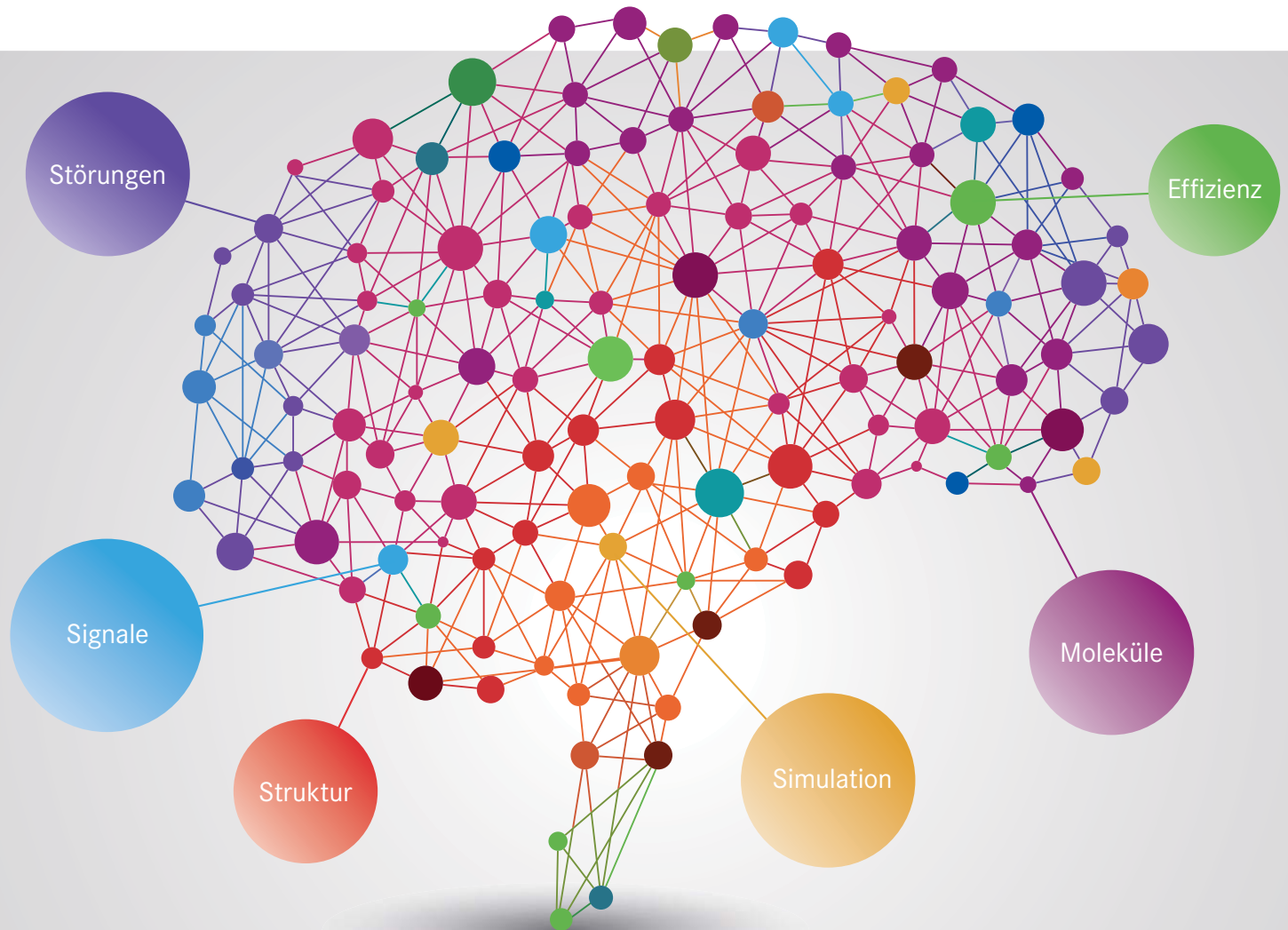


FORSCHEN in Jülich



:: HUMAN BRAIN MODELLING

Interdisziplinärer Blick ins menschliche Gehirn

:: Wertstoff-Recycling: Schatzsuche im Elektronikschrott

:: Klimaforschung: Messflüge rund um den Globus

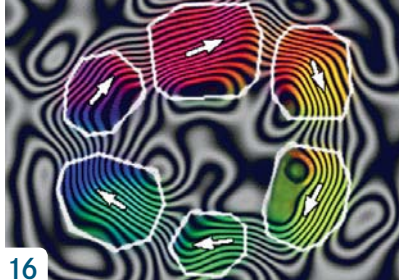


:: IM BILDE

Bewölkt – das findet der Jülicher Wissenschaftler Birger Bohn zumindest aus beruflicher Sicht gut. Zusammen mit 120 Forschern aus 16 Einrichtungen untersucht er die räumliche Struktur von Wolken und deren Zusammensetzung im Projekt HD(CP)². Ihr Ziel sind bessere Modelle, um Wetter und Klima zu beschreiben und vorherzusagen. Mehr als 20 verschiedene Messgeräte sind im ersten Teil des Projekts (HOPE) meist rund um die Uhr im Einsatz. Dazu zählen schwenkbare Radargeräte, viele Bodensensoren und Aufstiege von Radiosonden. Sie sollen in einem zehn mal zehn Quadratkilometer großen Gebiet rund um das Forschungszentrum möglichst viele Wettersituationen einfangen. Auch die silbrig glänzende Halbkugel sammelt Daten: Sie zeichnet mit einer darüber montierten Kamera den Bedeckungsgrad des Himmels auf.



6



16



20

INHALT

:: NACHRICHTEN	4
:: TITELTHEMA	6
6 Mission Gehirn	
Gemeinsamer Aufbruch zum Verständnis der Denkmachine	
:: FORSCHUNG IM ZENTRUM	12
12 Mikrokapseln im Dauerfeuer	
Wo die Größe die Belastbarkeit bestimmt	
14 Wo der schwarze Muntermacher wirkt	
Verdrängung, die wachhält	
16 Nanomagneten auf der Spur	
Elektronenholografie macht winzigste Magnetfelder sichtbar	
18 Schatzsuche im Elektronikschrott	
Mehr Durchblick für die Recyclingindustrie	
20 88.000 Kilometer für die Forschung	
GLORIA sammelt Klimadaten rund um den Globus	
:: SCHLUSSPUNKT	22
22 Forscher als Blogger?	
Wissenschaftler und soziale Medien – ein Gespräch	
23 Impressum	

:: EDITORIAL



Es ist leistungstark, energieeffizient, selbstlernend und selbstorganisierend – unser Gehirn wiegt weniger als 1,5 Kilogramm, übertrifft aber in seiner Funktionalität jeden Superrechner. Seit Jahrhunderten bemühen sich Wissenschaftler, es zu verstehen. Jülicher Forscher stellen sich dieser Herausforderung im „Human Brain Modelling“ mit vereinten Kräften und Hightech-Methoden: Supercomputer und Simulationen unterstützen die Wissenschaftler bei der Erforschung des Gehirns – und helfen bei der Aufklärung molekularer Prozesse ebenso wie bei der Entwicklung von Therapien. Dabei entwickeln die Jülicher unter anderem ein „Navi“ fürs Gehirn und neue Therapiemethoden, etwa gegen Tinnitus. Wir möchten Sie mitnehmen auf die „Mission Gehirn“. Sie erfahren in diesem Heft außerdem, warum sechs Tassen Kaffee nicht unbedingt wacher machen als vier, welche Schwierigkeiten Klimaforschung bei 1.000 km/h bergen kann und wie Jülicher Forscher Schätze in Elektronikschrott finden.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre,

Ihr

Prof. Achim Bachem

Vorstandsvorsitzender
des Forschungszentrums Jülich

Kühlung aus Sibirien



Installation des neuen Elektronenkühlers beim Jülicher Teilchenbeschleuniger COSY

Institut für Kernphysik | Ein Elektronenkühler aus Sibirien verbessert die Leistungsfähigkeit des Jülicher Speicher- und Beschleunigungsringes COSY. Das neue Gerät erlaubt eine Hochspannung von 2 Megavolt, mit der COSY Elektronen beschleunigt. Bislang waren maximal 100 Kilovolt möglich. Das erweitert die Möglichkeiten, extrem seltene, hochenergetische Zerfallsprozesse nachzuweisen. Diese Prozesse spielen eine Rolle bei der Suche nach exotischen Formen der Materie und Effekten jenseits des physikalischen Standardmodells. Der Kühler wurde gemeinsam mit dem Budker Institute of Nuclear Physics im russischen Nowosibirsk entwickelt. ::

Infrastruktur für die Optimierung von Nutzpflanzen

Institut für Bio- und Geowissenschaften | Mit dem Deutschen Pflanzen Phänotypisierungsnetzwerk (DPPN) entsteht derzeit eine nationale Infrastruktur für Pflanzenwissenschaften

und Züchtung. Verhalten, Wachstum und letztendlich Ertrag von Pflanzen werden durch das Zusammenspiel von genetischen Eigenschaften und der Umwelt geprägt. Das DPPN entwickelt Konzepte und Technologien, um die entsprechenden Merkmale von Pflanzen quantitativ zu erfassen. Finden die Forscher mehr über die Zusammenhänge heraus, könnten Pflanzen mit gewünschten Eigenschaften gezüchtet werden. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert das vom Forschungszentrum Jülich koordinierte Vorhaben mit 34,6 Millionen Euro. Mit dem DPPN baut Deutschland seine führende Position in der Pflanzenphänotypisierung weiter aus. ::

Wie gut eine Möhre wächst, bestimmt ihre Umwelt in Zusammenspiel mit ihrem Erbgut.



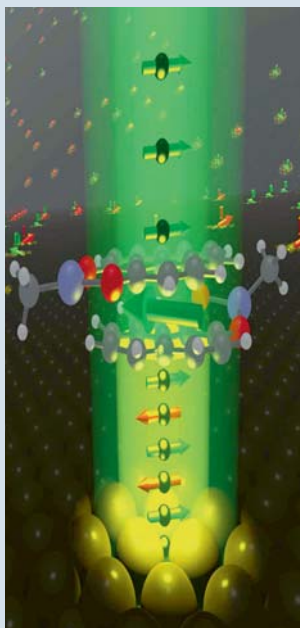
Selbstreinigung der Atmosphäre

Institut für Energie- und Klimaforschung | Von April bis Ende Juni ist der Zeppelin NT wieder im Dienst der Klimaforschung unterwegs. Mit seiner Hilfe sammeln Jülicher Wissenschaftler Daten von Deutschland über Schweden bis in den hohen Norden Finnlands, die Aufschluss über die Selbstreinigungskraft der Atmosphäre geben sollen. Im Fokus stehen dabei das Hydroxylradikal – das OH-Radikal gilt als „Waschmittel“ der Atmosphäre – und kleine Schwebeteilchen, die sogenannten Aerosole. Die Messkampagne ist Teil des EU-Projekts PEGASOS (Pan-European Gas-AeroSols-climate interaction Study), in dem 26 Partner aus 15 Staaten Zusammenhänge zwischen Atmosphärenchemie und Klimawandel erforschen. ::



Der Zeppelin NT auf seiner Reise nach Finnland über der dänischen Hauptstadt Kopenhagen

Neuer Ansatz für molekulare Magneten

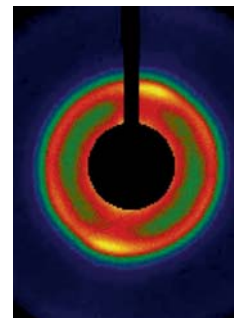


Information auf kleinstem Raum speichern: Ein Schichtsystem aus Kobalt (unten) und organischen Molekülen (grau-rot) „filtert“ Elektronen mit einem bestimmten magnetischen Zustand (hier grüne Pfeile).

Peter Grünberg Institut/Institute for Advanced Simulation | Ein internationales Forscherteam mit Jülicher Beteiligung hat einen neuen Weg gefunden, molekulare Magnete herzustellen. Das sind Moleküle, deren Magnetisierung auch nach Abschalten eines externen Magnetfeldes erhalten bleibt. Die Wissenschaftler setzen auf ein dünnes Schichtsystem aus dem metallorganischen Molekül Zinkmethylphenalenyl (ZMP) und Kobalt. Solche molekularen Magneten könnten den Weg ebnen für leistungsfähigere Datenspeicher sowie schnellere und energieeffizientere Computerprozessoren. Das Problem: Um den Effekt zu nutzen, benötigten Forscher bisher oft Temperaturen weit unter minus 200 Grad Celsius. Das neue System funktioniert bereits bei vergleichsweise warmen minus 20 Grad. Die Ergebnisse des Teams sind in der Fachzeitschrift „Nature“ erschienen. Die Forscher arbeiten bereits daran, ihr System zu optimieren. ::

Fließverhalten gefilmt

Peter Grünberg Institut/Institute for Advanced Simulation | Mit einer neuen Methode hat eine deutsch-niederländische Forschergruppe das Fließverhalten von Flüssigkristallen gefilmt. Dazu nutzte sie die Röntgenquelle PETRA III am Forschungszentrum DESY (Deutsches Elektronen-Synchrotron). Mit dem Gerät hielten die Forscher fest, wie sich der innere Aufbau einer Probe beim Hin- und Herdrehen ändert. Dadurch konnten sie zeigen, warum das Material floss oder elastisch wurde. Informationen über das Fließverhalten sind für viele Bereiche wichtig, etwa bei Blutgefäßen, Zementmixern und der Herstellung von Nahrungsmitteln und Kosmetika. Die Gruppe, zu der auch Jülicher Wissenschaftler gehören, hat ihre Beobachtungen im Fachjournal „Physical Review Letters“ veröffentlicht. ::



Streubild eines Flüssigkristalls, bei wechselnden mechanischen Spannungen

Wie steuert das Gehirn unser Verhalten?

Prof. Sonja Grün,
Computational and Systems
Neuroscience (INM-6)

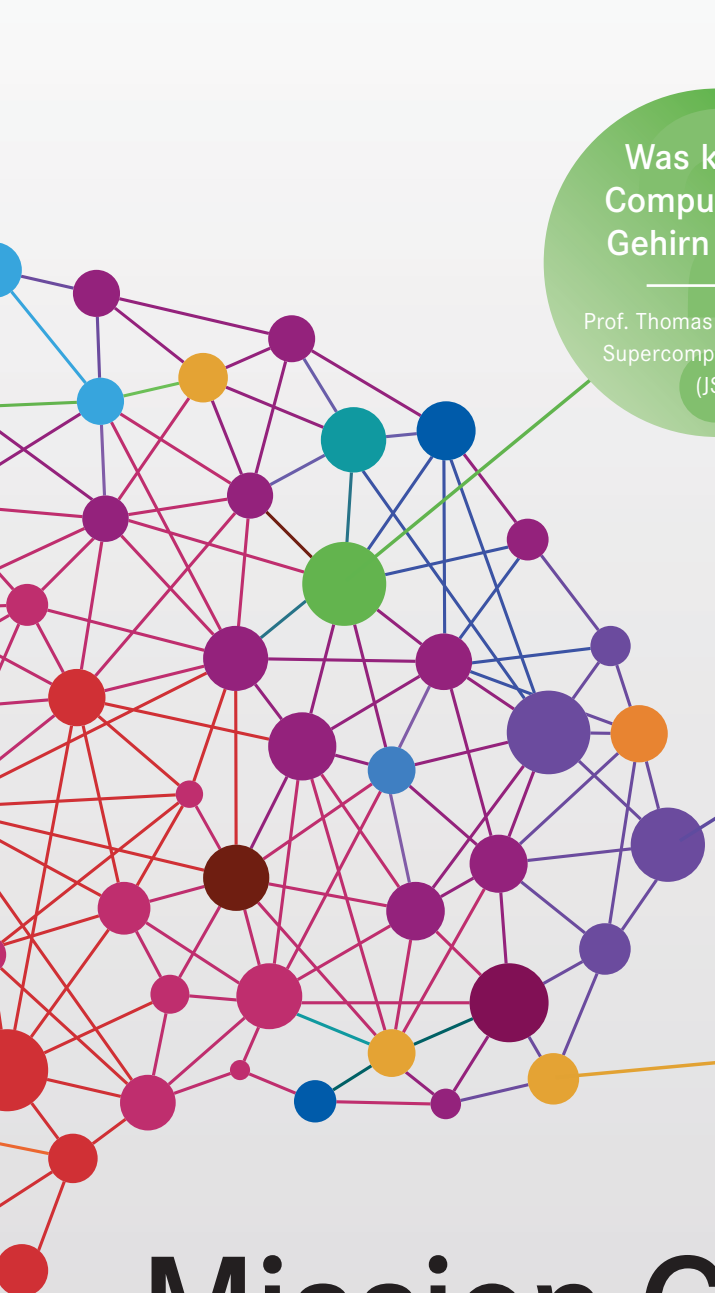
Welche Rolle spielen Moleküle?

Prof. Paolo Carloni,
Computational
Biomedicine
(IAS-5)

Wie ist unser Gehirn aufgebaut?

Prof. Katrin Amunts,
Strukturelle und Funktionelle
Organisation des Gehirns
(INM-1)





Was können Computer vom Gehirn lernen?

Prof. Thomas Lippert, Jülich Supercomputing Centre (JSC)

Wie behebt man Störungen in der Kommunikation von Nervenzellen?

Prof. Peter Tass, Neuromodulation (INM-7)

Wie lässt sich das Gehirn im Computer nachbilden?

Dr. Boris Orth, High Performance Computing in Neuroscience (JSC)

Mission Gehirn

Das menschliche Gehirn ist ein brillantes Denkkorgan. Obwohl Millionen Jahre alt und seit Jahrhunderten Forschungsgegenstand, gibt es noch immer viele Rätsel auf. Supercomputer sind dagegen absolute Youngsters. Doch mit ihrer gigantischen Rechenleistung lassen sich Geheimnisse unserer Schaltzentrale lüften. Das ist das Ziel im Forschungsgebiet Human Brain Modelling, das Forscher verschiedener Disziplinen vereint.

Die Aufgabe, das Gehirn am Computer nachzubilden, ist ähnlich komplex wie eine Weltraummission. Und die Mannschaft, die daran mitwirkt, ist ähnlich interdisziplinär wie die Bodencrew bei der Raumfahrt. Allein in Jülich arbeiten daran Mediziner, Physiker, Biolo-

gen, Chemiker, Psychologen, Ingenieure, Mathematiker und Computerexperten Hand in Hand. Ob Moleküle, einzelne Nervenzellen, Nervenzellverbünde oder ganze Hirnareale: Die Forscher analysieren sämtliche Arbeitsebenen des Gehirns im Detail. Dabei helfen ihnen Modelle,

hochpräzise Simulationssoftware und die technische Infrastruktur des Jülich Supercomputing Centre (JSC). Denn ohne die Rechenpower der Supercomputer käme die Forschung nur im Schneckentempo voran.

Nervenzellen als Teamplayer

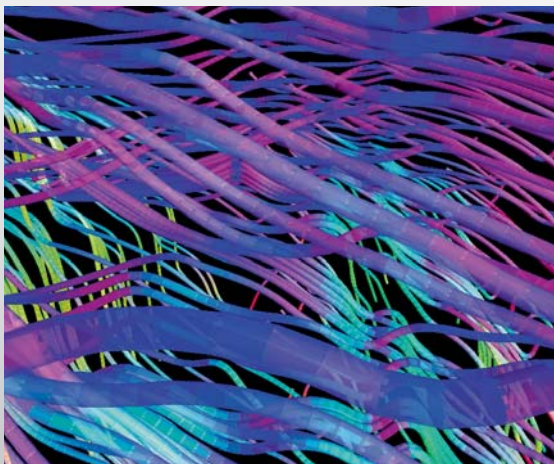
Prof. Sonja Grün vom Institut für Neurowissenschaften und Medizin (INM) ist auf Hochleistungsrechner angewiesen, um ihre Datenmengen auswerten zu können. Die Neuroinformatikerin interessiert sich dafür, wie verschiedene Bereiche des Gehirns zusammenarbeiten, etwa die für visuelle und motorische Abläufe zuständigen Gehirnareale. Welche Prozesse laufen im Gehirn ab, wenn wir nach einer umfallenden Kaffeetasse greifen? Warum nehmen wir bei einem Tempo-30-Schild den Fuß vom Gaspedal? In Experimenten messen die Wissenschaftlerin und ihre Partner in Frankreich und Japan im Zeitverlauf, wann welche Neuronen in den verschiedenen Gehirnbereichen aktiv werden – und welches Verhalten das auslöst. „Nervenzellen kommunizieren in Millisekunden über ihre Aktionspotenziale, sogenannte Spikes“, erläutert Sonja Grün. „Diese elektrische Erregungsübertragung können wir in Experimenten ableiten und mit Augenbewegungsanalysen und Verhaltensbeobachtungen interpretieren.“

Was einfach klingt, ist äußerst komplex – und geschieht zudem unglaublich schnell. Lediglich 200 Millisekunden vergehen von einer Augenbewegung bis zur nächsten – mit sämtlichen dazwischenliegenden Verarbeitungsprozessen und Rückkopplungen im Gehirn. Beobachtet Grün einen Handlungsablauf – von der visuellen Wahrnehmung bis zur Reaktion –, erzeugt dies große Datenmengen. Denn

jede Nervenzelle ist schon in den einfachsten Experimenten an vielen Hirnprozessen gleichzeitig beteiligt. Die Wissenschaftlerin entwickelt statistische Methoden und Softwaretools, um dieses scheinbare Wirrwarr zu entschlüsseln. ::



Sonja Grün,
Neuro-
informatikerin



Helmholtz-Forschungsschwerpunkt

Die Helmholtz-Gemeinschaft hat die Simulation des menschlichen Gehirns an Höchstleistungsrechnern zu einem Forschungsschwerpunkt gemacht. Im Portfoliothema „Supercomputing and Modeling for the Human Brain“ (SMHB) arbeiten mehrere Helmholtz-Zentren gemeinsam mit universitären Partnern an wissenschaftlichen Schwerpunkten wie Simulationstechnologie, Data Management oder struktureller und funktioneller Hirnforschung. Das Forschungszentrum ist mit seinem Institut für Neurowissenschaften und Medizin, dem Institute for Advanced Simulation (IAS) und dem Supercomputing Centre beteiligt und koordiniert das Portfoliothema.

Ein Atlas mit vielen Funktionen

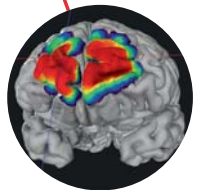
Auf welchen Wegen die Kommunikation zwischen Nervenzellen stattfindet, macht eine weitere Jülicher Forschergruppe sichtbar. Wissenschaftler um die Neurowissenschaftlerin Prof. Katrin Amunts, Direktorin am Institut für Neurowissenschaften und Medizin (INM), haben eine Methode entwickelt, die Aussagen über die Orientierungen der Nervenfasern – und damit über die „Hardware“ der Informationsübertragung zwischen verschiedenen Hirnregionen – zulässt, das 3-D-Polarized Light Imaging (PLI). „Mit dieser dreidimensionalen, auf polarisiertem Licht basierenden Darstellung der Faserbahnverläufe erreichen wir Bilder mit einer Auflösung im Bereich von tausendstel Millimetern, die weltweit einmalig sind“, erklärt Katrin Amunts.

Dieses Netzwerk aus Informationspfaden ergänzt perfekt ein weiteres Projekt, an dem Amunts arbeitet: die vollständige Kartierung des Gehirns. Seit über 15 Jahren erstellt die Wissenschaftlerin mit ihrem Team einen dreidimensionalen Atlas aller Hirnareale. Hierfür analysieren die Forscher pro Gehirn viele Tausend hauchdünner Gewebeschnitte mit Hilfe modernster Mikroskope und Bildauswertungs-

*Katrin Amunts,
Medizinerin*

methoden und rekonstruieren anschließend dreidimensional die verschiedenen Bereiche des Gehirns. Höchstleistungsrechner ermöglichen es, die dabei anfallenden gewaltigen Datenmengen zu meistern.

Aber der digitale Atlas enthält nicht nur strukturelle Unterschiede des Gehirns, sondern ordnet verschiedenen Bereichen auch Funktionen zu. Schon 70 Prozent des menschlichen Gehirns sind kartiert. „Dieser multimodale Gehirnatlas kann für die Modellierung des Gehirns eine Art Navigationssystem werden“, sagt Amunts. Schon jetzt hilft er dabei, das gesunde Gehirn besser zu verstehen und dadurch künftig Krankheiten früher zu diagnostizieren und gezielter zu therapieren. ::



Die Macht der kleinsten Bausteine

Mit Bleistift und Papier oder Experimenten im Labor hätten Prof. Paolo Carloni und sein Team das Molekül 5-Hydroxyindol nicht so schnell gefunden. Es verhindert, dass im Gehirn Eiweiße verklumpen und Parkinson auslösen. „Ein Auswahlverfahren am Computer hat es unter hunderttausend möglichen Molekülen als einen passenden Medikamentenwirkstoff ermittelt“, erklärt der Direktor des Institute for Advanced Simulation (IAS) am Forschungszentrum Jülich. Paolo Carloni betrachtet die Vorgänge im Gehirn auf kleinster Ebene: in der Welt der Moleküle. Er beobachtet beispielsweise, wie Eiweiße im Gehirn mit anderen Substanzen reagieren oder Ge-

schmacks- und Duftmoleküle ihre Wirkung entfalten. Die molekularen Puzzlesteine und ihr Zusammenspiel sind wichtig, um ein Gesamtbild von dem Aufbau und der Arbeitsweise unseres Denkkorgans zu erhalten.

„Tatsächlich sind Moleküle unsere einzige Waffe gegen neurodegenerative Krankheiten wie Parkinson oder Alzheimer, welche sich weitläufig im Gehirn ausbreiten und damit nicht operabel sind“, resümiert Carloni. „Entscheidend für die effiziente Wirkstofffindung ist ein Zugang zu Supercomputern und die Zusammenarbeit mit Labors, um die Vorhersagen aus dem Computer prüfen zu können.“ ::

*Paolo Carloni,
Chemiker*



Gesundes Chaos im Kopf

Die Therapie ist auch der Antrieb für einen weiteren Forscher der „Bodencrew“ des Human Brain Modellings. Der Mathematiker, Physiker und Mediziner Prof. Peter Tass nutzt das Wissen aus all seinen Disziplinen, um das Gehirn besser zu verstehen und den Bogen zwischen neurowissenschaftlichen Grundlagen und konkreten therapeutischen Anwendungen zu spannen. Das Fachgebiet des Direktors am Institut für Neurowissenschaften und Medizin (INM) ist ebenfalls die Kommunikation zwischen Nervenzellen, die er aber nicht im Detail, sondern in Summe beobachtet und mit mathematischen Algorithmen modelliert. Mit Hilfe dieser Modellierungen hat er ein Verfahren entwickelt, das Störungen in der Kommunikation von Nervenzellen beheben kann, wie sie etwa bei Parkinson oder auch Tinnitus auftreten. Hier senden die Nervenzellen Informationen in Form elektrischer Signale nicht nacheinander, sondern gleichzeitig als „Dauerfeuer“. Bei Parkinson führt das zu dem typischen Zittern, bei Tinnitus zum Dauerton.

Tass unterbricht dieses Dauerfeuer mit gezielten elektrischen Reizen – bei Parkinson über eine Elektrode im Gehirn, bei Tinnitus durch akustische Signale. Diese folgen einem bestimmten Muster, dem sogenannten Coordinated Reset (CR), einem mathematisch-physikalischen Algorithmus, den Tass entwickelt hat und der die Taktung der Reize individuell an den Patienten anpasst. „Wir stören den krankhaften Gleichtakt der Nervenzellen durch elektrische oder akustische Impulse konstruktiv“, erklärt Tass, „das heißt, wir zwingen die Nervenzellen, sich wieder auf ihr früheres, ‚gesundes Chaos‘ zu besinnen. Somit können die Krankheitssymptome wie Bewegungsstörungen oder Dauerton kurativ beseitigt oder zumindest gelindert werden.“



*Peter Tass,
Mathematiker,
Physiker und
Mediziner*

Die Therapie für Tinnitus-Erkrankte wird bereits von vielen Arztpraxen angeboten. Der Hirnschrittmacher für Parkinson-Erkrankte soll nächstes Jahr in Patienten-Studien eingesetzt werden. Er könnte den bereits existierenden Hirnschrittmacher verbessern, der die Fehlsteuerung der Nervenzellen lediglich unterdrückt. „Unsere Jülicher Innovation ist hingegen nachhaltig, da das Gehirn lernt. Es merkt sich den Mechanismus der erzwungenen Desynchronisation und bildet ihn nach“, berichtet Peter Tass. „Somit hält die verbesserte Bewegung der Patienten auch nach der eigentlichen Stimulationsphase an.“ Das lässt viele Parkinson-Erkrankte hoffen. Und belegt, dass das Human Brain Modelling nicht zum wissenschaftlichen Selbstzweck stattfindet, sondern langfristig dazu beiträgt, dass neurodegenerative Erkrankungen therapiert werden können. ::

EU-Flaggschiff „Human Brain Project“

Europa bündelt seine wissenschaftlichen Kompetenzen für ein ehrgeiziges Ziel: In nur zehn Jahren soll das komplette menschliche Gehirn von der molekularen Ebene bis hin zur Interaktion ganzer Hirnareale auf einem Supercomputer der Zukunft simuliert werden. Das „Human Brain Project“ ist eines von zwei europäischen Großprojekten, das im Rahmen des FET Flagship-Programms von der Europäischen Union gefördert wird.

Das „Human Brain Project“ vereint Forscherinnen und Forscher aus über 80 wissenschaftlichen Einrichtungen in 23 Ländern. Jülicher Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem Institut für Neurowissenschaften und Medizin (INM), dem Jülich Supercomputing Centre (JSC) und aus dem Institute for Advanced Simulation (IAS) sind auch im Rahmen der Jülich Aachen Research Alliance (JARA) mit ihren JARA-BRAIN- und JARA-High Performance Computing-Partnern der RWTH Aachen bei verschiedenen Flagship-Forschungsschwerpunkten gefragte Experten. Sie bringen ihr Know-how zum Aufbau und zur Funktionsweise des Gehirns sowie beim Höchstleistungsrechnen und den Simulationstechniken ein. Experten des JSC arbeiten gemeinsam mit Kooperationspartnern an der Entwicklung neuer Rechner der Exaflop-Generation.

Gehirn als Vorbild nutzen

Das Geben und Nehmen zwischen Neurowissenschaftlern und IT-Fachleuten ist übrigens ausgewogen. So nutzen die Mediziner die Superrechner, um das Gehirn besser zu verstehen. Die Experten des Jülich Supercomputing Centre (JSC) profitieren aber auch von den neuen Erkenntnissen über das Gehirn. Beispiel Energieeffizienz: Während große Rechenzentren einen hohen Stromverbrauch aufweisen, arbeitet das Gehirn mit dem Energieverbrauch einer schwachen Glühlampe. Weiterhin toleriert das menschliche Gehirn viel mehr Fehler als ein Superrechner: Obwohl Nervenzellen im Laufe des Lebens zugrunde gehen, funktioniert das Gehirn bei gesunden Menschen trotzdem weiter. Bei den Supercomputern sieht dies anders aus. Tauchen Fehler bei einem Prozessor auf, schalten sich möglicherweise 100.000 andere ab. Deshalb dient den Jülicher IT-Spezialisten das Gehirn als Vorbild. „Die Erkenntnisse über die Funktion des Gehirns können zu neuen Wegen in der Datenverarbeitung inspirieren und konkret in die Entwicklung neuer Rechnergenerationen

Thomas Lippert,
Physiker



einfließen“, sagt Prof. Thomas Lippert, Direktor des JSC. Ein kreativer Denkraum für solche neuen Rechnerarchitekturen ist beispielsweise das Simulation Laboratory „Neuroscience“, geleitet von der Physikerin und Neurowissenschaftlerin Prof. Abigail Morrison. „Hier arbeiten unsere Computerexperten eng mit den neurowissenschaftlichen Kolleginnen und Kollegen zusammen. Sie unterstützen sie darin, medizinische Fragen so zu übersetzen, dass der Computer sie rechnen kann, und lernen dabei immer mehr über das ausgeklügelte Informationsnetzwerk Gehirn.“ ::

Simulation live in 3-D

Um die rund 90 Milliarden Nervenzellen des menschlichen Gehirns künftig abbilden zu können, muss der Höchstleistungscomputer der nächsten Generation eine tausendfach höhere Rechenleistung als die heutigen Supercomputer erbringen, eine hohe Speicherkapazität und große Speicherbandbreite besitzen. Gleichzeitig sind neuartige Simulationstechniken nötig, um diese Rechenleistung überhaupt nutzen zu können – eine Aufgabe, die von der Arbeitsgruppe „Computational Neurophysics“ um Prof. Markus Diesmann vorangetrieben wird. Hinzu kommen völlig neue inhaltliche Herausforderungen, wie Dr. Boris Orth vom Jülich Supercomputing Centre aus seiner täglichen Zusammenarbeit mit den neurowissenschaftlichen Teams weiß. „Bisher laufen auf unseren Rechnern Simulationen, die die Struktur und Arbeitsweise des Gehirns in einzelnen Teilgebieten abbilden“, erläutert Boris Orth. Ob Faserbahnverläufe, molekulare Mechanismen oder Spike-Aktivitäten: Die Superrechner simulieren klar eingegrenzte Aufgaben.

Die Zukunft gehört jedoch dem „Interaktiven Supercomputing“, in das das komplette Wissen

einfließt – ganz gleich, ob Moleküle miteinander agieren, einzelne Hirnareale kommunizieren oder das ganze Gehirn aktiv ist. „Star Trek“ lässt grüßen: In einigen Jahren wollen Forscher in einer Art „Mission Control Center“ auf riesigen Displays „live“ in 3-D den Ablauf der Rechenoperationen im virtuellen Gehirn verfolgen. „Die riesige Herausforderung besteht zum einen darin, die Daten der unterschiedlichsten Ebenen in eine einzige Simulation zu integrieren“, erklärt Boris Orth. Zum anderen müssten Simulation und Visualisierung gleichzeitig stattfinden. Die Vorteile liegen auf der Hand: Während der laufenden Simulation könnten die Forscher wie mit einem Teleskop in bestimmte Areale oder sogar auf die molekulare Ebene zoomen, um dort gegebenenfalls Simulationseinstellungen zu verändern. Damit könnte die Wirkung von Medikamenten und anderen therapeutischen Anwendungen wie etwa der Neurostimulation unmittelbar im Gehirn beobachtet und überprüft werden – ein Meilenstein für therapeutische Entwicklungen und für Hirnforscher wie der erste Schritt auf dem Mond. ::

Boris Orth,
Physiker



Ilse Trautwein



Mikrokapseln im Dauerfeuer

Hohlkugeln im Miniaturformat sind für vieles nützlich. Ärzte hoffen etwa, sie in naher Zukunft als Mikrokapseln zu nutzen, um Arzneimittel gezielt freizusetzen. Jülicher Forscher haben nun herausgefunden, dass solche Nano-Fähren deutlich instabiler sind als bisher angenommen.

Tischtennisbälle, Schokokugeln, Seifenblasen – jeder kennt Hohlkugeln aus seinem Alltag. Weniger bekannt ist, dass Hohlkugeln auch in der Nanotechnik eingesetzt werden: Als mikroskopisch kleine Kapseln, in denen man etwas verpackt, um es zum richtigen Zeitpunkt an der richtigen Stelle freizusetzen. Weit fortgeschritten sind beispielsweise Pläne von Medizinern, Arzneimittel durch Mikrokapseln von der Größe eines Blutkörperchens exakt dort abzuliefern, wo sie wirken sollen, anstatt sie wie bisher durch Tabletten im ganzen Körper zu verteilen. Aber auch Duftstoffe oder Insektizide könnten so zielgenau transportiert werden.

Allerdings weiß man nicht genau, wie sich Hohlkugeln verhalten, wenn sie auf wenige Mikrometer geschrumpft sind. „Man hat viele Theorien, die das Große beschreiben, aber diese gelten im Kleinen oft nicht mehr“, erklärt Gerard Vliegthart, „denn es gibt Effekte, die im Großen wirkungslos verpuffen, aber in der Mikrowelt vieles ändern. Wir bauen das Theoriegebäude der Physik ins Mikroskopische aus.“ Er und Gerhard Gompper haben sich am Institute for Complex Systems einen solchen Effekt – thermische Fluktuationen – vorgenommen und untersucht, welche Auswirkung er auf die Stabilität von Hohlkugeln hat, wenn diese klein genug sind, um für Mediziner

als Mikrokapseln infrage zu kommen. Gemeinsam mit Kollegen aus Harvard haben sie dabei den Verdacht bestätigt, dass Mikrokapseln wegen der thermischen Fluktuation deutlich instabiler sind als bisher angenommen.

WÄRME KNITTERT OBERFLÄCHE

Thermische Fluktuationen sind eine Art Grundzittern der Materie: „Atome stehen nur beim absoluten Nullpunkt still. Ansonsten schwirren sie um ihre Grundposition herum, je höher die Temperatur, desto hektischer“, erklärt Gompper. So stoßen die zitternden Moleküle wie Billardkugeln gegen die Oberfläche einer Hohlkugel, wenn diese beispielsweise

durchs Wasser schwimmt. An großen Hohlkugeln wie Tischtennisbällen oder Tauchkugeln perlt dieses Dauerfeuer ab. Bei mikroskopisch kleinen Hohlkugeln verändern thermische Fluktuationen dagegen die Oberfläche.

Gompper illustriert das, indem er ein Blatt Papier zerknüllt und das Knäuel wieder entfaltet. Das Blatt sieht aus wie eine Hügelandschaft mit chaotisch gesetzten Graten und Tälern. „Etwa so können Sie sich die Oberfläche einer Mikrokapsel vorstellen, wenn sie durch thermische Fluktuationen deformiert wurde.“

Dass dies nicht nur ästhetische Folgen hat, lässt sich ebenfalls durch ein Papier verdeutlichen. Gompper hält ein glattes Blatt an einer kurzen Seite hoch und schwingt es wie ein Pendel. Das Papier wölbt sich, es ist elastisch. Dann macht er dasselbe mit dem zerknitterten Blatt. Es bleibt steif. „Glatte und zerknitterte Oberflächen haben unterschiedliche Eigenschaften. Eine davon ist die Steifheit. Wir haben untersucht, welchen Einfluss dies auf die Stabilität einer Hohlkugel hat.“

Um zu messen, wie stabil eine Hohlkugel ist, führt man üblicherweise Drucktests durch. Diese laufen so ähnlich ab, wie wenn man mit dem Daumen einen Tischtennisball immer weiter eindrückt, bis er dauerhaft verbeult ist. Die dafür nötige Kraft kann man mit einer Formel berechnen, die der berühmte Mathematiker, Luftfahrt-Ingenieur und Physiker Theodore von Kármán vor mehr

als 50 Jahren aufgestellt hat. Gompper und Vliegenthart haben nun getestet, ob diese Formel auch dann gilt, wenn die Hohlkugeln kleiner als 10 Mikrometer sind.

VIRTUELLE EXPERIMENTE

Dazu haben die Physiker am Computer eine virtuelle Hohlkugel modelliert, die Effekte der thermischen Fluktuation simuliert und virtuelle Drucktests durchgeführt. Während die Kollegen aus Übersee an einer Theorie arbeiten, die die Konsequenzen der deformierten Oberfläche mathematisch beschreibt, entwickeln die Jülicher vor allem Simulationen und Computermodelle.

„Eine Ebene mit elastischer und zerknitterter Oberfläche hatten wir schon vor sieben Jahren simuliert. Darauf habe ich aufgebaut, als ich eine virtuelle Hohlkugel mit einer solchen unordentlichen Oberfläche aufgebaut habe“, erzählt Vliegenthart. Die Modellierung sei der aufwendigste Teil der Arbeit gewesen – Vliegenthart hat eine Hohlkugel aus rund 100.000 Gitterpunkten gebaut, die jeweils durch Federn mit ihren Nachbarn auf der Oberfläche verbunden sind. Anschließend führte er virtuelle Experi-

mente durch: Wie in einem echten Drucktest übte er punktuell und flächendeckend Druck auf die Hohlkugel aus – bis sie kollabierte. Diesen Versuch hat er unter verschiedenen Bedingungen wiederholt und gemessen, wie hoch der kritische Druck ist.

Das Ergebnis: Man benötigt, je nach Größe, Material und Schalendicke, bis zu 50 Prozent weniger Kraft, als es die Kármánsche Formel voraussagt – eine Erkenntnis, die Entwickler künftig berücksichtigen werden, wenn sie den Einsatz von Nano-Fähren planen. ::

Christoph Mann

★ ★ ★
30
Turnier

Knick in der Kugel

Thermische Fluktuation bedeutet, dass Atome immer in Bewegung sind. Dabei prasseln sie auch gegen benachbarte Oberflächen. An großen Hohlkugeln wie einem Tischtennisball perlt dieser Effekt ab. Bei winzigen Hohlkugeln wie Mikrokapseln zerknittert das atomare Dauerfeuer jedoch die Oberfläche (Bild 1). Die Folge: Die Mikrokapsel hält weniger Druck stand und kollabiert leichter (Bild 2).

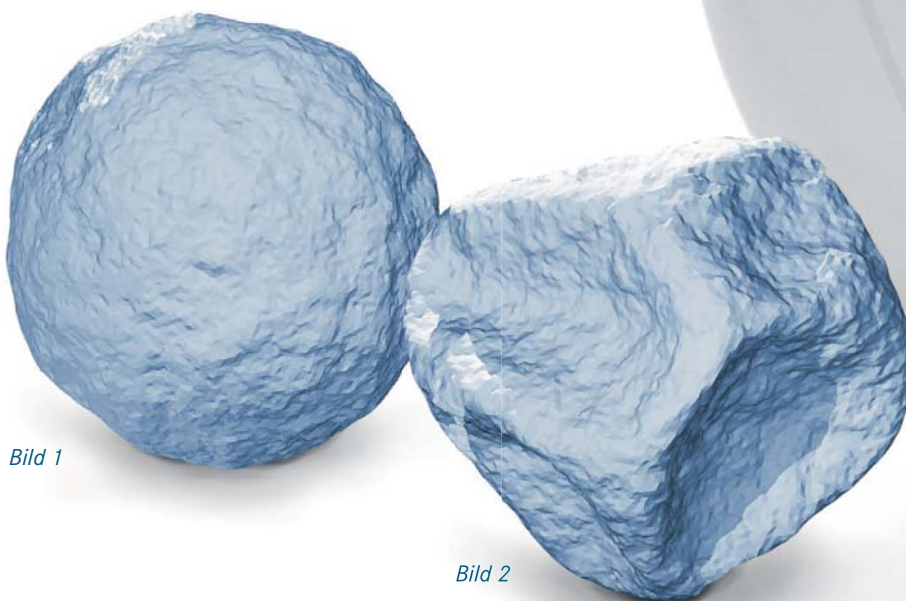


Bild 1

Bild 2

Wo der schwarze Muntermacher wirkt

Koffein hilft wach zu bleiben, wenn die Müdigkeit überhandnehmen will. Ein Tässchen Kaffee oder zwei ersetzen den nötigen Schlaf zwar nicht, können aber den Zeitpunkt hinausschieben, an dem gar nichts mehr geht. Wie das funktioniert, hat das Team des Jülicher Neurowissenschaftlers Prof. Andreas Bauer herausgefunden.

Eine Herde Ziegen im Königreich Kaffa – im heutigen Äthiopien – soll es gewesen sein, die vor mehr als tausend Jahren die anregende Wirkung des Kaffees entdeckte. Mitten in der Nacht, so die Legende, liefen die Tiere munter umher, nachdem sie von den roten Früchten eines bestimmten Strauchs gegessen hatten. Die Hirten wunderten sich, probierten die Früchte selbst und konnten nun auch die Nacht zum Tag machen. Geröstet, gemahlen und zu einem wohlschmeckenden Getränk verarbeitet,

eroberten die Kaffeebohnen vom 17. Jahrhundert an die Welt. Längst ist Koffein die weltweit am meisten verbreitete psychoaktive Substanz. Doch warum der Trank so anregend wirkt, finden Forscher erst allmählich heraus.

EINSCHLAFSIGNAL BLOCKIERT

Ob herkömmlicher Filterkaffee oder italienischer Espresso, französischer Café au lait, oder spanischer Cortado ist reine Geschmacksache. Munter machen sie alle auf dem gleichen Weg, wie Andreas Bauer, Direktor des Instituts für Neurowissenschaften und Medizin, erläutert: „Das enthaltene Koffein bindet in verschiedenen Hirnregionen an sogenannte Adenosinrezeptoren in der Membran von Nervenzellen. Damit blockiert es diesen Rezeptor für seinen eigentlichen Partner, das Signalmolekül Adenosin.“ Adenosin sammelt sich nach längeren schlaflosen Phasen in großen Mengen an. Wenn es an den zugehörigen Rezeptor bindet, nimmt die Aktivität der Nervenzellen ab – für den Körper das Signal zum Einschlafen. „Ist der Rezeptor aber bereits mit Koffein besetzt, kommt das Müdigkeitssignal nicht an und man bleibt länger wach“, erläutert Bauer, der auch selbst gerne mal einen Kaffee genießt.

Prof. Andreas Bauer, Direktor am Institut für Neurowissenschaften und Medizin, untersucht mit bildgebenden Verfahren die Wirkung von Koffein im Gehirn.

Die Jülicher Wissenschaftler wollten genauer wissen, wo der Muntermacher im Gehirn seine Wirkung entfaltet. Dafür verabreichten sie 15 Freiwilligen ein radioaktiv markiertes Molekül namens 18F-CPFPX. Es bindet an einen bestimmten Typ des Adenosinrezeptors, den A1-Rezeptor. Mittels Positronenemissionstomografie (PET) bestimmten die Forscher dann, wo und in welcher Konzentration sich das markierte Molekül im Gehirn ansammelt. Anschließend erhielten die Versuchsteilnehmer unterschiedliche Mengen Koffein – leider nicht als schmackhaftes Heißgetränk, sondern per Injektion direkt in den Blutkreislauf. „Nur so lassen sich präzise definierte Koffeinkonzentrationen im Blut der Versuchsteilnehmer einstellen“, erklärt Bauer. Das Koffein gelangte ins Gehirn und verdrängte dort das radioaktive Markermolekül von den Rezeptoren – und zwar erstaunlich effektiv: „Schon die Menge Koffein, die in vier bis fünf Tassen Kaffee enthalten ist, genügt, um die Hälfte der A1-Rezeptoren zu besetzen“, berichtet Bauer. Noch mehr Kaffee zu trinken, mache aber keinen Sinn. „Das verstärkt die Nebenwirkungen wie Nervosität oder gar Herzrasen.“ Denn auch im Herzen finden sich Rezeptoren für Koffein. Allerdings gibt es einen Gewöhnungseffekt: Wer oft und viel Kaffee trinkt, verträgt etwas mehr Koffein – und braucht dann mehr, um wach zu bleiben.

Die PET-Untersuchung zeigte den Forschern auch, in welchen Hirnregionen das Koffein die radioaktiven Molekü-



Wo der Kaffee wirkt

In drei Hirnregionen bindet Koffein an die sogenannten A1-Rezeptoren und entfaltet hier seine muntermachende Wirkung:

- 1 Großhirnrinde
- 2 Thalamus
- 3 Hippocampus



le von den A1-Rezeptoren verdrängt. Dabei stellten sie fest, dass es in drei besonders interessanten Bereichen bindet: Dazu gehört der Thalamus – er wird auch als „Tor zur Großhirnrinde“ bezeichnet und beeinflusst die Bereitschaft des Gehirns, Informationen aufzunehmen. Zweitens der Hippocampus – er spielt eine wichtige Rolle, wenn Gelerntes aus dem Kurzzeit- ins Langzeitgedächtnis übertragen wird. Und drittens Bereiche der Großhirnrinde, die als Assoziationscortex bezeichnet werden. „Hier werden Inhalte aus verschiedenen Hirnregionen zusammengeführt, hier wird gleichsam mit Gedanken jongliert, und hier entstehen vermutlich auch unsere neuen Ideen“, erläutert Bauer. Das könnte erklären, warum Kaffee nicht nur ein Ge-

nuss sein kann, sondern auch ein Mittel, um die Leistungsfähigkeit des Gehirns zeitweilig zu steigern.

BEITRAG ZUR ALZHEIMERFORSCHUNG

Der Assoziationscortex ist aber auch der Teil des Großhirns, in dem sich ein gefürchteter Zerfallsprozess des Gehirns besonders deutlich bemerkbar macht: die Alzheimersche Erkrankung. Einige epidemiologische Studien deuten darauf hin, dass Kaffeetrinker davon seltener betroffen sind, Koffein also einen gewissen schützenden Effekt haben könnte. Daher hofft Bauer: „Die molekularen Wirkungen des Koffeins insbesondere in der Großhirnrinde genauer zu erforschen, kann möglicherweise helfen, künftig vorbeugende Mittel gegen die

Alzheimer-Demenz zu entwickeln.“ Dabei kooperiert Bauer eng mit seinen Jülicher Kollegen aus dem Bereich der Nuklearchemie, die an der Entwicklung eines neuen, noch spezifischeren Adenosinliganden arbeiten, sowie mit Prof. Paolo Carloni und seinem Team vom Institute for Advanced Simulation, die sich den komplexen molekularen Interaktionen von Koffein und seinen Rezeptoren mit Simulationen am Jülicher Supercomputer nähern.

::

Wiebke Rögner

Nanomagneten auf der Spur



*Erkundet mit der Elektronenholografie den Magnetismus von Nanoteilchen:
Prof. Rafal Dunin-Borkowski*

Die weltweit leistungsstärksten Elektronenmikroskope des Ernst Ruska-Centrums bilden sehr genau ab, wie sich die Atome in Materialien anordnen. Forscher um Prof. Rafal Dunin-Borkowski nutzen die Geräte künftig zusätzlich für andere Zwecke. Sie werden winzige magnetische Felder im Inneren von Nanopartikeln mit bislang unerreichter Deutlichkeit sichtbar machen. Davon wird unter anderem die Informationstechnologie profitieren.

Der berühmte englische Naturforscher Michael Faraday tat es 1831 als Erster – und Generationen von Physiklehrern vollzogen es vor ihren Schülern nach: Faraday legte ein Papier über einen Magneten und schütete Eisenspäne darauf. Diese ordneten sich wie von Geisterhand und bildeten ein linienförmiges Muster – die Existenz magnetischer Feldlinien war gezeigt. Prof. Rafal Dunin-Borkowski, Direktor

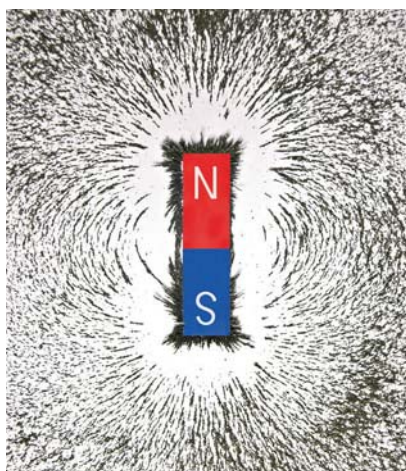
am Ernst Ruska-Centrum (ER-C) und am Jülicher Peter Grünberg Institut, wandelt in gewisser Hinsicht auf Faradays Spuren. Gerne präsentiert er Besuchern ein Bild, das dem von einem Stabmagneten mitsamt Feldlinien-Muster sehr ähnlich ist. Tatsächlich zeigt es auch den Verlauf eines magnetischen Feldes. Doch der Clou ist: Das Feld geht nicht von einem Objekt aus, das mit bloßem Auge sichtbar ist, sondern von einem Eisenkristall

in einem Kohlenstoff-Röhrchen, dessen Durchmesser lediglich 180 millionstel Millimeter (Nanometer) beträgt.

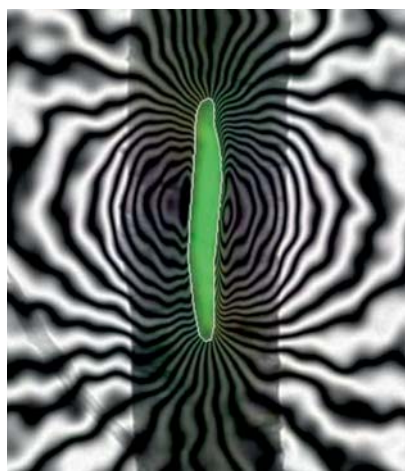
EINZIGARTIGE MÖGLICHKEITEN

Dunin-Borkowski und andere Forscher haben das Bild mit einem Elektronenmikroskop aufgenommen. Dabei haben die Wissenschaftler eine besondere Spielart der Elektronenmikroskopie verwendet, die Elektronenholografie (siehe Grafik „So funktioniert die Elektronenholografie“). „Obwohl diese Methode einzigartige Möglichkeiten eröffnet, die magnetischen Eigenschaften von Nanomaterialien zu erkunden, wird sie nur von wenigen Forschergruppen weltweit eingesetzt“, sagt Dunin-Borkowski. Das erstaunt umso mehr, als der Magnetismus in Nanometer-Dimensionen entscheidend ist für die Funktion von Materialien etwa in der Medizin, bei der Katalyse oder der Abwasserbehandlung.

„Magnetische Felder in Materialien auf der Nanometer-Skala messen und verstehen zu können, ist aber vor allem für die Informationstechnologie der



Eisenspäne machen die Feldlinien sichtbar, die von einem zentimetergroßen Stabmagneten ausgehen.



Dieser Magnet – ein Eisenkristall in einem Kohlenstoffröhrchen – hat einen Durchmesser von 180 Nanometern. Die Elektronenholografie ermöglicht es, die Feldlinien des Nanomagneten zu erkennen.

Zukunft wichtig“, ist Dunin-Borkowski überzeugt. So arbeiten derzeit viele Forscher an der sogenannten Spintronik. Sie wollen nicht mehr alleine die elektrische Ladung zur Informationsverarbeitung nutzen, sondern auch den Eigendrehimpuls – den Spin – von Elektronen. Auf diese Weise sollen sich einmal besonders energieeffiziente und schnelle Rechner verwirklichen lassen. Weil der Spin der Elektronen mit einem magnetischen Moment verknüpft ist, könnte die Elektronenholografie prinzipiell die Anordnung von Spins im Inneren von Nanomaterialien sichtbar machen.

AM LIMIT

Noch allerdings stößt die Methode dabei an ihre Grenzen. Trotz ihres konkurrenzlosen Auflösungsvermögens ist es für diesen Zweck nicht gut genug: Bisher müssen zwei Feldlinien mindestens fünf Nanometer voneinander entfernt sein, damit die Elektronenholografie sie getrennt voneinander abbilden kann. Außerdem sind die magnetischen Felder, die zu messen sind, sehr schwach – insbesondere in Partikeln, deren Durchmesser kleiner ist als 20 Nanometer.

So bleibt auch eine andere Frage der Informationstechnologie derzeit noch unbeantwortet. Lassen sich Daten in magnetischen Nanokristalliten von nur wenigen Dutzend Atomen Größe stabil speichern? Die entsprechenden Einheiten heutiger Computer-Festplatten sind

deutlich größer, doch mit fortschreitender Miniaturisierung wird es immer dringlicher, diese Frage zu beantworten.

Auch mit Blick auf solche praktisch bedeutsamen Problemstellungen hat sich Dunin-Borkowski seit Jahren der Aufgabe verschrieben, die Elektronen-

holografie empfindlicher zu machen und ihre Auflösung zu verbessern. 2011 kam er an das ER-C, das vom Forschungszentrum Jülich und der RWTH Aachen unter dem Dach der Jülich Aachen Research Alliance (JARA) betrieben wird. Denn hier hat er beste Voraussetzungen, entscheidend voranzukommen: Das ER-C verfügt mit PICO über eines von zwei weltweit einzigartigen Mikroskopen. Diese besitzen spezielle Korrektur-elemente, die einen Linsenfehler korrigieren können, der als chromatische Aberration bekannt ist. PICO kann dadurch die atomare Anordnung im Inneren von Kristallen mit zuvor unerreichter Genauigkeit abbilden.

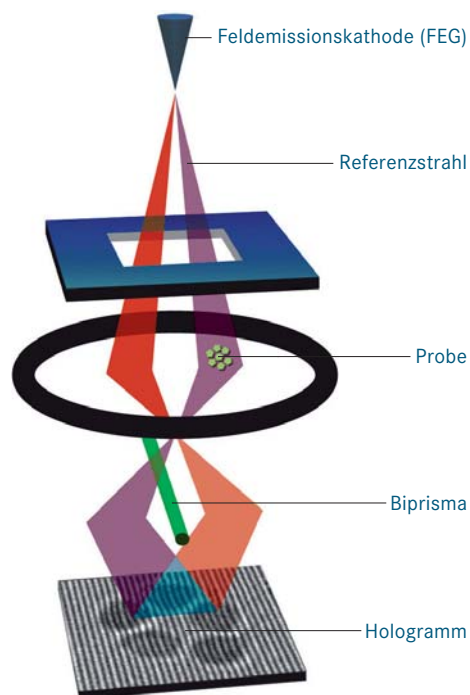
Diese Erfolgsgeschichte will Dunin-Borkowski bei der Elektronenholografie wiederholen und die Korrekturlinsen verwenden, um die Methode zu verbessern. Der Europäische Forschungsrat setzt auf ihn: Er hat Dunin-Borkowski Ende 2012 mit einem Advanced Grant ausgezeichnet – verbunden mit einer Fördersumme in Höhe von 2,5 Millionen Euro über fünf Jahre. ::

Dr. Frank Frick

So funktioniert die Elektronenholografie

Jedes Elektronenmikroskop kann zur Elektronenholografie eingesetzt werden, sofern es über eine Feldemissionskathode (FEG) – eine spezielle Elektronenstrahlquelle – verfügt. Als Zusatzausstattung benötigt man ein Biprisma. Diese goldbeschichtete Quarzglas-Faser wird anstelle einer der Blenden des konventionellen Elektronenmikroskops eingebaut.

Der Elektronenstrahl aus der FEG wird im Mikroskop zweigeteilt. Ein Teil dient als Referenz, der zweite wird durch die Probe gelenkt. Anschließend lenkt das Biprisma, an dem eine elektrische Spannung anliegt, die beiden Elektronenstrahlen so ab, dass diese sich überlagern. Das Ergebnis ist ein Interferenzmuster, das Hologramm. Es enthält die Information über die magnetischen Felder in der Probe.



Schatzsuche im Elektronikschrott

Ursprünglich haben Jülicher Wissenschaftler das Messverfahren MEDINA entwickelt, um zerstörungsfrei den Inhalt von Fässern mit schwach radioaktiven Abfällen zu analysieren, die für das genehmigte Endlager Konrad vorgesehen sind. Nun wollen sie MEDINA für eine andere Aufgabe fit machen: die Bestimmung des Edelmetallgehalts in Elektronikschrott. Recyclingunternehmen könnten dann effizient ermitteln, ob es sich lohnt, diese Wertstoffe zurückzugewinnen.

Was enthält mehr Gold – das Erz einer Goldmine, Computer-Leiterplatten oder Mobiltelefone? Verblüffend: Durchschnittlich enthalten 1.000 Kilogramm Erz lediglich 5 Gramm Gold; 1.000 Kilogramm Leiterplatten dagegen 250 Gramm und Handys sogar bis zu 350 Gramm. Und damit nicht genug: In Mobiltelefonen und anderen Elektronikgeräten finden sich zusätzlich beispielsweise Silber, Palladium, Iridium und Kupfer.

Prinzipiell sollte es sich also lohnen, in Elektronikschrott nach Gold und anderen edlen Metallen zu schürfen. Doch in der Praxis ist das Recycling ein sehr aufwendiges Geschäft. Die Altgeräte müssen möglichst effektiv eingesammelt, sortiert und zerlegt werden. Weiterhin enthält Elektronikschrott viele Schadstoffe, die es vollständig abzutrennen und zu entsorgen gilt.

„Für die Recyclingindustrie ist es wichtig zu wissen, welche wertvollen Rohstoffe in welchen Mengen in einer Charge Schrott enthalten sind“, sagt Dr. Andrea Mahr vom Geschäftsbereich Technologietransfer des Forschungszentrums Jülich. Sie hat seit 2011 viele Gespräche mit Unternehmen und Verbänden der Recyclingbranche, aber auch der Elektronikindustrie, geführt. Der Grund: Sie hat den Markt für eine Analysemethode sondiert, die Wissenschaftler des Jülicher Instituts für Energie- und Klimafor-schung (IEK) und der RWTH Aachen für einen anderen Zweck entwickelt haben.

Vom Abfall zum Rohstofflieferanten

Eine Tonne Handyschrott enthält Material mit einem Gesamtwert von rund 10.000 Euro.

120 kg Kupfer

2,5 kg Silber

FÄSSER UNGEÖFFNET UNTERSUCHEN

„2007 wurde eine Möglichkeit gesucht, den Inhalt von Fässern mit schwach radioaktiven Abfällen aus Industrie, Forschung und Medizin zu analysieren, ohne die Fässer öffnen zu müssen“, berichtet Dr. Eric Mauerhofer vom IEK. Diese Fässer sollen nach derzeitiger Planung ab 2019 im Schacht Konrad nahe der Stadt

Salzgitter endgelagert werden. Sie enthalten neben radioaktiven auch giftige Elementen wie Blei, Cadmium und Quecksilber. Für deren Endlagerung haben die Aufsichtsbehörden Grenzwerte festgelegt, die es einzuhalten gilt – daher die Suche nach einer sicheren und kostengünstigen Analysemöglichkeit.

Mauerhofer traute einer ihm bekannten Messmethode – der Prompten-Gamma-Neutronenaktivierungsanalyse – die Lösung der Aufgabe zu. Dabei aktiviert ein Strahl von Neutronen kurzzeitig die Atomkerne im Untersuchungsmaterial. Innerhalb von höchstens einer billionstel Sekunde – also prompt – senden die akti-

vierten Kerne Gammastrahlung aus, die für jedes Element charakteristisch ist. Resultat ist ein Spektrum mit Signalen, deren Lage und Höhe über Art und Menge der vorhandenen Elemente Auskunft gibt.

In der Folgezeit bauten Mauerhofer und sein damaliger Doktorand John Kettler, heute am Institut für Nuklearen Brennstoffkreislauf der RWTH Aachen tätig, eine entsprechende Untersuchungsanlage auf, zunächst für 100-Liter-Fässer und anschließend mit Doktorand Andreas Havenith für 200-Liter-Fässer. Zu dieser Anlage gehört eine käufliche Neutronenquelle. Das stabförmige Gerät bestrahlt die Probe mit Neutronen – elektrisch neutrale Bausteine von Atomkernen, die in der Natur nicht ungebunden vorkommen. Weitere Komponenten der Anlage sind eine Graphitkammer, um die Neutronen zu verlangsamen und zu reflektieren, sowie ein Detektor, um die prompte Gammastrahlung der Probe zu messen.

ZUM PATENT ANGEMELDET

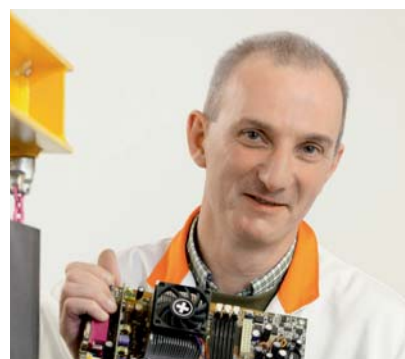
Den meisten Grips und die meiste Zeit investierte das Team um Mauerhofer in die Entwicklung einer Software, die aus dem erhaltenen Gammaskpektrum Zahlenwerte über die Elementzusammensetzung liefert. Das neue Auswertungsverfahren haben die Wissenschaftler zum Patent angemeldet. Die gesamte Untersuchungsmethode taufen sie auf den Namen MEDINA, kurz für „Multi-Element Detection based on Instrumental Neutron Activation“.

Mauerhofer kennt die Bedenken, die sich beim Gegenüber normalerweise einstellen, wenn es um den geplanten Einsatz von MEDINA zur Elektronikschrott-Analyse geht. „Ja, man muss Strahlenschutzmaßnahmen ergreifen“, bestätigt er. Doch, so sagt er weiter, seien ähnliche Maßnahmen auch erforderlich, wenn in Arztpraxen und medizinischen Laboren geröntgt oder mit radioaktiven Substanzen umgegangen wird. „Zudem ist die Radioaktivität des Untersuchungsmaterials schon eine halbe Stunde nach der Messung nicht mehr höher als die natürliche Radioaktivität beispielsweise in einer Kartoffel“, so Mauerhofer.

Er ist überzeugt, dass MEDINA viel effizienter ist als klassische Analyseverfahren: „Diese benötigen viel Personal und Zeit – ganz zu schweigen von den



Dr. Andrea Mahr sondiert den Markt für die neue Technologie.



Dr. Eric Mauerhofer hat das Messverfahren MEDINA entwickelt und will es nun fit für die effiziente Elektronikschrott-Analyse machen.

Chemikalien und der Energie, die zur nass-chemischen Probenaufbereitung nötig sind.“ Vor allem aber entfällt mit MEDINA das Problem der aufwendigen Probenahme, wie sie für die momentan eingesetzten Verfahren erforderlich ist. Mit Hilfe von MEDINA könnte der Elektronikschrott dagegen künftig auf einem Förderband automatisch auf Wertstoffe hin gleichsam durchleuchtet werden. Damit dieses Szenario Realität wird, benötigen die Wissenschaftler die Unterstützung der Industrie. Denn MEDINA muss so angepasst werden, dass es die Anforderung der Recyclingbranche an die Nachweisgrenzen und die Zuverlässigkeit der Analysen erfüllt. Technologietransfer-Expertin Mahr ist optimistisch: „Das Interesse der Branche ist vorhanden und mit einem Unternehmen führen wir bereits sehr konkrete Gespräche über eine gemeinsame Weiterentwicklung.“ ::

Dr. Frank Frick

300 g Gold

100 g Palladium



Einen Augenblick die Abendsonne Zyperns genießen, bevor die Nachtschicht beginnt: Martin Zögner vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt überwacht alle Aktivitäten am Forschungsflieger HALO während der Standzeiten auf dem Rollfeld. Die enormen Datenmengen, die während der vergangenen Flugstunden gesammelt wurden, müssen nun über Nacht gesichert werden. Dieser Prozess dauert mehrere Stunden und verlangt höchste Konzentration vom Bodenteam.

88.000 Kilometer für die Forschung

Rund 30 Terabyte Daten für die Klimaforschung sammelte das neuartige Spektrometer GLORIA im Herbst 2012 während 126 Flugstunden und auf 88.000 Kilometer Strecke. Eine phantastische Bilanz für die beteiligten Wissenschaftler und Ingenieure.

Am 30. August 2012 ist der Erfolg noch nicht abzusehen. GLORIA befindet sich in 15 Kilometer Flughöhe westlich von Frankreich über dem Atlantik. Die Außentemperatur misst minus 50 Grad Celsius. Für das GLORIA-Team ist Erik Kretschmer an Bord des neuen deutschen Forschungsfliegers HALO. Der Systemingenieur des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) ist für den reibungslosen Betrieb des Spektrometers während der laufenden Atmosphären-Messkampagnen zuständig. Jede Flugstunde

ist kostbare Messzeit. Soeben erhielt er die Anweisung der Piloten, GLORIA auszuschalten.

Der Funkverkehr ist gestört. Die Piloten haben GLORIA im Verdacht: Denn das Spektrometer ist außen, am unteren Rumpf des Flugzeugs in einem sogenannten Bellypod installiert – direkt neben der Funkantenne. Schaltet Kretschmer GLORIA ab, ist es eine Frage von Minuten, bis das Spektrometer ausgekühlt und die empfindliche Elektronik der klirrenden Kälte preisgegeben ist.

Doch die Flugsicherheit geht vor. Kretschmer schaltet das Gerät aus und kappt die Energiezufuhr. GLORIA ist ein Meisterstück der Karlsruher und Jülicher Experten. Die grundlegende Idee stammt von Atmosphärenforscher Prof. Martin Riese, Direktor des Jülicher Instituts für Energie- und Klimaforschung (IEK), und Felix Friedl-Vallon, Physiker am KIT. Riese wollte eine große Bandbreite von klimarelevanten Spurengasen mit neuartigen Detektorchips in bisher unerreichter räumlicher Auflösung messen. Friedl-



Prof. Martin Riese, Erik Kretschmer und Felix Friedl-Vallon (v.l.n.r.) sind begeistert über die umfangreichen Daten, die GLORIA von den jüngsten Messkampagnen mit nach Hause gebracht hat. Ein Geheimnis des Erfolges: die herausragende Teamarbeit zwischen allen beteiligten Instituten.

Vallon schlug dafür ein abbildendes Fourspektrometer vor.

Atmosphärenforscher aus beiden Instituten begleiten die technische Entwicklung von Anfang an. Das optische System wurde in Karlsruhe entwickelt, Jülicher Spezialisten entwarfen und fertigten die dazugehörige Elektronik und Mechanik. Eine Herausforderung ist das Auslesen und Verarbeiten von über 10 Millionen Informationen pro Sekunde.

PERLENVORHANG AM HIMMEL

GLORIA ist in der Lage, ein Messfeld am Horizont für 10 Sekunden auf 50 Meter genau stabil zu halten. Jede Messung bildet einen vertikalen Bereich von 4 Kilometer Höhe bis zur Flughöhe ab. Wie eine Perlenschnur reihen sich die Punkte einer Messung übereinander. Nach 10 Sekunden folgt die nächste Messung: Das nächste Feld anpeilen, für 10 Sekunden halten und messen – den nächsten Bereich ansteuern, halten, messen. Das Ergebnis ist ein Perlenvorhang aus mehreren Millionen Messpunkten. So erhalten die Forscher ein komplettes Bild über die chemische Zusammensetzung der angepeilten Luftmassen.

GLORIA kann noch mehr: Fliegt das Flugzeug ein großes geschlossenes Sechseck, dann wird das Spektrometer zum 3-D-Tomografen. Dr. Peter Preusse vom Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung erklärt: „So können wir die Struktur von Flüssen zwischen Troposphäre und Stratosphäre in ihrer dreidimensionalen Struktur erkennen.“

An diesem 30. August jedoch steht bei GLORIA alles still. „GLORIA war zuvor kontrolliert und freigegeben worden – auch in puncto elektromagnetischer Störfelder“, erklärt Tom Neubert vom Jülicher Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik. Und tatsächlich folgt die Entwarnung der Piloten: Offenbar lag die Ursache woanders. GLORIA darf wieder eingeschaltet werden. Nur wie? GLORIA ist zu stark ausgekühlt. Die empfindliche Elektronik streikt.

TRICK 17

Sowohl das Bodenteam als auch Erik Kretschmer arbeiten fieberhaft. Die Flughöhe wird verringert, um in wärmere Luftschichten vorzustoßen. „Dann haben wir Erik gebeten, nach und nach verschiedene Einheiten von GLORIA einzuschalten, um zunächst Wärme zu erzeugen. Durch Einschalten der Ventilatoren, die sonst für die Kühlung zuständig sind, haben wir die Wärme dann im Spektrometer verteilt“, berichtet Tom Neubert. Es gelingt! Fortan sammelt GLORIA wieder zuverlässig Informationen über den Gehalt an Kohlendioxid, Methan, Ozon, Wasserdampf sowie zahlreiche Stick-

stoff- und Chlorverbindungen in der Grenzregion zwischen Troposphäre und Stratosphäre.

Die Flugrouten der Messkampagnen im Herbst 2012 reichen vom Nordpolarkreis über Spitzbergen rund um Afrika bis zum südlichen Polarkreis der Antarktis. Pro Flug sammelt GLORIA ein bis zwei Terabyte Daten. Insgesamt werden es rund 30 Terabyte – das entspricht ungefähr der Datenmenge von drei Millionen Lexika.

NEUE DETAILS

Mindestens bis zum Herbst 2013 wird die genauere Analyse der Daten dauern. Dr. Peter Preusse berichtet: „Erste Ergebnisse von GLORIA zeigen, dass sich troposphärische und stratosphärische Luft nicht gleichmäßig durchmischen. Es entstehen schärfer ausgeprägte Strukturen als bisher in Modellen vorhergesagt. Dabei bilden sich Filamente von mehreren 100 bis 1.000 Kilometer Länge aber mit noch geringerer Höhenausdehnung. Durch GLORIAS besonders hohe Auflösung können wir diese feinen Muster detaillierter als je zuvor beobachten.“ ::

Brigitte Stahl-Busse

Meisterstück für die Klimaforschung



GLORIA steht für „Gimballed Limb Observer for Radiance Imaging of the Atmosphere“. Dahinter verbirgt sich eine neuartige Infrarot-Kamera. Sie zerlegt die von atmosphärischen Gasen und Aerosolen ausgesandte Wärmestrahlung in Spektralfarben. Die so gewonnenen Bilder zeigen die großräumigen Bewegungen der verschiedenen Bestandteile der Atmosphäre. GLORIA misst unter anderem CO₂, Methan, Ozon, Wasserdampf sowie zahlreiche Stickstoff- und Chlorverbindungen. GLORIA ist der Prototyp eines Spektrometers, das auch auf einem Satelliten eingesetzt werden kann.

Warum bloggende Wissenschaftler kein Massenphänomen werden

Die Zeichen stehen auf Wandel, auch in der Wissenschaftskommunikation. Einige Experten sind sich sicher, dass die Zukunft vor allem Blogs und sozialen Netzwerken gehört und der klassische Wissenschaftsjournalismus ausgedient hat. Doch der Jülicher Kommunikationsforscher Prof. Hans Peter Peters ist skeptisch. Im Rahmen von verschiedenen Studien hat er weltweit Wissenschaftler befragt.

Stehen wir vor einer Revolution in der Wissenschaftskommunikation?

Peters: Wir befinden uns auf jeden Fall in einem Umbruch. Das Internet bedeutet eine Zäsur für die Medienwelt. Die Mediennutzung der Menschen verändert sich. Von Wissenschaftlern wird heute erwartet, dass sie öffentlich präsent sind. Doch diese Änderungen führen aus meiner Sicht nicht dazu, dass sich das System revolutioniert.

Wäre es nicht für Wissenschaftler verlockend, die neuen Möglichkeiten wie etwa Blogs zu nutzen und sich ohne Vermittlung durch Journalisten direkt an das Publikum zu wenden?

Peters: Für die Mehrheit anscheinend nicht: Von uns befragte Neurowissenschaftler aus Deutschland und den USA gaben beispielsweise an, sich über Wissenschaft allgemein vor allem in journalistischen Medien zu informieren. Sie waren auch der Meinung, dass journalistische Medien mehr Einfluss hätten als neue Medien. In einem renommierten Medium aufzutauchen, hat eine andere Reichweite und ein anderes Gewicht, als seine Sicht im eigenen Blog zu verkünden. Es ist fraglich, ob sich tatsächlich viele Forscher die Zeit für umfangreiche Online-Aktivitäten nehmen. Außerdem wird das Publikum auch im Internet künftig nicht ohne Journalismus oder etwas anderes auskommen, das hilft, die Bedeutung eines Themas einzuschätzen.

Wollen Wissenschaftler überhaupt den direkten Kontakt mit dem Publikum?

Peters: Wissenschaftler wünschen sich sehr wohl den Dialog mit der Öffentlichkeit. Jedoch ist die Mehrheit dagegen, dass Laien mehr Einfluss auf Entscheidungen innerhalb der Wissenschaft bekommen. Unsere Studien zeigen, dass insbesondere Naturwissenschaftler deutlich zwischen der Diskussion innerhalb der Wissenschaft und der Diskussion mit der Öffentlichkeit unterscheiden.

Eine Revolution bleibt also aus. Was sind aus Ihrer Sicht die entscheidenden Trends?

Peters: Gerade bei der Studie mit den Neurowissenschaftlern haben wir festgestellt, dass Wissenschaftler Öffentlichkeitsarbeit effizienter gestalten wollen. Sie fangen an, Medien nach Wichtigkeit zu selektieren und PR-Aufgaben stärker zu delegieren – an PR-Abteilungen oder externe Agenturen. Für die interessierte Öffentlichkeit besteht jedoch die Gefahr, dass PR gegenüber kritischer, ausgewogener Berichterstattung dominieren könnte. Darüber hinaus werden gesellschaftliche Erwartungen an die Wissenschaft zunehmend durch direkte, interaktive Kommunikation vermittelt, etwa durch Shitstorms gegen bestimmte Forschungszweige oder durch die Einflussnahme über Blogs, beispielsweise auf Klimaforschung. ::



Prof. Hans Peter Peters vom Institutsbereich Ethik in den Neurowissenschaften (INM-8) forscht über Wissenschaft und Öffentlichkeit.

Die Fragen stellte Christian Hohlfeld.

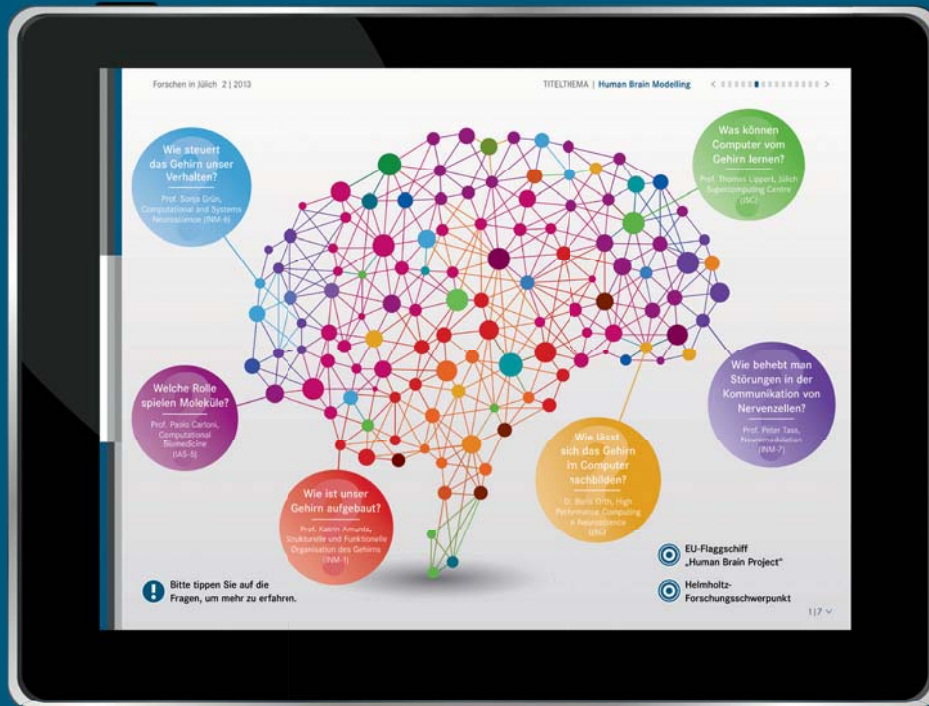
IMPRESSUM

Forschen in Jülich Magazin des Forschungszentrums Jülich, ISSN 1433-7371 **Herausgeber:** Forschungszentrum Jülich GmbH | 52425 Jülich **Konzeption und Redaktion:** Annette Stettien, Dr. Barbara Schunk, Dr. Anne Rother (V.i.S.d.P.) **Autoren:** Dr. Frank Frick, Christian Hohlfeld, Christoph Mann, Wiebke Rögener-Schwarz, Tobias Schlösser, Dr. Barbara Schunk, Brigitte Stahl-Busse, Ilse Trautwein, Annette Stettien, Angela Wenzik **Grafik und Layout:** SeitenPlan GmbH, Corporate Publishing, Dortmund **Bildnachweis:** Aero-Art Frank Herzog (3 o.r.), Africa Studio/Shutterstock.com (13 Großer Ball), Amunts, Bludau, Mohlberg/Forschungszentrum Jülich (9 m.), Amunts, Zilles, Axer et al/Forschungszentrum Jülich (8 u.), Angew. Chemie 42 (2003), 5591-5593 (3 o.m.), Awe Inspiring Images/Shutterstock.com (17 o.l.), Bakalusha/Shutterstock.com (18), CLIPAERA 1 Custom media/Shutterstock.com (15 Gehirn), Cyborgwitch/Shutterstock.com (1, 6, 7), dotshock/Shutterstock.com (22-23 Hintergrund.), Dr. Peter Preusse (20), DyMax/Shutterstock.com (22-23 Tasse), ER-C/Forschungszentrum Jülich (Acknowledgments: Takeshi Kasama, Rafal Dunin-Borkowski, Krzysztof Koziol, Alan Windle (17 o.m.), Forschungszentrum Jülich (2, 4 l.o. u. l.m., 5, 8 o., 9 o. u. u., 10, 11 o. u. u., 12, 13 l.u., 14, 15 r.o., 16 o.r., 17 u., 19, 21 u., 23 r.o.), frotos/Shutterstock.com (22-23 Monitor), JARA-HPC (11 m.), KIT/M. Lober (21 o.), Nattika/Shutterstock.com (4 l.u.), Oleksiy Mark/Shutterstock.com (16 o.l.), Peter Winandy (3 o.l.), Reinhold Leitner/Shutterstock.com (22-23 Tisch), Zffoto/Shutterstock.com (22-23 Monitorhintergrund) **Kontakt:** Geschäftsbereich Unternehmenskommunikation | Tel.: 02461 61-4661 | Fax: 02461 61-4666 | E-Mail: info@fz-juelich.de **Druck:** Schloemer Gruppe GmbH **Auflage:** 6.000.



Mix
Produktgruppe aus vorbildlich
bewirtschafteten Wäldern und anderen
kontrollierten Herkünften
www.fsc.org Zert.-Nr. SCS-COC-001641
© 1996 Forest Stewardship Council





Holen Sie sich das Magazin aufs Tablet!

„Forschen in Jülich“ gibt es auch als App. Einfach mit dem Tablet den QR-Code scannen oder über unsere Internetseite aufrufen:
www.fz-juelich.de/app



App
Store
(iPad/iOS)



Google
Play
(Android)

Mitglied der: