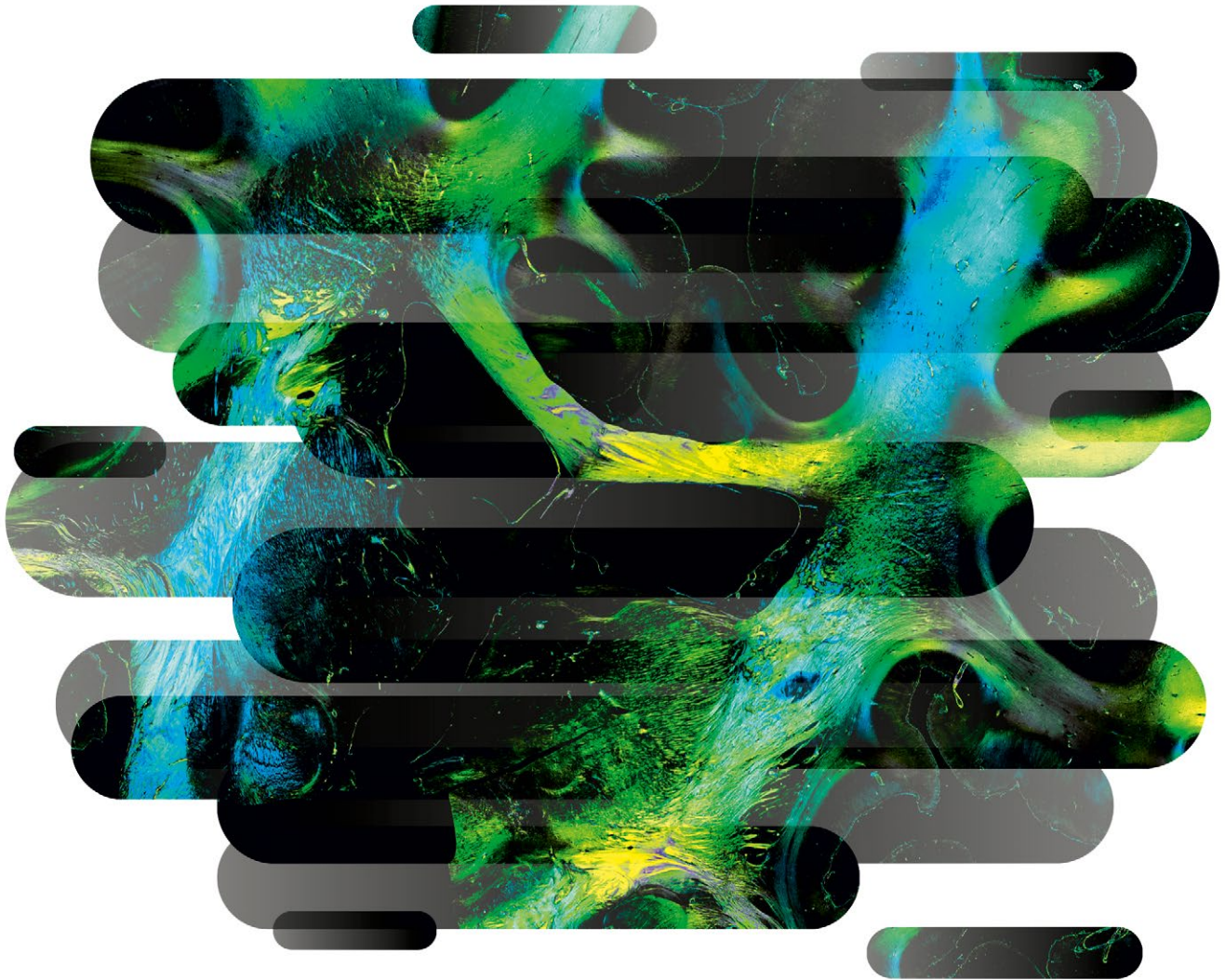
Stand: 31.12.2016

Universität	Jülicher Modell ¹⁾ gesamt	davon Neube- rufungen 2016	Invers gesamt ²⁾	davon Neube- rufungen 2016	Summe
FH Aachen	8				8
HHU Düsseldorf	11	2	7		20
RWTH Aachen	47	2	6	6	61
Uni Bochum	5				5
Uni Bonn	10		3		13
Uni Duisburg-Essen	4				4
Uni Erlangen-Nürnberg	2		1		3
Uni Köln	7	3	1		11
Uni Leuven	1				1
Uni Louvain		1			1
Uni Münster	1				1
Uni Regensburg	1				1
Uni Stuttgart	1				1
Uni Wuppertal	5				5
Summe	103	8	18	6	135

* 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 79 – 99



Tag der Neugier

Rund 16.000 Besucherinnen und Besucher kamen am 6. Juni 2016 zum Tag der Neugier auf den Jülicher Campus. Bei gutem Wetter präsentierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Forschungszentrums ihre Arbeit und Forschung der Öffentlichkeit. Eine Ausstellung informierte über die 60-jährige Geschichte des Forschungszentrums.





Strategieprozess schreitet voran

Wo kommen wir her, wo wollen wir hin? Der vom Vorstand initiierte Strategieprozess hat nicht allein eine Weiterentwicklung des wissenschaftlichen Profils des Forschungszentrums angestoßen. Er hat auch die Diskussion über Fragen der Unternehmenskultur in Gang gesetzt.

Forschung ist ihrer Natur nach in ständiger Entwicklung begriffen, und auch die Rahmenbedingungen und Handlungsnotwendigkeiten im wissenschaftlichen, gesellschaftlichen und wissenschaftspolitischen Umfeld wandeln sich. Das Forschungszentrum Jülich begreift die aktuellen Veränderungen als Chance zur konstruktiven Weiterentwicklung seiner Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten und seiner Strukturen. Hauptziele sind dabei:

- die Fokussierung der Forschungsaktivitäten
- ein effektiver Beitrag der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur dauerhaft wirksamen Lösung großer gesellschaftlicher Herausforderungen

Schritte zur Fokussierung der Forschung

Das Forschungszentrum Jülich wird sich zukünftig auf die beiden strategischen Schwerpunkte „Information“ und „Energie“ konzentrieren. Es orientiert sich dabei an den großen gesellschaftlichen Herausforderungen, wie sie die Bundesrepublik Deutschland und das Land Nordrhein-Westfalen in verschiedenen Strategiepapieren zur Energiewende und zur digitalen Agenda formuliert haben. Als strategisches Zukunftsthema wird ferner der Strukturwandel von einer erdöl- zu einer biobasierten Wirtschaft an Bedeutung gewinnen – daher strebt das Forschungszentrum einen Ausbau des Themas nachhaltige Bioökonomie in Jülich an.

Im Rahmen der strategischen Fokussierung sollen bestehende Kompetenzen und die Methodenvielfalt gebündelt und, wo sinnvoll, in Forschungsinfrastrukturen neu organisiert werden. Durch eine enge Kooperation von Forschungsgruppen und die Verzahnung ihrer jeweiligen fachspezifischen Ansätze und Instrumentarien werden unterschiedliche Forschungsfelder – insbesondere der Physik, Ingenieur- und Lebenswissenschaften – gewinnbringend vereint.

So führt das Institut für Neurowissenschaften und Medizin alle Bildgebungsgeräte in der neuen „Imaging Core Facility“ (ICF) zusammen. Ziel ist es, ein Nutzerzentrum zu etablieren, in dem Verfahren standardisiert und Messzeiten an interne und externe Nutzer vergeben werden. Mittelfristig soll die ICF ausgebaut werden und in eine „National Biomedical Imaging Facility“ übergehen. Das Forschungszentrum hat gemeinsam mit dem Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg einen entsprechenden Antrag im Verfahren zur Nationalen Roadmap für Forschungsinfrastrukturen gestellt.

Das Ernst Ruska-Centrum für Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen wurde zum 1. Januar 2017 aus dem Peter Grünberg Institut herausgelöst und als Institut neu gegründet. Es wird zu einem nationalen Nutzerzentrum ausgebaut, das neben dem bisherigen Partner RWTH Aachen auch die Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf einbezieht. Um die Anwendung von Geräten und Technologien

in einem breiten wissenschaftlichen Spektrum zu ermöglichen, wurde beispielsweise für die Untersuchung biologischer Moleküle die Anschaffung eines Kryoelektronenmikroskops beschlossen.

Auch die Helmholtz Nano Facility (HNF) wurde zum 1. Januar 2017 in einen eigenständigen Geschäftsbereich überführt. Mikro- und Nanostrukturen sind vor allem in der Informationstechnologie, bei neuen Werkstoffen, Materialien für die Energietechnik und in den Life Sciences von Bedeutung. Das Know-how und die technologischen Kompetenzen zur Produktion von Mikro- und Nanoelementen sind nun in einer Einheit zusammengeführt. Es ist geplant, die HNF in den nächsten Jahren zu einem Technologieanbieter für externe Nutzer aus Forschung und Industrie auszubauen.

Strategie-Arbeitsgruppen

Im Mai 2016 bildeten sich vier Arbeitsgruppen zu übergreifenden Themen des Strategieprozesses, in denen interessierte



Projektgruppen berieten über die Jülicher Strategie.



Lebhaft diskutiert wurde 2016 über das Leitbild des Forschungszentrums.

Beschäftigte des Forschungszentrums aus Wissenschaft und Administration zusammenwirkten. Die AGs „Vernetzung und Kooperation“, „Arbeitsbedingungen/Prozessmanagement Optimierung“, „Karriereentwicklung/wissenschaftlicher Nachwuchs“ und „Identität des Forschungszentrums“ bearbeiteten Fragen des Unternehmensprofils und der Unternehmenskultur. Dabei wählten sie die Themen aus, die in Interviews und bei einer Mitarbeiterbefragung sowie während einer Strategiekonferenz im Vorjahr als besonders wichtig für die Zukunft des Forschungszentrums bewertet worden waren. Der Vorstand befasste sich mit diesen erarbeiteten Vorschlägen und beschloss Prioritäten für die Umsetzung.

Die Etablierung einer Doktorandenplattform war einer der Vorschläge aus den Strategie-AGs, die nun priorisiert umgesetzt werden (→ S. 70: „*juelich_chances*“). Die Plattform soll die Jülicher Doktoranden institutsübergreifend vernetzen und bildet eine wichtige Schnittstelle zu den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die Dissertationen betreuen.

In der ersten Projektphase wurde der IST-Prozess von der Rekrutierung bis zum abgeschlossenen Promotionsverfahren für Jülicher Doktoranden erfasst, und es wurden Schwachstellen analysiert. Zudem wurde ein Sprachkonzept für die in- und externe Kommunikation diskutiert, das es der wachsenden Anzahl internationaler Doktoranden erleichtern soll, Zugang zu allen wichtigen Informationen zu erhalten. Ein weiterer Schritt ist die Vernetzung der Doktorandenbetreuer in einem sogenannten Betreuerforum und die Entwicklung von Betreuungseitleitlinien. Orientierungsformate zu Karrierewegen innerhalb und außerhalb der Wissenschaft und Angebote für den Erwerb übertragbarer Kenntnisse und Fertigkeiten jenseits rein fachspezifischer Qualifikationen („transferable skills“) für Doktoranden sollen das Angebot abrunden.

Ein weiteres Projekt der Strategie-AGs, das vom Vorstand als besonders wichtig eingestuft wurde, ist die Entwicklung eines neuen Leitbilds für das Forschungszentrum Jülich. Hier geht es um das Jülicher Selbstbild: Zu welchen Werten bekennen wir uns? Was sind unsere Aufgaben und welche Visionen haben wir?

Ab Herbst 2016 arbeitete eine Projektgruppe intensiv am neuen Leitbild für das Forschungszentrum. Zahlreiche Kolleginnen und Kollegen wurden in Gremien und Veranstaltungen eingebunden und haben mitgewirkt. Im Frühjahr 2017 hat der Vorstand das gemeinsam erarbeitete neue Leitbild des Forschungszentrums in Kraft gesetzt. Es beschreibt wissenschaftliche Exzellenz, Verantwortung für die Gesellschaft, wissenschaftliche Integrität und Kollegialität im Umgang miteinander als zentrale Werte, denen sich die Beschäftigten des Forschungszentrums gemeinsam verpflichtet fühlen. Wandel und Fortschritt in der Gesellschaft will das Forschungszentrum nicht nur forschend begleiten, sondern Schrittmacher dafür sein. Das Leitbild ist beschlossen, aber der Leitbildprozess geht weiter. Nun muss der Text des Leitbildes mit Leben erfüllt werden, damit es in der Arbeitspraxis der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wirksam wird.

Zukunftscampus Jülich

Forschung trägt dazu bei, die Nachhaltigkeitsziele der UN zu erfüllen. Zugleich ist das Wissenschaftssystem selbst gefordert, eigene Strukturen, Prozesse und Werte zu überprüfen, um dauerhaft ein hohes Maß an Wertschätzung von der Gesellschaft zu erhalten, zum Beispiel auch beim Umsetzen der Energiewende auf dem Jülicher Campus.

Der Begriff der Nachhaltigkeit bedarf der Konkretisierung, um nicht zur Leerformel zu verkommen. Für ein effektives Nachhaltigkeitsmanagement wurden daher in den letzten Jahren Standards entwickelt, die jedoch bislang auf Wirtschaftsunternehmen, nicht auf Forschungsinstitute ausgerichtet waren. Um diese Lücke zu schließen und ein Verständnis davon zu entwickeln, was nachhaltiges Handeln in der Wissenschaft bedeutet, haben sich die Helmholtz-Gemeinschaft, die Fraunhofer-Gesellschaft und die Leibniz-Gemeinschaft zusammengetan und im Rahmen eines vom Bundesforschungs-

ministerium (BMBF) geförderten Verbundprojekts „Nachhaltigkeitsmanagement in außeruniversitären Forschungsorganisationen“ (LeNa) eine Handreichung entwickelt. Diese wurde im Rahmen der Tagung „Sustainability in Science“ im Oktober 2016 in Berlin der Öffentlichkeit vorgestellt und durch die Präsidenten der drei Forschungsorganisationen an die Bundesforschungsministerin Prof. Johanna Wanka übergeben. Zu den Handlungsfeldern gehören Kriterien für einen gesellschaftlich verantwortungsvollen Forschungsprozess, der beispielsweise beabsichtigte und nicht-beabsichtigte Folgen der Forschung re-

flektiert, ebenso wie das Berücksichtigen von Nachhaltigkeitsaspekten beispielsweise bei der Beschaffung, der Bauplanung oder beim Mobilitätsmanagement. Der 2. Nachhaltigkeitsbericht des Forschungszentrums wurde erneut nach den aktuellen Richtlinien der Global Reporting Initiative zertifiziert und reflektiert Aspekte von LeNa (➔ http://www.fz-juelich.de/portal/DE/Presse/broschueren/themenhefte/_node.html).

Ein vielversprechendes Jülicher Praxisbeispiel für die Umsetzung eines nachhaltigen Managements ist der Klimaschutzplan des Forschungszentrums, der beim Neujahrsempfang 2017 vom Vorstand vorgestellt wurde. Der Plan verfolgt im ersten Schritt das Ziel, bis 2030 eine klimaneutrale Zentralverwaltung zu erreichen. Die Energiewende auf dem Jülicher Campus vorantreiben soll die Initiative „Living Lab Energy Campus“ (LLEC). In diesem Reallabor der Zukunft, dessen Bau 2017 beginnt, werden ressourceneffiziente, dezentrale Energiesysteme untersucht, die auf erneuerbaren Energien basieren. Dafür werden Datenerfassungs- und Steuerungssysteme implementiert; Demonstrationseinheiten erlauben die Echtzeitanalyse und Betriebsoptimierung von Energiesystemen. Damit diese Arbeit erfolgreich ist, müssen die Nutzer sensibilisiert werden und Verantwortung beim Umgang mit Energie übernehmen. Dazu wurde schon 2013 ein Dialogforum im Intranet initiiert. Im Jahr 2016 trug der Workshop „Sensibilisierung, Selbstmotivation, Vernetzung: Unsere Campus-Energiewende?“ zur weiteren Entwicklung des LLEC bei.



„Wie können wir die Nachhaltigkeitsziele der UN lokal umsetzen?“ war die zentrale Frage bei vielfältigen Aktionen der Stabsstelle ZC mit hochrangigen Gästen am Tag der Neugier 2016 (v. l. n. r. Prof. G. Bachmann, Generalsekretär des Rats für Nachhaltige Entwicklung, kreative junge Köpfe der Tagesstätte „Kleine Füchse“, Dr. P. Burauel, ZC). Im moderierten Gespräch stellten Institutsleiterinnen und -leiter ihre Sichtweise zum Thema Forschen in gesellschaftlicher Verantwortung dar.

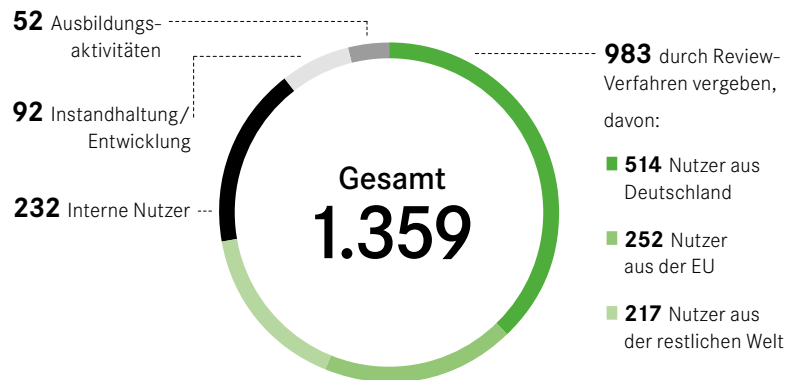
Exzellente Plattformen

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 elf Jülicher Instrumente am Heinz Maier-Leibnitz Zentrum MLZ in Garching bei München sowie weiterer Instrumente 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 dem Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik (ZEA) und internationalen Partnern mehrere Instrumente für die im Bau befindliche Europäische Spallationsquelle ESS in Lund, Schweden.

Vergebene Strahlzeit

Tage, gerundet, 2016



Durch Review-Verfahren vergebene Nutzertage an den JCNS-Instrumenten

2016

Akronym	Instrument	Tage
PANDA	Kaltes Dreiachsenspektrometer	95
KWS-2	Kleinwinkelstreuanlage 2	87
J-NSE	Jülich Neutronen-Spin-Echo-Spektrometer	85
POLI	Polarized hot neutron diffractometer	83
HEIDI	Heißes Einkristalldiffraktometer (Single crystal diffractometer on hot source)	81
MARIA	Magnetisches Reflektometer	79
SPHERES	Rückstreupektrometer mit hoher Energieauflösung	79
BIODIFF	Diffractometer for large unit cells	75
KWS-1	Kleinwinkelstreuanlage 1	70
DNS	Flugzeitspektrometer mit diffuser Neutronenstreuung	64
KWS-3	Kleinwinkelstreuanlage 3	61
SNS¹⁾	Spallationsneutronenquelle, Oak Ridge	76
ILL¹⁾	Institut Laue-Langevin, Grenoble	48

1) es handelt sich hier um Zentren, nicht um Instrumente

Helmholtz Nano Facility (HNF)

Die Helmholtz Nano Facility am Forschungszentrum Jülich ist die zentrale Technologieplattform der Helmholtz-Gemeinschaft für Nanostrukturen. Die HNF ist eine „state of the art“-Reinraumfacility mit 1.000 Quadratmetern Reinraum der Klassen ISO 1-3. Sie dient der Erforschung, Herstellung und Charakterisierung von Nanostrukturen für die Informationstechnologie. Die HNF, die Anfang 2017 in einen eigenständigen Geschäftsbereich überführt wurde, eröffnet Universitäten, Forschungsinstitutionen und der Industrie den freien Zugang zu Know-how und bietet Ressourcen für die Fabrikation von Strukturen, Geräten und Schaltungen bis hin zu komplexen Systemen. Schwerpunkt der Arbeit ist die ressourcenschonende „Grüne IT“.

HNF in Zahlen

2016

Nutzer intern	160
Nutzer extern	32
Nutzungstage	210
Wartungstage	45
Gesamte Nutzungszeit aller Geräte in Stunden	39.630
Externe Besucher	1.671

Nutzungszeiten

2016

Geräte	Zeit [h/a]
Nassbänke	12.944
Reactive-Ion-Etching-Anlagen	5.432
Vistec-Elektronenstrahlbelichter	4.058
Rasterelektronenmikroskope	3.970
Focused Ion Beam	3.059
Abzüge	2.270
Aufdampfanlage	2.267
Charakterisierung	2.134
Mask Aligner (Kontaktbelichter)	1.624
Wafersäge	652
Dektak 150 Profilometer	590
Oxidationsöfen	349
Nanoimprint Lithography	214
Wafer-cleaner SSEC	67

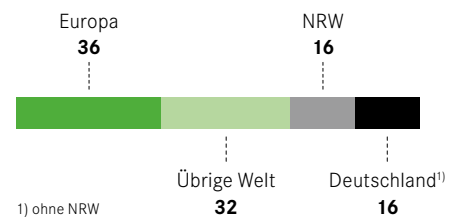
Ernst Ruska-Centrum (ER-C)

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. Es wurde zum Beginn 2017 als eigenständiges Institut neu gegründet. Das nach dem Erfinder des Elektronenmikroskops benannte ER-C auf dem Jülicher Cam-

pus ermöglicht einen 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 (ChemiSTEM, HOLO, PICO, STEM und TEM) des ER-C werden Universitäten, Forschungseinrichtungen und der Industrie zur Verfügung gestellt. Diese Zeit wird von einem Gutachtergremium vergeben, welches die Deutsche Forschungsgemeinschaft benennt.

Nutzer

nach Region, in Prozent, 2016



Vergebene Messzeit

an elektronenmikroskopischen Instrumenten des ER-C¹⁾ in Tagen

	2012	2013	2014	2015	2016
Forschungszentrum Jülich	420	480	455	427	549
RWTH Aachen	138	156	190	244	215
Externe Nutzer	463	412	471	686	603
Service und Wartung	150	220	373	233	184
Summe	1.171	1.268	1.489	1.590	1.551

1) davon fünf der Titan-Klasse

Jülich Supercomputing Centre (JSC)

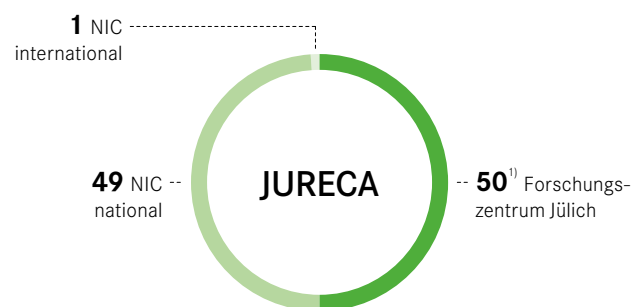
Das Jülich Supercomputing Centre stellt Wissenschaftlern und Ingenieuren am Forschungszentrum Jülich, an Universitäten und Forschungseinrichtungen in Deutschland und in Europa sowie in der Industrie Rechenkapazität auf Supercomputern der höchsten Leistungsklasse zur Verfügung, um hochkomplexe Probleme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

Das Forschungszentrum Jülich betreibt JUQUEEN im Forschungsprogramm Supercomputing unter anderem für die Helmholtz-Gemeinschaft. Rund 70 Prozent des Rechners sind Teil des nationalen Verbundes Gauss Centre for Supercomputing (GCS); die Rechenzeit wird über etablierte Peer-Review-Verfahren an nationale und europäische Projekte vergeben. Weitere 30 Prozent der Rechenzeit stehen Nutzern des Forschungszentrums Jülich und der Jülich Aachen Research Alliance (JARA)

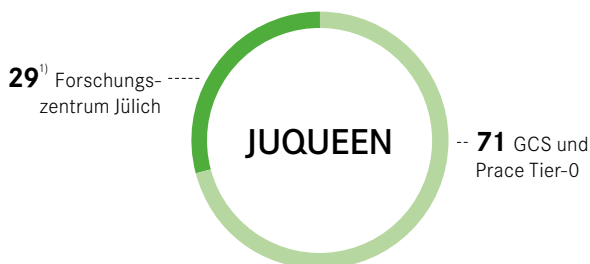
zur Verfügung. Gemeinsam mit fünf anderen Helmholtz-Zentren entwickelt das JSC in der Helmholtz-Datenföderation seit Beginn 2017 eine neue Infrastruktur für die permanente, sichere und gut nutzbare Speicherung von Forschungsdaten.

Relative Zahlen nach Nutzern

in Prozent, 2016



1) Ab 2016 wurde wegen der Neustrukturierung der GRS Rechenzeit für Jülicher Simulation-Science-Studenten (JuSiSc) über das FZJ bereitgestellt. Basis sind die GCS-Bewilligungszeiträume 11/2015–10/2016 und 5/2016–4/2017



1) Ab 2016 wurde wegen der Neustrukturierung der GRS-Rechenzeit für Jülicher Simulation-Science-Studenten (JuSiSc) über das FZJ bereitgestellt.

Begehrte Rechenzeit

2016

Supercomputer	Überbuchungsfaktor
JUQUEEN	1,5
JURECA	2,5

Nutzerstatistik

in Millionen Kernstunden (Core-h), 2016

Supercomputer	Core-h
JUQUEEN	3.200
JURECA	315

Außenstellen

Das Forschungszentrum Jülich betreibt einzigartige Großgeräte – nicht nur auf dem eigenen Campus, sondern auch an Außenstellen im In- und Ausland. Hinzu kommen gemeinsame Institute mit Hochschulen und Einrichtungen zur Nachwuchsförderung sowie die Standorte der Projektträger.

- Mit der **RWTH Aachen** ist das Forschungszentrum Jülich in der **Jülich Aachen Research Alliance JARA** (→ S. 53) verbunden. In einer einzigartigen Kooperation überwindet diese Allianz das Nebeneinander von universitärer und außeruniversitärer Forschung und Lehre.
- Am **Forschungsreaktor in Garching bei München** betreibt das **Jülich Centre for Neutron Science (JCNS)**¹ 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’Energie Atomique (CEA, Frankreich), dem Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS, Frankreich) und dem Science and Technology Facilities Council (STFC, UK) Gesellschafter des Höchstflussreaktors des **Instituts Laue-Langevin (ILL)** in **Grenoble, Frankreich**.
- Jülich koordiniert den deutschen Beitrag zur geplanten **European Spallation Source (ESS)**, die im **schwedischen Lund** entsteht. Ziel ist es, an der ESS eine deutsche Außenstelle einzurichten.
- Die Aktivitäten des **Peter Grünberg Instituts** im Bereich der Synchrotron-Strahlung in **Dortmund, Berlin, Triest (Italien)** und **Argonne (USA)** werden durch das Jülich Synchrotron Radiation Laboratory (JSRL) koordiniert.
- Der **Projektträger Jülich** – als weitgehend selbstständige Organisation in der Forschungszentrum Jülich GmbH – hat Standorte in Jülich, Berlin, Rostock und **Bonn** (→ S. 89).
- 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 **New 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.
- Die **Koordinationsstelle des Bernstein Netzwerkes** an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg gehört 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.
- Eine Abteilung des Jülicher Institute of Complex Systems bildet gemeinsam mit weiteren Forschergruppen aus neun Partnerinstitutionen in **Hamburg** das **Centre for Structural Systems Biology (CSSB)**. Gemeinsames Ziel ist es, die molekularen Mechanismen von Krankheiten bis hinunter auf die Ebene der Atome zu entschlüsseln. Hierzu nutzen die Wissenschaftler unter anderem die weltweit einmalige Röntgenquelle **European XFEL** (→ S. 91: „*Brillantes Röntgenlicht für Strukturbiochemiker*“).

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

Auf dem Jülicher Campus sind der Projektträger Jülich (PtJ) und der Projektträger Energie, Technologie, Nachhaltigkeit (ETN) als weitgehend selbstständige Organisationen tätig. Im Auftrag der öffentlichen Hand setzen sie Forschungs- und Innovationsförderprogramme um. Auftraggeber sind Bund und Länder sowie die Europäische Kommission. Der Projektträger ETN ist exklusiv für das Land Nordrhein-Westfalen tätig.

Der Projektträger Jülich

Mit 1,46 Milliarden Euro umgesetzter Fördermittel im Jahr 2016 ist der Projektträger Jülich (PtJ) einer der größten Projektträger in Deutschland. Sein breites fachliches Kompetenzspektrum bündelt er in den drei Geschäftsfeldern Energie, Nachhaltige Entwicklung sowie Innovation und Wissenstransfer. Da in der Forschungs- und Innovationspolitik bedarfsorientierte interdisziplinäre Ansätze immer wichtiger werden, baut PtJ seine Kompetenzen in Querschnittsthemen gezielt aus und führt sie in den Kompetenzfeldern Ressourceneffizienz, Digitalisierung und Europäisches Forschungsmanagement zusammen.

Ein zentrales Thema ist weiterhin die Energiewende. 2016 hat PtJ maßgeblich zu ihrem Gelingen beigetragen: Neben dem 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung „Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ setzt PtJ das Förderprogramm „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energie-



Auf einem Traditionsschiff im Rostocker Hafen beging PtJ das 25-jährige Jubiläum seiner Rostocker Geschäftsstelle gemeinsam mit Auftraggebern, Partnern, Gästen aus der Politik, Vertreterinnen und Vertretern des Forschungszentrums Jülich sowie seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern.

wende“ (SINTEG) des Bundeswirtschaftsministeriums um. In diesem Programm werden rund 180 Vorhaben gefördert, die in Modellregionen Lösungen für eine klimafreundliche, effiziente und sichere Energieversorgung entwickeln. Ein weiteres groß angelegtes Programm für die Energiewende hat das Bundesforschungsministerium (BMBF) mit den Kopernikus-Projekten gestartet; das Programm wird ebenfalls bei PtJ umgesetzt. Hierbei sollen Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft gemeinsam technologische und wirtschaftliche Lösungen für den Umbau des Energiesystems entwickeln. Gefördert werden vier Verbünde mit insgesamt 160 Einzelvorhaben (➔ S. 54: „JARA Energy“).

einen küstennahen Standort. Beschleunigt durch die Wiedervereinigung fiel die Entscheidung auf Rostock-Warnemünde, wo diese Projektträgerschaft ab 1991 aufgebaut wurde. Es folgten die Projektträgerschaften Polarforschung und Geowissenschaften, die Projektträgerschaft des Landes Mecklenburg-Vorpommern und das Sonderprogramm Geotechnologien sowie 2001 die am Standort Berlin angesiedelte Projektträgerschaft Schifffahrt und Meerestechnik. Seit 2011 setzt der Geschäftsbereich Meeresforschung, Geowissenschaften, Schiffs- und Meerestechnik (MGS) an den Standorten Berlin und Rostock für das Bundeswirtschaftsministerium auch das Nachfolgeprogramm „Maritime Technologien“ um und engagiert sich in der europäischen Forschungsförderung.

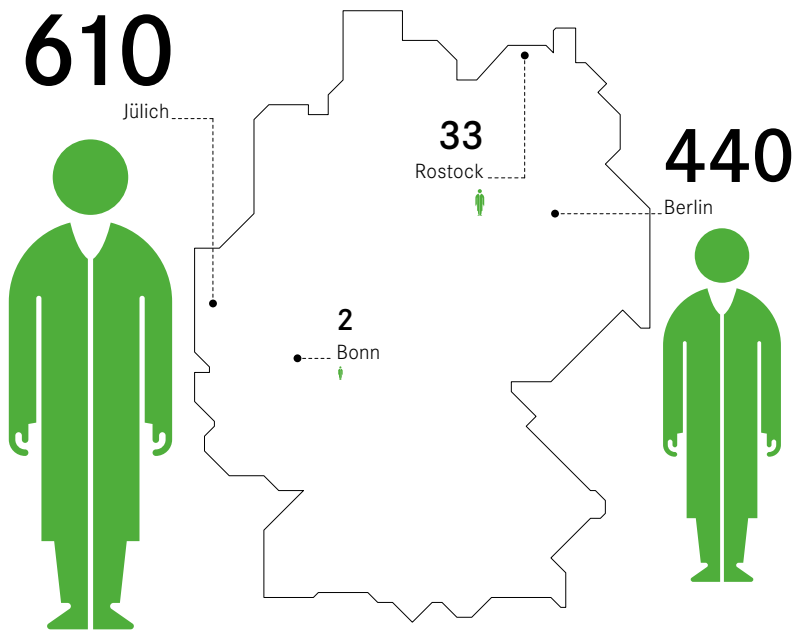
Daten Projektträger PtJ	2016
Betreute Vorhaben	17.891
Neu bewilligte Vorhaben	7.362
Umgesetzte Fördermittel	1,46 Milliarden Euro
Mitarbeiter/innen	1.085

25 Jahre Förderung in Rostock

Vor 25 Jahren begann PtJ seine Arbeit am Standort Rostock. Ende der 1980er Jahre plante das Bundesforschungsministerium einen Projektträger für den Bereich Meeresforschung und suchte dafür

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des PtJ

Verteilung auf die Standorte, 2016



Region ein und fördert neue Ideen zur Verknüpfung des digitalen und stationären Einzelhandels in NRW.

Den Schwerpunkt bilden die Leitmarktwettbewerbe, über die das Land Projekte in Bereichen fördert, die für NRW zentrale Bedeutung haben. Hier sind inzwischen gemeinsam mit PtJ Vorhaben zu 16 Einreichfristen bearbeitet worden. Dafür wurden

- mehr als 9.000 Beratungsgespräche geführt und
- 821 vorgelegte Projektskizzen bearbeitet;
- es waren über 2.900 Partner beteiligt;
- für 225 Verbünde wurden 840 Zuwendungen bearbeitet;
- die Projekte wurden mit rund 265 Mio. Euro gefördert.

Die Klimaschutzwettbewerbe des Landes, für die ETN allein zuständig ist, bilden einen weiteren Tätigkeitsschwerpunkt. Für die Förderwettbewerbe zum Klimaschutz stehen ca. 215 Mio. Euro an Fördermitteln des Landes bzw. aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung“ zur Verfügung. Bislang wurden sechs Wettbewerbe ausgerufen, die das Ziel haben, innovative Beiträge zur Minderung von Treibhausgasemissionen zu leisten – mit Pilotvorhaben zum Ausbau erneuerbarer Energien, zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Stabilität der Netze.

Der Projektträger Energie, Technologie, Nachhaltigkeit

ETN konnte auch in 2016 seine Stellung als zentrale Fördereinrichtung in Nordrhein-Westfalen ausbauen. Neben den Aufgaben als LeitmarktAgentur.NRW, bei denen ETN mit PtJ zusammenarbeitet, bearbeitet ETN mit seinen 77 Mitarbeitern

ein breites Spektrum weiterer Themen. So ist er für die Klimaschutzprogramme des Landes NRW zuständig, koordiniert sämtliche Aktivitäten des Landes im Bereich Elektromobilität, unterstützt bürgerschaftliches Engagement, bringt sich mit dem Vorhaben „Umbau 21“ in die strategische Neuorientierung der Emscher-Lippe-

2016 feierten sie gemeinsam das 25-jährige Jubiläum des Projektträgers ETN: (v.l.): Umweltminister von NRW Johannes Rammel, ETN-Leiter Dr. Bernd Steingrobe, Gesundheitsministerin von NRW Barbara Steffens, Moderator Tom Hegemann und Karsten Beneke, Vorstandsmitglied des Forschungszentrums Jülich.





Einblick in den 500 Meter langen Photonen-Tunnel XTD9 der Röntgenquelle XFEL während der Bauphase. Durch ihn werden die erzeugten Röntgenblitze zu den Experimenten geleitet.

Brillantes Röntgenlicht für Strukturbiochemiker

Ende 2016 hat die schrittweise Inbetriebnahme der weltweit einmaligen Röntgenquelle XFEL in Hamburg begonnen. Vor Ort mit einer Abteilung sind Jülicher Strukturbiochemiker – als Teil eines Zentrums, das die molekularen Mechanismen von Alzheimer, parasitären Wurminfektionen und anderen Krankheiten ans Licht bringen will.

Jede Sekunde blitzt es 27.000-mal – in einer riesigen Anlage, die sich vom Gelände des Forschungszentrums DESY in Hamburg-Bahrenfeld bis in die drei Kilometer entfernte Stadt Schenefeld erstreckt. Ein Laser sendet die Röntgenlichtblitze aus, jeder davon milliardenfach leuchtstärker als das Röntgenlicht aus den besten herkömmlichen Quellen. Die Macher des „European XFEL“ (X-ray Free Electron Laser) sprechen vom „Licht der Zukunft“, weil die Leistungsstärke der Röntgenquelle völlig neue Forschungsmöglichkeiten bietet. Wissenschaftler können mit ihr ab November 2017 unter anderem komplexe Moleküle, Katalysatoren und Zustände im Inneren von Sternen untersuchen.

Dauerhaft vor Ort forscht eine Abteilung des Jülicher Institute of Complex Systems. Das Team um Prof. Jörg Labahn bildet zu-

sammen mit acht Forschergruppen aus neun Partnerinstitutionen das Centre for Structural Systems Biology (CSSB). Mit ihrer gebündelten Expertise in der Strukturbiochemie wollen die Wissenschaftler die Angriffsmechanismen von Krankheitserregern bis hinunter auf die Ebene der Atome entschlüsseln. Hierzu stehen neben dem XFEL und der Speicherring-Röntgenstrahlungsquelle Petra III die gemeinsamen Forschungseinrichtungen im neuen hochmodernen CSSB-Gebäude zur Verfügung, zum Beispiel leistungsstarke Elektronenmikroskope und eine Hochdurchsatz-Kristallisationsanlage. Außer den zehn festen Forscherteams gehört zum CSSB noch ein sogenanntes Forschungshotel: Hier können Gruppen von Nachwuchswissenschaftlern mehrere Monate bis einige Jahre lang vom wissenschaftlichen Umfeld im CSSB profitieren.

Die Wissenschaftler um Jörg Labahn analysieren mithilfe von Röntgenstrahlung den Aufbau von Proteinen aus der Zellmembran. Bei ihrer Forschung nutzen sie unter anderem eine spezielle Methode, die Labahn entwickelt hat, um wasserunlösliche Membranproteine relativ einfach und schnell zur Kristallisation zu bringen – eine wichtige Voraussetzung für genaue Strukturanalysen.

Das Jülicher Team erforscht beispielsweise die Struktur der Gamma-Sekretase, die bei der Entstehung der Alzheimer-Krankheit eine Rolle spielt. Außerdem untersucht es Transportproteine für Serotonin. Diese sind bei Fuchsbandwurm-Infektionen bedeutsam, die unbehandelt tödlich verlaufen. In Deutschland werden den Behörden jährlich rund 40 solcher Infektionen gemeldet, doch wahrscheinlich erkranken mindestens dreimal so viele Menschen daran. Serotonin ist aber nicht nur für die Entwicklung des Fuchsbandwurms wesentlich, sondern fungiert auch beim Menschen als Botenstoff im Gehirn. Die Forscher um Labahn wollen die strukturellen Unterschiede zwischen den Serotonin-Transportern des Menschen und des Fuchsbandwurms im Detail aufklären, um so den Weg zu Medikamenten frei zu machen, die den Serotoninhaushalt im menschlichen Nervensystem nicht beeinflussen. Anders als in der Pharmaforschung üblich, kann man also dank der Blitze aus dem Röntgenlaser womöglich Medikamente entwickeln, die kaum Nebenwirkungen haben.

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, 2016

Aktiva	2016	2015
A. Anlagevermögen	482,8	486,0
I. Immaterielle Vermögensgegenstände	2,4	2,6
II. Sachanlagen	480,2	483,2
III. Finanzanlagen	0,2	0,2
B. Umlaufvermögen	312,2	273,3
I. Vorräte	47,1	37,4
II. Forderungen und sonstige Vermögensgegenstände	26,3	55,6
III. Ausgleichsansprüche an die öffentliche Hand	202,9	162,0
IV. Kassenbestand, Bundesbankguthaben, Guthaben bei Kreditinstituten, Schecks	35,9	18,3
C. Rechnungsabgrenzungsposten	8,4	4,4
Summe der Aktiva	803,4	763,7
Passiva	2016	2015
A. Eigenkapital	0,5	0,5
B. Sonderposten für Zuschüsse	546,6	566,7
I. zum Anlagevermögen	482,3	485,5
II. zum Umlaufvermögen	64,3	81,2
C. Rückstellungen	163,3	133,9
I. Stilllegung und Beseitigung kerntechnischer Anlagen	61,6	48,9
II. Pensionen und Sonstiges	98,8	74,7
III. Steuerrückstellung	2,9	10,3
D. Verbindlichkeiten	91,8	61,4
E. Rechnungsabgrenzungsposten	1,2	1,2
Summe der Passiva	803,4	763,7

Gewinn- und Verlustrechnung

in Tausend Euro, 2016

	2016		2015	
Erträge aus Zuschüssen		444.341		80.283
Sonstige Zuschüsse		347.614		-4.367
davon Bund	315.544		-2.534	
davon Land	32.070		-1.833	
Drittmittel Projektförderung		96.727		84.650
davon Bund	46.499		45.204	
davon Land	9.758		9.242	
davon DFG	4.202		3.874	
davon Sonstige	17.881		13.896	
davon EU	18.387		12.434	
Erlöse und andere Erträge		153.461		599.312
Erlöse aus Forschung, Entwicklung und Benutzung von Forschungsanlagen		8.659		13.132
Erlöse aus Lizenz-, Know-how-Verträgen		321		442
Erlöse aus Projektträgerschaften		96.461		87.732
Erlöse aus Infrastrukturleistungen und Materialverkauf		31.188		16.984
Erlöse aus dem Abgang von Gegenständen des Anlagevermögens		476		602
Erhöhung oder Verminderung des Bestandes an unfertigen Erzeugnissen und Leistungen (davon EU 428 T €, VJ 4.042 T €)		9.892		3.942
Andere aktivierte Eigenleistungen		1.592		937
Sonstige betriebliche Erträge		4.870		475.528
Sonstige Zinsen und ähnliche Erträge		2		13
Zuweisungen zu den Sonderposten für Zuschüsse		-38.504		-84.325
Weitergegebene Zuschüsse		-50.871		-51.637
Zur Aufwandsdeckung zur Verfügung stehende Zuschusserträge, Erlöse und andere Erträge		508.427		543.633
Personalaufwand		330.255		327.124
Sachaufwand		43.396		51.722
Materialaufwand		22.761		24.691
Aufwendungen für Energie-, Wasserbezug		16.983		21.859
Aufwendungen für fremde Forschung und Entwicklung		3.652		5.172
Sonstige betriebliche Aufwendungen		127.738		131.068
Sonstige Zinsen und ähnliche Aufwendungen		2.715		30.761
Steuern vom Einkommen und Ertrag		4.323		2.958
Außerordentliche Aufwendungen		0		0
Abschreibungen auf Anlagevermögen		0		0
Abschreibungen auf Anlagevermögen		56.557		61.420
Erträge aus der Auflösung des Sonderpostens für Zuschüsse		-56.557		-61.420
Gesamtaufwand		508.427		543.633
Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit/Jahresergebnis		0		0

Erlöse

in Tausend Euro, 2016

Bereich	Struktur der Materie	Erde und Umwelt	Energie	Schlüssel-technologien	Summe Forschungsbereiche	sonstige Erlöse	Gesamt
EU-Förderung	1.049	1.246	6.328	6.949	15.572	2.387	17.959
Nationale Projektförderung (ohne DFG)	64	5.518	14.418	29.391	49.391	24.746	74.137
davon weitergegebene Zuschüsse	2	33	910	4.846	5.791	21.495	27.286
DFG-Förderung	56	690	653	2.640	4.039	163	4.202
Teilsumme Projektförderung	1.169	7.454	21.399	38.980	69.002	27.296	96.298
Aufträge Ausland	49	276	1.016	514	1.855	428	2.283
Aufträge Inland	4.852	1.391	3.432	2.676	12.351	39.825	52.176
Projektträgerschaften						96.461	96.461
Zwischensumme Drittmittel	6.070	9.121	25.847	42.170	83.208	164.010	247.218
Institutionelle Förderung							369.853
davon Rückbauprojekte							4.866
Summe							617.071

Hinweis

Die Aufgliederung der Drittmittel erfolgt nach Fördermittel- bzw. nach Auftraggebern. Hierbei sind neben den in der GuV ausgewiesenen Erträgen aus Zuschüssen von der EU und aus dem Auftragsgeschäft Bewertungen von unfertigen Leistungen berücksichtigt. Die Zusammensetzung der nationalen Projektförderungen ist in der nachfolgenden Tabelle „Nationale Projektförderungen ohne DFG“ aufgeführt. Die DFG-Förderung setzt sich zusammen aus Zuschüssen und Personalkostenerstattungen von der DFG.

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

Nationale Projektförderung

ohne DFG, in Tausend Euro, 2016

Gesamt	74.137
durch Bund	46.499
durch Land	9.758
durch sonstige (inländische) Stellen	17.880
davon	
weitergegebene Zuschüsse	27.286
um weitergegebene Zuschüsse bereinigte nationale Projektförderung ohne DFG	46.851

Koordinierte Förderprogramme der DFG

2016

Projekte	Anzahl
Gesamt	49
davon Sonderforschungsbereiche	7
davon DFG-Schwerpunkte	30
davon Graduiertenkollegs und Sonstige	12

Erlöse 2016

In 2016 erwirtschaftete das Forschungszentrum Jülich 247,2 Millionen Euro Drittmittel. Der überwiegende Anteil der Drittmittel resultiert aus Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten für die Industrie, aus 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 2016 von Bund und Land institutionelle För-

derung in Höhe von 369,9 Millionen Euro zur Aufwandsdeckung (d. h. für den laufenden Betrieb) und zur Finanzierung des Anlagevermögens (d. h. für Investitionen) erhalten. Darin sind 4,9 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

➔ www.fz-juelich.de/aufsichtsrat

MinDir Dr. Karl Eugen Huthmacher
(Vorsitzender)
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Staatssekretär Dr. Thomas Grünewald
(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 (BMUB)

MinDirig Dr. Frank Heidrich
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Staatssekretär Peter Knitsch

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucher-
schutz 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. Heike Riel

IBM Research – Zurich

Dr. Beatrix Vierkorn-Rudolph

Bundesministerium für Bildung und
Forschung

Geschäftsführung (Vorstand)

➔ www.fz-juelich.de/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

Wissenschaftlich-Technischer Rat¹

➔ www.fz-juelich.de/wt-rat

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

Wissenschaftlicher Beirat

➔ www.fz-juelich.de/beirat

Dr. Heike Riel

Vorsitz
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

¹⁾ 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

Schülerlabor „JuLab“

K. Sobotta

Unternehmensentwicklung

Dr. N. Drewes

Unternehmenskommunikation

Dr. A. Rother

Stabsstellen

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. S. Förster, Prof. G. Gompper, Prof. R. Merkel,
Prof. A. Offenhäusser, Prof. D. Willbold

Institut für Kernphysik

Dr. R. Gebel (komm.), 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. S. Eickhoff (komm.), 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

Jülich Centre for Neutron Science

Prof. Th. Brückel, Prof. S. Förster, N. N.

Ernst Ruska-Centrum für Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen

Prof. R. E. Dunin-Borkowski, N.N., N.N.

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. A. Offenhäusser, Prof. C. M. Schneider, Prof. S. Tautz,
Prof. R. Waser, Prof. M. Wuttig

IT-Services

F. Bläsen

Helmholtz Nano Facility

Dr. W. Albrecht

Stand: Mai 2017

Wissenschaftlicher Beirat

Vorsitzende Dr. H. Riel

Wissenschaftlich-Technischer Rat

Vorsitzender Prof. H. Ströher

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

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

VorstandInfrastruktur
K. Beneke (Stellvertr. Vorstandsvorsitzender)**Personal**

Dr. M. Ertinger

Finanzen und Controlling

R. Kellermann

Einkauf und Materialwirtschaft

J. Sondermann

Recht und Patente

Ch. Naumann

Organisation und Planung

A. Emonds

**Drittmittel und
Technologie-Transfer**

Dr. J. Dreyer (komm.)

Zentralbibliothek

Dr. B. Mittermaier

Technischer Bereich

J. Kuchenbecker

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

Stabsstellen**Revision**

U. Kalisch

**Qualitäts-
management**

H. Prast

**Büro für
Chancengleichheit**

A. Illich

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

Unser Online-Magazin:
effzett.fz-juelich.de



Social-Media-Kommunikation des Forschungszentrums:
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 (8, 22, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 42, 43, 46, 60, 91), Katja Lüers (24), Dr. Wiebke Rögener (6, 16, 42, 43, 44, 53, 56, 66, 74, 80, 82, 84, 85, 89), Brigitte Stahl-Busse (40, 64) **Grafik und Layout** SeitenPlan GmbH Corporate Publishing **Herstellung** Schloemer Gruppe GmbH **Fotos** Forschungszentrum Jülich (Titel, 4, 6, 7, 8 I., 9 m., 10 r., 11 I., 12 I. o. und u. r., 13, 14 I., 15, 19, 26, 27 (Blutkörperchen oben), 28, 31, 34, 37, 38, 39, 41, 45, 52 I. u. r., 53, 56 r., 57 u., 58 r., 59 o., 63, 65, 67, 68, 71, 73, 76, 79, 80 r. u., 81 I. o., 83, 84; Forschungszentrum Jülich/Markus Axer (48); Forschungszentrum Jülich/Tobias Dyck (30); Forschungszentrum Jülich/Ralf Eisenbach (24); Forschungszentrum Jülich/Ludwig Koerfer (81 o. m. sowie I. und r. u.), Forschungszentrum Jülich/Sascha Kreklau (8 r., 17, 21, 25, 47, 49, 60, 61); Forschungszentrum Jülich/Kristin Lux (74); Forschungszentrum Jülich/Jan-Philipp Machtens (59 u.); Forschungszentrum Jülich/Shizue Matsubara (12 u. I.); Forschungszentrum Jülich/Kurt Steinhausen (80 alle bis auf r. u., 81 I. o., 84); Forschungszentrum Jülich/Klaus Voit (90); DIHK/Jens Schicke (69); DLR (42 I.); European XFEL (91); Fritz-Haber-Institut (9 I.); Nils Günther-Alavanja (89); Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf/Ralf Engels (56 I.); Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf/FZJ (10 u. I.); Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf/Steffen Köhler (20); Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Institut für Physikalische Biologie (10 o. I.); Wolfgang Hoyer (70); Humboldt-Stiftung/David Ausserhofer (75); Philip Krantz, Krantz NanoArt (29); Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN)/Dr. Dieter Steffen (11 r.); Perry Nordeng/ESS (57 o.); Andreas Petzold (58 I.); Prof. Nunzio Romano (56 m.); Wilhelm-Peter Schneider (32); SeitenPlan (2-3, 18, 21 o., 23, 27 u., 28 u., 33 u., 28 u., 41 (grafische Elemente), 48 o., 82, 90 o.); Stanford University (42 r.); Uniklinik RWTH Aachen (55); im Folgenden benannte Motive sind von Shutterstock.com: DnD-Production.com (35 (Kuh)); LanaElcova (36); hxdyl (43 r.); kalewa (12 m.); Alexandru Nika (33); Alejandro J. de Parga (43 I.); Oceloti (9 r.); MPanchenko (35 (Tabletten)); petrmalinka (14 r.); sommersault 1824 (27); Teun van den Dries (11 m.); Dmitry Timoshenko (35 (Landschaft))

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 2017



Seit 2010 ist das Forschungszentrum für das „audit berufundfamilie“ zertifiziert. Am 15.3.2016 war die dritte erfolgreiche Reauditierung.



Faszinierende Einblicke

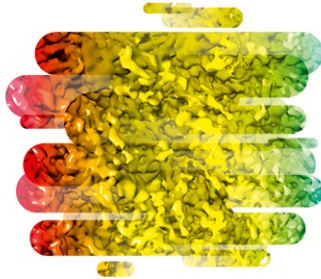
Verschiedene Methoden erlauben immer detailliertere Blicke auf Strukturen, die zum Beispiel bei der Erforschung des gesunden und erkrankten Gehirns eine Rolle spielen, aber auch in der medizinischen Forschung.



Titel

Nervenfaserbahnen

3D-Darstellung von Nervenfaserbahnen des menschlichen Gehirns in einem 70 Mikrometer dünnen histologischen Frontalschnitt.



Seite 15 | Forschung

Proteinfasern

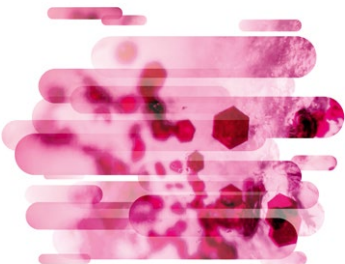
Detail aus einem atomar aufgelösten Modell einer Proteinfaser – des Filaments eines Archaeums. Tausende Einzelbilder aus der hochauflösenden Kryo-Elektronenmikroskopie wurden dazu mit Jülicher Algorithmen in ein 3D-Modell umgerechnet.



Seite 45 | Kooperation

Proteinfibrillen

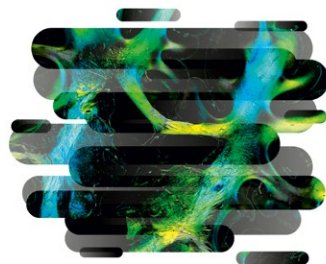
Aufnahme eines Bündels toxischer Proteinfibrillen, deren Wachstum mit Fluoreszenzmikroskopie sichtbar gemacht wurde. Die faserigen Ablagerungen aus dem Protein alpha-Synuclein gelten als Auslöser der Parkinson-Krankheit.



Seite 63 | Menschen

Proteinkristalle

Proteinkristalle, die Jülicher Forscher mit neu entwickelten Methoden aus Membranproteinen gewonnen haben. Anschließend lässt sich die Struktur der Proteine mittels Röntgenkristallografie entschlüsseln – ein wichtiger Schritt für die medizinische Forschung.



Seite 79 | Campus

Nervenfaserbahnen

Nervenfasern werden mit polarisiertem Licht durchleuchtet. Die unterschiedlichen Farben zeigen, wie die verschiedenen Nervenfasern verlaufen.

Mitglied der:



www.fz-juelich.de