



FORSCHEN in Jülich



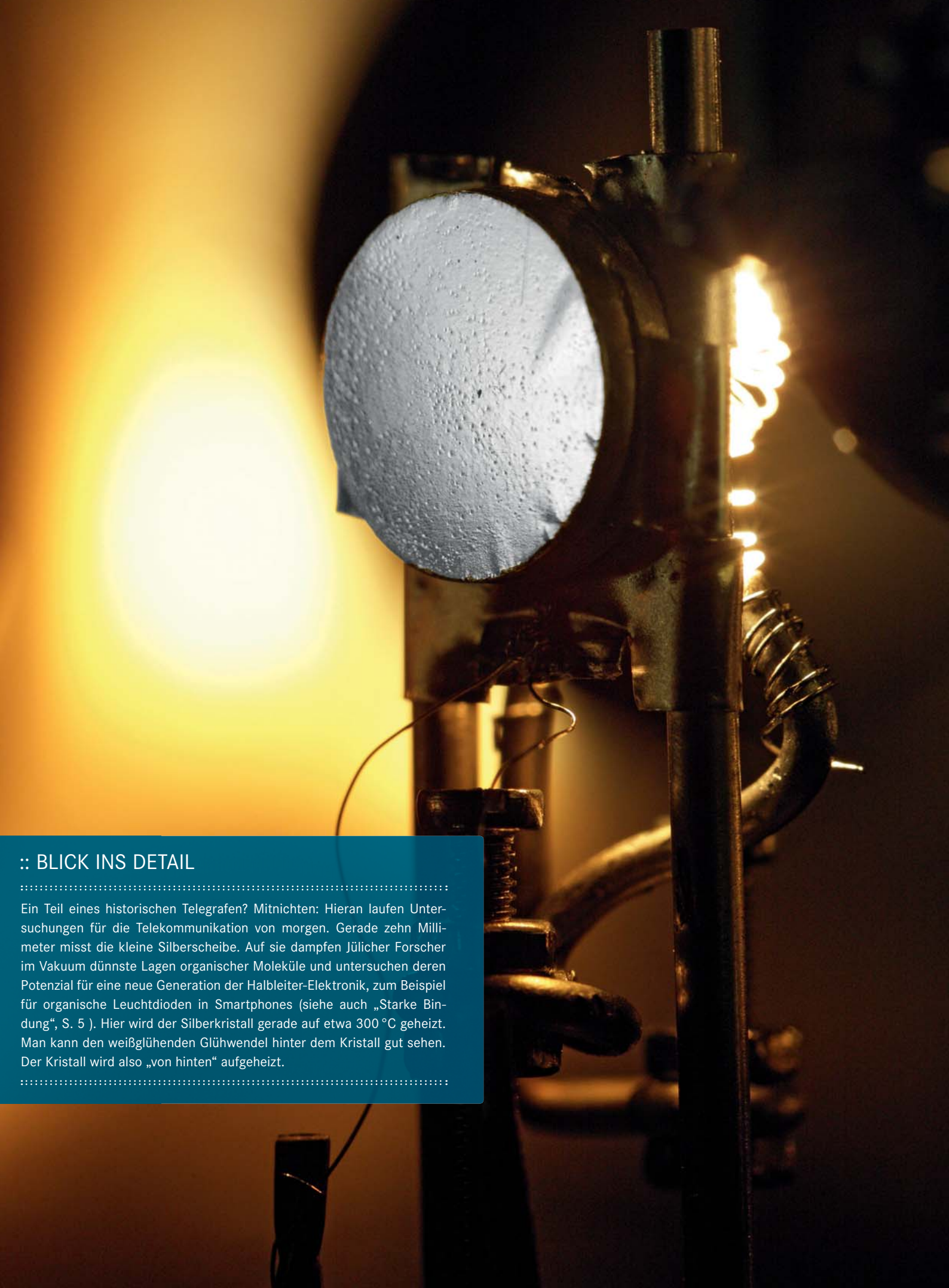
:: MISSION KLIMAFORSCHUNG

Mit dem Zeppelin quer durch Europa

:: Falsche Faltung - fatale Folgen

:: Die Rechenkunst des Quantencomputers





:: BLICK INS DETAIL

Ein Teil eines historischen Telegrafen? Mitnichten: Hieran laufen Untersuchungen für die Telekommunikation von morgen. Gerade zehn Millimeter misst die kleine Silberscheibe. Auf sie dampfen Jülicher Forscher im Vakuum dünnste Lagen organischer Moleküle und untersuchen deren Potenzial für eine neue Generation der Halbleiter-Elektronik, zum Beispiel für organische Leuchtdioden in Smartphones (siehe auch „Starke Bindung“, S. 5). Hier wird der Silberkristall gerade auf etwa 300 °C geheizt. Man kann den weißglühenden Glühwendel hinter dem Kristall gut sehen. Der Kristall wird also „von hinten“ aufgeheizt.



6



18



20

INHALT

:: NACHRICHTEN 4

:: TITELTHEMA 6

6 Zeppelin NT auf Mission

Quer durch Europa den Radikalen auf der Spur.

:: FORSCHUNG IM ZENTRUM 12

12 Therapeutisch zurück zum gesunden Chaos

Neue Methoden gegen Parkinson, Epilepsie oder Tinnitus.

14 Zyklotron für Medizin und Forschung

Radionuklide für vielfältigen Einsatz.

16 Die Rechenkunst des Quantencomputers

Eine theoretische Prüfung.

18 Falsche Faltung – fatale Folgen

Wenn das „Aufräumkommando“ versagt.

:: NACHWUCHS 20

20 Materialien mit Thermo-Power

Abwärme nutzen – Energie sparen.

:: SCHLUSSPUNKT 22

22 Kartoffeln im Kernspin

Hightech-Methoden gewähren tiefe Einblicke.

23 Impressum

Jetzt auch als
Tablet-Magazin!

www.fz-juelich.de/app



Oder direkt mit
dem Tablet QR-
Code scannen:



iOS (iPad)



Android



Schizophrenie früher diagnostizieren

Auch bei gesunden Kindern von Schizophrenie-Patienten ist die Kommunikation zwischen den Hirnregionen gestört. Das haben Wissenschaftler aus Jülich, Düsseldorf und Detroit herausgefunden. Sie untersuchten die Gehirnaktivität der Probanden und schlossen dann durch mathematische Modelle auf die Interaktion zwischen den Hirnregionen.

Mittels funktioneller Magnetresonanztomografie (fMRT) entdeckten die Forscher, dass bei Kindern, deren Eltern

erkrankt sind, viele Verbindungsmuster im Gehirn anders aussehen als bei einer nicht vorbelasteten Kontrollgruppe und denen ähneln, die man auch bei Schizophrenie-Patienten findet. Die Kontrollmechanismen von Emotionen sind bei Kindern von Schizophrenie-Erkrankten im Durchschnitt schwächer und in ihrer Balance verändert. Der Teil des Gehirns, in dem Angstgefühle entstehen, gibt quasi konstant Alarmsignale, ohne von anderen Gehirnregionen beschwichtigt zu werden.

Die Ergebnisse lassen die Forscher hoffen, in Zukunft einen Früherkennungstest zu entwickeln. Eine frühe Diagnose von Schizophrenie und damit auch eine frühe Therapie erhöhen die Chancen auf einen besseren Heilungsverlauf. Schizophrenie ist eine schwere psychiatrische Krankheit. Sie betrifft etwa ein Prozent der Bevölkerung, und für Angehörige von Erkrankten ist das Risiko erhöht. ::

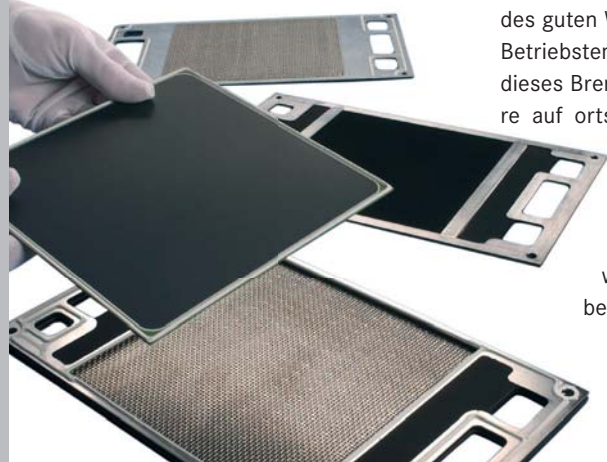
Brennstoffzelle bricht 40 000-Stunden-Marke

Eine planare Festoxid-Brennstoffzelle aus Jülich hat die Grenze von 40 000 Betriebsstunden überschritten. Damit über-

traf sie weltweit erstmalig den Grenzwert für den wirtschaftlichen Einsatz in stationären Anwendungen, der einer Betriebszeit von fünf Jahren entspricht. Wegen des guten Wirkungsgrads und der hohen Betriebstemperatur zielt die Entwicklung dieses Brennstoffzellentyps insbesondere auf ortsfeste Anwendungen ab, wie etwa dezentrale Anlagen zur Versorgung privater Haushalte.

Der Jülicher Teststack wird mit Wasserstoff betrieben, der in der Zelle mit einem

Wirkungsgrad von 64 Prozent in elektrischen Strom umgewandelt wird. Auch andere Brennstoffe wie Erdgas können umgesetzt werden, sogar mit höherem Wirkungsgrad, wie andere Versuche gezeigt haben. Das Testsystem besteht bereits aus Werkstoffen, die auch zur Herstellung eines kommerziellen Produkts verwendet werden könnten. Bis dahin müssen die Herstellungskosten aber weiter optimiert werden, und das System muss sich nicht nur auf dem Teststand, sondern auch unter Alltagsbedingungen bewähren. ::

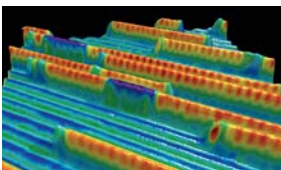


Flug in eisige Wolken

Für Klimamodelle sind Mischphasenwolken – zusammengesetzt aus Eiskristallen und Wassertropfen – von großer Bedeutung. Ihre Eigenschaften sind jetzt Inhalt der VerDI-Kampagne (Vertical Distribution of Ice in Arctic Clouds). Koordiniert durch die Universität Leipzig ist das Forschungsflugzeug „Polar 5“ im April von der kanadischen Stadt Inuvik in die Arktis gestartet. Mit an Bord das Spektrometer NIXE-CAPS, mit dem Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich die Wolkenpartikel untersuchen.

Wolken halten zum einen die Wärmestrahlung der Erde in der Atmosphäre, zum anderen reflektieren sie die Sonnenstrahlung und kühlen dadurch die Erde. Die Größe der Effekte hängt in Mischphasenwolken vor allem von deren Eis-Anteil ab. Genau diesen misst NIXE-CAPS: Mit einem Laser bestimmt es die Größe jedes einzelnen Wolkenpartikels und kann außerdem Wassertropfen von Eiskristallen unterscheiden. Dies lässt Rückschlüsse auf den Grad der Vereisung der Wolke zu.

„Spinspiralen“ für die Rechner der Zukunft



Wie lassen sich Computerdaten künftig sicher speichern und auslesen, wenn Rechner immer kleiner werden? Forscher aus Jülich, Hamburg und Kiel schlagen vor, die magnetischen Mo-

mente in Ketten aus Eisenatomen zu nutzen. Damit lassen sich Informationen im Nanobereich transportieren, und zwar schnell, energiesparend, in einem breiten Temperaturbereich und robust gegenüber äußeren Magnetfeldern.

Computer speichern Daten bisher in magnetischen Domänen auf der Festplatte, den Bits. Liegen die Bits aber zu eng beieinander, überlappen ihre magnetischen Felder und das Einschreiben und Auslesen der Daten funktioniert nicht mehr. Um neue Funktionalitäten möglich zu machen, müssen Computerbauteile daher weiter schrumpfen.

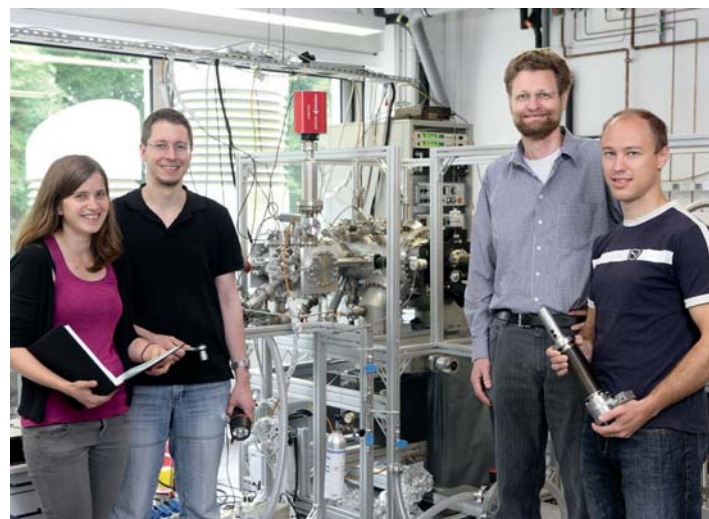
„Spinspiralen“ könnten eine Alternative bieten für den Datentransport in kleinsten Dimensionen – und es zukünftig erlauben, Informationen dichter zu komprimieren. Forscher bezeichnen so die spiralförmige Anordnung der magnetischen Eigenschaften (Spins) in Ketten aus Eisenatomen. Verbindet man diese an einem Ende mit einem magnetisierten Objekt, lässt sich am anderen Ende, wenige Atome und bis zu drei hunderttausendstel Millimeter entfernt (30 Nanometer), dessen magnetische Ausrichtung ablesen. Diese Informationsweitergabe ist vergleichbar mit einer Schraube: Die Eisenatome sind die Schraube, die Spins das Gewinde. Dreht man am Kopf der Schraube, pflanzt sich die Drehung bis in die Spitze fort und die Stellung des Schraubenkopfs gibt Auskunft über die Position der Spitze. ::

Starke Bindung

Organische Halbleiter werden zunehmend in Smartphones und Fernsehgeräten eingesetzt, zum Beispiel als organische Leuchtdioden (OLED). Ihre Vorteile gegenüber herkömmlichen Materialien: Sie lassen sich günstig herstellen, flexibel formen und sind äußeren Einflüssen gegenüber relativ unempfindlich. Im Prinzip könnten sie künftig sogar einfach auf Plastikfolien aufgedruckt werden. Viele grundlegende Eigenschaften der neuen Generation der Halbleiter-Elektronik sind aber bisher noch nicht im Detail verstanden. Jülicher Physiker haben nun eine unerwartet starke Bindung zwischen den organischen Schichten entdeckt, welche die Grundlage der neuartigen elektronischen Bauelemente bilden. Dieses Wissen könnte helfen, die Effizienz der organischen Halbleiter gezielt zu steigern.

Bisher gingen Wissenschaftler davon aus, dass organische Materialien untereinander nur über schwache sogenannte Van-der-Waals-Kräfte wechselwirken. Nur in Kontakt mit manchen Metallen zeigten sie auch eine stärkere Anbindung, genannt Chemisorption. Die Jülicher Forscher wiesen nun erstmals eine solche Chemisorption auch zwischen zwei organischen Schichten nach, die auf einen Silberkristall aufgedampft waren. Solche sandwichartigen Strukturen befinden sich auch in OLED, die meist aus mehreren organischen Schichten zwischen zwei metallischen Leitern bestehen.

Die Grenzflächen der Halbleiter sind von besonderem Interesse für die Forschung. Denn für die Leistung der Bauteile ist entscheidend, wie gut sich Kontakte mit anderen organischen und metallischen Leitern herstellen lassen. Je stärker die Verbindung, desto besser können Elektronen von einem Material auf das andere übergehen – und desto mehr Strom oder Licht liefern Solarzellen oder Leuchtdioden. ::



Prof. Christian Kumpf und seine Mitarbeiter erforschen am Jülicher Peter Grünberg Institut das Potenzial organischer Molekülschichten.

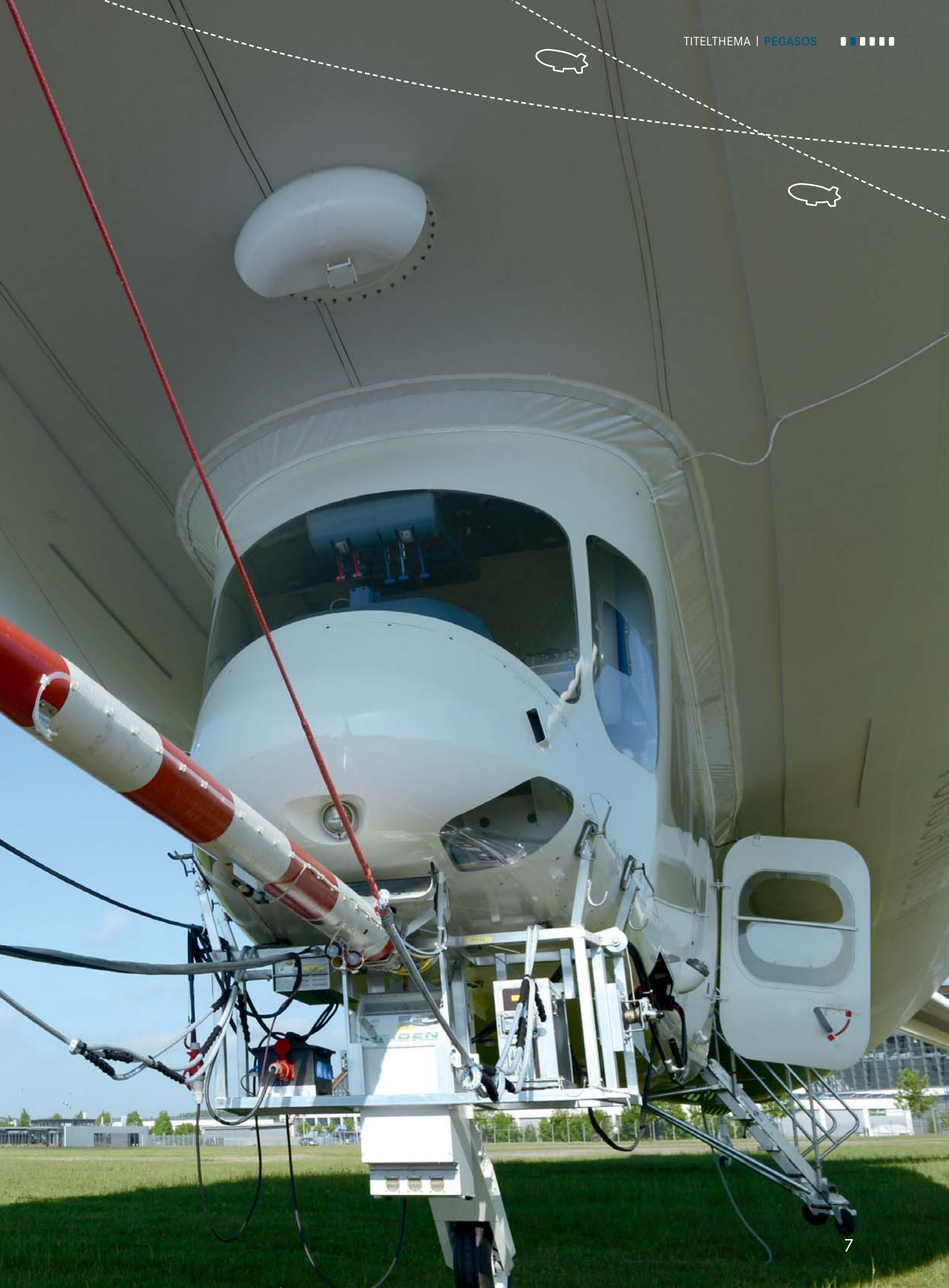
:: Zeppelin NT auf Mission

Seit Mai ist er nun auf großer Tour: Der Zeppelin NT startete in Friedrichshafen und steuerte zunächst in Richtung niederländische Nordseeküste. Seine Mission: Klimaforschung. Mit an Bord: hochpräzise Messinstrumente, die alle speziell für diesen Einsatz entwickelt wurden.



Damit die über Wochen gesammelten Daten vergleichbar bleiben, muss das Instrument zur Messung der OH-Radikale regelmäßig kalibriert werden. Dies erledigt ein ferngesteuerter Roboterarm, der eine Kalibrierquelle millimetergenau über der Messdüse positioniert.





Auf ihrer mehrmonatigen Forschungsreise nimmt die fliegende Forschungsplattform Kurs auf die Niederlande, Italien und Finnland. Dabei durchpflügt der Zeppelin NT sehr unterschiedliche Luftmassen: Er kreuzt über stark besiedelten Industriegebieten und Großstädten, dreht über der Adria seine Runden und schwebt über ausgedehnten Wäldern. Von Urlaubsromantik jedoch keine Spur. Die zahlreichen Messinstrumente an Bord prüfen während der ausgedehnten Flugstunden ohne Unterlass die chemische Zusammensetzung der Luft und zeichnen die Daten für die Forschung auf. Prof. Spyros Pandis, europäischer PEGASOS-Projekt Koordinator, umreißt den wissenschaftlichen Rahmen: „Diese Mission wird eine der umfangreichsten Luftqualitäts-Messkampagnen in Europa, wenn nicht sogar weltweit sein. Unser Ziel ist es, hier Datensätze zu schaffen, die als Referenz für die internationale Luftqualitäts-Forschung stehen werden.“

Im Rahmen des EU-Großforschungsprojekts PEGASOS (Pan-European-Gas-AeroSOI-Climate Interaction Study) sammelt der Zeppelin NT insgesamt 20 Wochen unter der Federführung Jülicher Forscher Daten. Mit 26 Partnern aus 14 europäischen Staaten sowie Israel erforschen die Wissenschaftler Zusammenhänge zwischen Atmosphärenchemie und Klimawandel. Die Ergebnisse sollen die Basis für EU-weite Maßnahmen zum Klimaschutz liefern.



Bundesforschungsministerin Prof. Annette Schavan informierte sich während der Auftaktveranstaltung Anfang Mai über die Ziele der Wissenschaftler. Ihr gegenüber: Robert-Jan Smits, Generaldirektor für Forschung und Innovation der Europäischen Kommission.



ROUTEN DES ZEPPELIN NT 2012

- Westmission
- Südmission (geflogen: Ostroute)
- Südmission (alternativ: Westroute)



Flughafen

• Tankstopp/
Übernachtstopp

FRANKREICH

Um diese Daten zu sammeln, transportiert der Zeppelin hochspezialisierte Messinstrumente mit einem Gesamtgewicht von etwa 1 000 Kilogramm. 390 davon sind auf einer Topplattform oben auf dem Zeppelin installiert. Der Grund: Die wichtigsten chemischen Prozesse in der Luft werden durch Licht angeregt. Unterhalb – im Schatten des großen Luftschiffs – finden diese fotochemischen Reaktionen nicht statt.

AUF DER SPUR DES UNFASSBAREN

Und genau diese fotochemischen Reaktionen zu verstehen, ist einer der Schwerpunkte der Messkampagne. In

Höhen von 100 bis 2 000 Metern untersuchen die Wissenschaftler die Selbstreinigung der Atmosphäre. Das Schlüsselmolekül ist dabei das sogenannte Hydroxyl-Radikal (OH-Radikal). Es leitet den Abbau der meisten Schadstoffe ein und kontrolliert deren atmosphärische Lebensdauer. Die OH-Konzentration ist somit ein Maß für die Reinigungskraft der Atmosphäre. Das Hydroxyl-Radikal entsteht in der Atmosphäre aus Ozon und Wassermolekülen beim Auftreffen von UV-Strahlen. In einem natürlichen Kreislauf wird es beim Abbau von Schadstoffen zunächst verbraucht, aber in vielen Fällen wieder recycelt (siehe „Kreislauf der Radikale“, S. 11). Hier sind die Jülicher Forscher aber in den vergangenen Jahren auf Unstimmigkeiten gestoßen, was die bisherige Theorie zum Recycling angeht. Die Zeppelinflüge sollen nun Klarheit schaffen.

Hydroxyl-Radikale sind hochreaktiv und schwer zu fassen. Die Radikale leben nur für den Bruchteil einer Sekunde. In 10 000 000 000 000 (10 Billionen) Luftteilchen gibt es lediglich ein einziges Teilchen dieses atmosphärischen Reinigungsmittels. Erst die Entwicklung mehrerer neuer Messmethoden durch Jülicher Wissenschaftler ermöglicht es, die Konzentration und die Lebensdauer von Hydroxyl-Radikalen in der Atmosphäre zuverlässig zu bestimmen.





LEICHT, KOMPAKT UND STABIL

Dr. Andreas Hofzumahaus vom Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-8) erklärt: „Grundsätzlich gibt es zwei von uns entwickelte Verfahren zur OH-Radikal-Messung: Das eine basiert darauf, dass Laserlicht durch die OH-Radikale abgeschwächt (absorbiert) wird. Bei dem zweiten Verfahren regt ein Laser die OH-Radikale an, sodass sie fluoreszieren.“

Damit überhaupt ausreichend viele der seltenen Hydroxyl-Radikale erfasst werden, lassen die Forscher für die erste Methode einen Laserstrahl über hundert Mal zwischen rund 20 Metern entfernten Spiegeln hin- und herreflektieren. „Einen solchen Aufbau verwenden wir beispielsweise in unserer Atmosphärenkammer SAPHIR – oder an anderen Standorten, wo wir genügend Platz haben“, beschreibt Hofzumahaus die Situation. Das zweite Verfahren ist ebenso präzise, benötigt aber weniger Raum: Ein idealer Kandidat für die rund fünf Meter lange Topplattform des Zeppelins. „Über zwei unterschiedliche Verfahren zu verfügen, hat den großen Vorteil, dass wir die Messmethoden gegenseitig kontrollieren können“, betont Andreas Hofzumahaus.

Die Flugrouten orientieren sich an vorhandenen wissenschaftlichen Boden-Messstationen. Sie ergänzen die Daten aus den Messungen mit dem Zeppelin NT. Nach Italien und zurück ist der Zeppelin NT über die Ostroute geflogen.

Dass der zweite Laseraufbau auch bei Temperatur- und Luftdruckänderungen mit zunehmender Flughöhe an Bord des Zeppelins tadellos funktioniert, ist den Ingenieuren des Jülicher Zentralinstituts für Technologie (ZAT) zu verdanken. Zunächst reduzierten sie das Gewicht des Gesamtaufbaus. „Für den Flugeinsatz gilt der Leitspruch, dass jedes Gramm zählt – also Gewicht reduzieren und nochmals reduzieren“, betont Knut Dahlhoff vom ZAT. Trotzdem müs-

sen die Geräte robust sein. „Das ursprüngliche Boden-Instrument machte eigentlich einen soliden Eindruck. Aber es musste schon nachjustiert werden, wenn die Umgebungstemperatur nur um zwei Grad sank“, erinnert sich Dahlhoff. Gemeinsam mit Kollegen des Fraun-

Stand: 20. Juli 2012

hofer-Instituts für Lasertechnik aus Aachen entstand ein einzigartiges Präzisionsgerät, das nun leicht, kompakt aber auch stabil genug ist, um bei den langen Zeppelin-Messflügen mit dabei zu sein.

Gleiches gelang dem Team aus Wissenschaftlern und Ingenieuren mit einem Gerät, welches den Verschmutzungsgrad der Luft bestimmt. Dazu misst es die

Lebensdauer von OH-Radikalen. In diesen Neuaufbau mit der Bezeichnung AirTauOH wird ein gleichmäßiger Strom Außenluft eingesogen und mit einem Laser belichtet. Daraufhin bilden sich schlagartig OH-Radikale. Je mehr Reaktionspartner – also Moleküle verschiedenster Art – sich in der Luft befinden, desto kürzer ist die Lebensdauer der OH-Radikale.

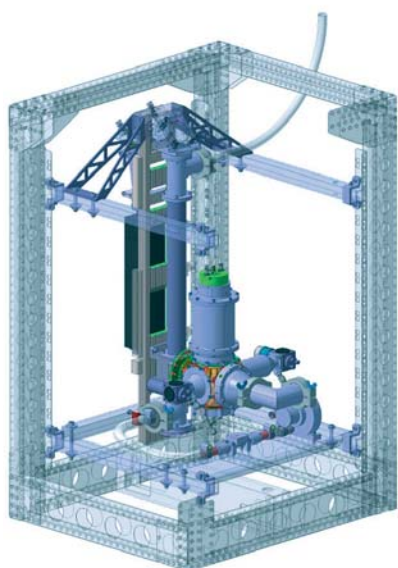
PRÄZISE UND SCHNELL

Der zeitliche Verlauf der Konzentrationsabnahme wird durch eine weitere Messzelle exakt registriert. Das lässt Aussagen über den Verschmutzungsgrad der Luft zu, allerdings nicht darauf, ob die Verunreinigungen natürlicher Art sind oder menschengemacht. Weitere Geräte an Bord registrieren Schwebeteilchen oder Moleküle wie Formaldehyd in der Luft. Hofzumahaus erklärt: „Wir können auch aus Platzgründen während der Zeppelin-Mission nicht die gesamte Bandbreite aller atmosphärischen Moleküle messen. Aber dank AirTauOH können wir herausfinden, wie viele reaktive Bestandteile gerade in der Luft sind.“

Eine Gruppe von Molekülen ist dabei offensichtlich mitentscheidend für das Klima. Und zwar flüchtige Substanzen, die von Pflanzen abgegeben werden. Diese können nach Oxidation in der

Atmosphäre Schwebeteilchen, sogenannte Aerosole, und damit Wolkenkeime bilden. Wolken reflektieren die Sonneneinstrahlung und sind somit ein Gegenspieler der globalen Erwärmung. Daher gilt ein weiterer Schwerpunkt der PEGASOS-Mission dem Nachweis und der Charakterisierung von Schwebeteilchen über verschiedenen Landstrichen.

Nadelbäume zum Beispiel geben vorzugsweise Terpene an die Luft ab, die den würzigen Duft in einem Wald ausmachen. Laubbäume hingegen sondern vorwiegend eine Substanz ab, die als Isopren bezeichnet wird. Beide Stoffe reagieren unterschiedlich schnell mit den OH-Radikalen, was sich auf die Bildung von Aerosolen in der Atmosphäre auswirkt, fanden Jülicher Forscher kürzlich heraus. In ihrer Studie wiesen sie nach, dass die Aerosolbildung beeinträchtigt ist, wenn der Isoprengehalt im Verhältnis zum Terpenegehalt hoch ausfällt, wie es im Sommer häufig vorkommt. Unter diesen Bedingungen schnappen die Isoprenmoleküle den Terpenen die Reaktionspartner weg. Das hat erhebliche Konsequenzen: Die flüchtigen Terpene werden von den OH-Radikalen nicht mehr oxidiert und dienen schließlich nicht mehr als Vorläufer von Wolkenkeimen. Messungen über den



Konstruktionsskizze des AirTauOH-Instruments. Es zeigt den Verschmutzungsgrad der Luft an.



Die intensiven Vorarbeiten in der Zeppelin-Werft haben sich gelohnt: Alle Messinstrumente und auch die Zusammenarbeit zwischen Technikern, Piloten und Wissenschaftlern funktionieren einwandfrei.

„Dabei fliegt der Zeppelin auf zuvor festgelegten Flugrouten, die sich auch an den vorhandenen Boden-Messstationen orientieren“, hebt Dr. Astrid Kiendler-Scharr hervor. Die Forscher wollen genau wissen, was mit den Luftbestandteilen auf dem Weg zwischen der Erdoberfläche und 2 000 Metern Höhe passiert.

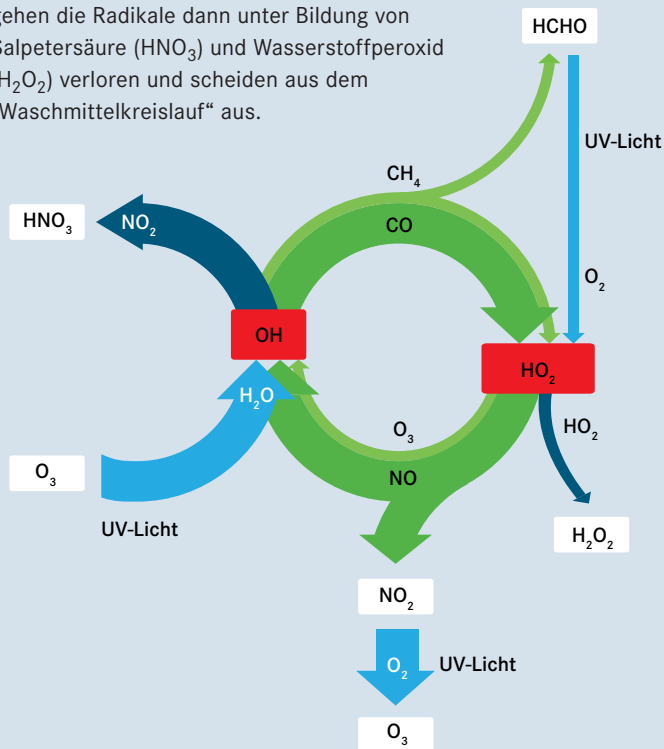
Für dieses Ziel müssen alle Geräte am Boden und an Bord wie ein gut geöltes Uhrwerk ihren Dienst verrichten. Deshalb haben die Ingenieure und Wissenschaftler auch ganz kleine Flugobjekte im Blick: „Insekten können die Messdüsen verstopfen“, beschreibt Dahlhoff die Situation. „Zur Beobachtung der Düsen auf der Topplattform des Zeppelins ist daher eine Kamera installiert.“ Denn die Plattform ist, auch wenn der Zeppelin nach Dienstschluss an seiner Bodenstation verankert ist, nur schwer zu erreichen. Sie schwebt samt wissenschaftlichem Gerät in knapp 20 Metern Höhe. Ein Umstand, der die Neuentwicklung eines entscheidenden Kalibrierwerkzeugs notwendig machte. Im Labor dient eine rund fünf Kilogramm schwere und ein Meter hohe Apparatur zur Kalibrierung der zentralen Instrumente zur Messung der OH-Radikale. Die Lösung für den Zeppelin fällt ungleich filigraner aus: Ein schlanker Roboterarm schwenkt ferngesteuert über die Messdüse und gibt Luft mit einer bekannten OH-Konzentration ab. „Diese Prozedur wird regelmäßig durchgeführt, damit die Werte der verschiedenen Messungen vergleichbar bleiben“, betont Hofzumahaus. Damit der Roboter-

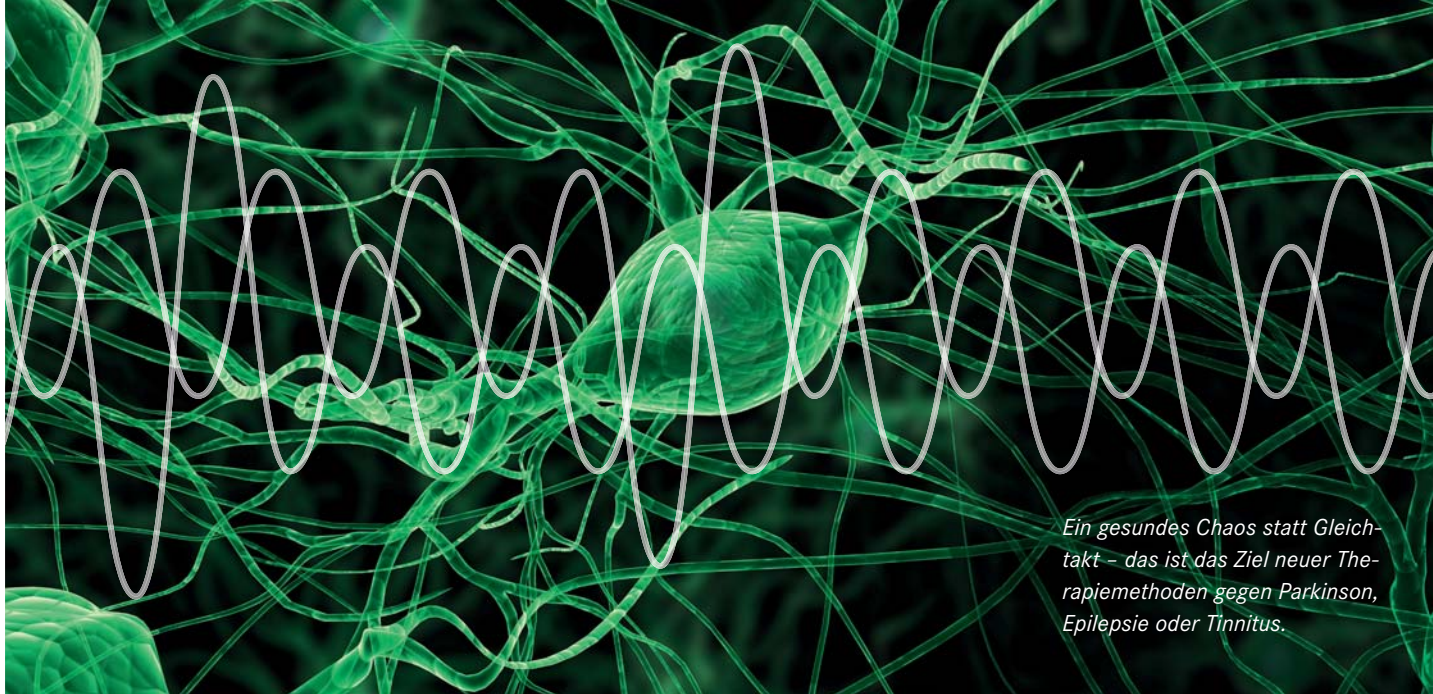


arm während des Fluges nicht stört, verschwindet die Kalibrierquelle samt Roboterarm in einer Art „Garage“. „Zuvor muss die Quelle mit einer Genauigkeit von 0,1 Millimetern über der Messsonde platziert werden“, sagt Dahlhoff. Auch das haben die Ingenieure geschafft.

Bei Sonneneinstrahlung entstehen Hydroxyl-Radikale (OH-Radikale) aus Ozonmolekülen. Andere, sogenannte HO₂-Radikale, entstehen durch Spaltung von Formaldehyd. Diese „Waschmittel der Atmosphäre“ sind zwar kurzlebig und nur in winzigen Mengen in der Atmosphäre vorhanden. Dennoch bestimmen sie wesentlich mit, wie lange wichtige Spurengase (Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid, Stickoxide) in den unteren Luftschichten verbleiben. Je eher Spurengasmoleküle durch Reaktion mit Radikalen zersetzt werden, desto weniger breiten sie sich aus. Beim Abbau der Spurengase entstehen jedoch sekundäre Schadstoffe, beispielsweise Ozon. Allerdings scheint es auch Abbauewege zu geben, bei denen kaum Ozonmoleküle gebildet werden, ergaben vorangegangene Messungen der Jülicher Forscher in China. Die Grafik zeigt die wesentlichen bisher bekannten chemischen Prozesse des Spurengasabbaus durch OH-Radikale und HO₂-Radikale, die im Kreislauf sekundenschnell ineinander umgewandelt werden. Dabei wird jeweils ein Kohlenmonoxid- oder Kohlenwasserstoff-Molekül oxidiert. Je nach Stickoxidbelastung wird dabei ein Ozonmolekül erzeugt oder zerstört.

Nach etwa zehn Durchläufen in diesem Kreislauf gehen die Radikale dann unter Bildung von Salpetersäure (HNO_3) und Wasserstoffperoxid (H_2O_2) verloren und scheiden aus dem „Waschmittelkreislauf“ aus.





Ein gesundes Chaos statt Gleich-takt – das ist das Ziel neuer Therapie-methoden gegen Parkinson, Epilepsie oder Tinnitus.

Therapeutisch zurück zum gesunden Chaos

Wenn Nervenzellen im Gehirn in ein gleichzeitiges Dauerfeuer verfallen, bedeutet das meist nichts Gutes: Das typische Zittern und Krampfanfälle von Parkinson-Patienten, aber auch Schmerzen und das unerträgliche Pfeifen im Ohr von Menschen, die an Tinnitus leiden, können die Folge sein. Das Institut für Neurowissenschaften und Medizin, Bereich Neuromodulation (INM-7),



Dr. Oleksandr Popovych

entwickelt Therapieansätze gegen den synchronen Gleichschritt und für ein gesundes Chaos im Hirn. Sie haben nun mit Computermodellen belegt: Auch indirekte Stimulationen wirken der Synchronität entgegen. Dies könnte neuen, nichtinvasiven Therapien den Weg ebnen.

Als letzte Hoffnung für Parkinson- oder Tremor-Patienten gilt oftmals eine tief ins Gehirn implantierte Sonde. Dieses als Hirnschrittmacher bezeichnete Gerät gibt ein elektrisches Störfeuer in die betroffenen Hirnregionen ab. Rund 75 000 Patienten haben sich bisher einem solch neurochirurgischen Eingriff unterzogen.

Um Operationsrisiken zu vermeiden und einer großen Zahl von Patienten zu helfen, suchen Prof. Peter A. Tass und sein Team nach Alternativen – umgesetzt ohne Skalpell und Narkose. Die Idee: Ist es möglich, über indirekte oder sogar sensorische Reize Erkrankungen des Gehirns zu behandeln? Sodass beispielsweise die Nerven in der Hörrinde von Tinnitus-Patienten durch gezielte Tonfolgen den Gleichtakt verlernen?

Dr. Oleksandr Popovych (INM-7) ist darauf spezialisiert, die Kommunikation

in komplexen Nervenzellverbänden zu berechnen. In Computermodellen rekonstruierte er, was eine direkte beziehungsweise eine indirekte Stimulation bewirken kann. Direkt bedeutet, dass ein Störimpuls unmittelbar an die synchron feuernden Nervenzellen abgegeben wird. Bei einer indirekten Stimulation sind mehrere Neuronen zwischengeschaltet – der Weg ist also länger und verzweigter bis ins betroffene Zielgebiet. „Das Ergebnis bestärkt uns“, sagt Popovych. „Die Rechensimulationen zeigen eindeutig, dass auch indirekte Signale die krankhaften synchronen Nervenimpulse aufheben können. Dabei erwies sich der Effekt in einer unserer Modellrechnungen sogar als nachhaltiger.“

Popovych prüft mit seinen mathematischen Modellen auch, wie stark ein Impuls sein muss, um eine Wirkung zu erzielen. „Viel hilft nicht immer viel“, warnt er. „Viele wichtige Fragen sind noch offen. Zum Beispiel müssen wir beantworten, wie wir etwa die Parameterwerte für einen therapeutischen Effekt weiter optimieren können. Hierzu benötigen wir fortgeschrittene Modelle und viel Rechenzeit.“

::

„2 500 Patienten behandelt“

Prof. Peter A. Tass hat mit der Coordinated Reset®-Methode (CR®-Methode) einen Ansatz entwickelt, der Tinnitus-, aber auch Parkinson- oder Epilepsie-Patienten helfen kann. Der positive Effekt der Methode ist sogar in den Gehirnströmen ablesbar, wie Tass und sein Team in aktuellen wissenschaftlichen Publikationen darlegen.

Frage: Herr Professor Tass, was sind die zentralen Ergebnisse der kürzlich veröffentlichten Studien?

Tass: Das wichtigste Ergebnis unserer kontrollierten Studie an 63 Tinnitus-Patienten lässt sich sehr einfach zusammenfassen: 75 Prozent der Patienten haben deutlich oder sehr deutlich von der Therapie profitiert. Das bedeutet, dass die Patienten ihren Tinnitus subjektiv deutlich leiser und weniger belästigend empfinden. Objektiv konnten wir mittels EEG* nachweisen, dass sich durch die Therapie die Hirnströme der Patienten positiv verändern und die krankhaft synchronen Nervenzellaktivitäten nachlassen. Auch vier Wochen nach Ende der Therapie war der Effekt noch da – der Tinnitus hatte sich nach wie vor signifikant gebessert.

Frage: Werden die synchron feuernenden Nervenzellen durch die Frequenzen Ihrer Methode blockiert oder übertüncht?

Tass: Nein. Das ist gerade der Unterschied der CR®-Methode zu anderen Ansätzen wie Rauschgeneratoren. Wir wollen die synchron arbeitenden Nervenzellverbände gerade in ihrem krankhaften Frequenzbereich aktiv sein lassen – aber asynchron! Denn nur Nervenzellen, die aktiv sind, können lernen und verlernen. Eine Unterdrückung alleine hat keinen langanhaltenden Effekt.

Frage: Welche weiteren Patientenstudien sind geplant?

Tass: In Deutschland ist gerade eine weitere Anwendungsstudie gestartet, in deren Verlauf Ärzte 200 Patienten ein Jahr lang therapieren und danach mehrere Monate beobachten werden. Außerdem wird in England zurzeit eine Studie mit 100 Patienten vorbereitet. Wir planen zudem eine Testreihe in Jülich, um per EEG* die CR®-Therapietöne objektiv und ganz individuell an die krankhafte Synchronisation im Gehirn des Patienten anzupassen. Bisher muss der Patient die Tonhöhe seines Tinnitus selbst einschätzen. Doch das gelingt selbst Profimusikern nicht immer hinreichend gut. Der Erfolg der Therapie ist jedoch genau davon abhängig, dass wir im richtigen Frequenzbereich stimulieren.

Frage: Hält die CR®-Methode bald Einzug in den klinischen Alltag?

Tass: Ja. In der Zwischenzeit wurden in Europa circa 2 500 Patienten erfolgreich mit unserer CR®-Therapie behandelt. Zunehmend werden spezialisierte CR®-Therapiezentren aufgebaut. Neben den schon bestehenden Zentren in London und Budapest werden wir gemeinsam mit der Psychiatrie der Universitätsklinik Salzburg ein großes Tinnituszentrum aufbauen. Tinnitus-Patienten mit Schweregrad vier sind häufig depressiv. Ihnen

möchten wir eine psychiatrisch begleitete CR®-Therapie anbieten.

Frage: Bei welchen Krankheiten könnte die CR®-Methode auch zum Einsatz kommen?

Tass: Grundsätzlich wenn eine krankhafte synchrone Nervenzellaktivität im Gehirn vorliegt – wie bei Parkinson oder Epilepsie –, aber auch bei Dystonie, Schmerz oder ADHS**.

* **EEG** (Elektroenzephalogramm): eine nichtinvasive Methode, um Hirnströme zu messen.

** **ADHS** (Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung): massive Aufmerksamkeits- und Konzentrationsstörungen sowie extreme Hyperaktivität bei Kindern und Jugendlichen.



Prof. Peter A. Tass

Synchrones Dauerfeuer verursacht Tinnitus

Pfeifen, Rauschen, Sirren: Drei Millionen Deutsche leiden unter Tinnitus. Die Ursachen liegen sowohl im Ohr als auch im Gehirn. Meist ist eine Hörschädigung der erste Schritt in Richtung Dauerton. Denn salopp ausgedrückt langweilen sich die

für den ausgefallenen Hörbereich zuständigen Nervenzellverbände. Sie verfallen in ein synchrones Dauerfeuer elektrischer Signale, das der Patient als störendes Geräusch wahrnimmt. Die in Jülich entwickelte Coordinated Reset®-

Methode bewirkt, dass die Nervenzellen ihren Synchronkontakt durch zuvor genau berechnete und auf den Tinnitus des Patienten abgestimmte Störfrequenzen verlernen und in ein gesundes Chaos zurückfinden.

Zyklotron für Medizin und Forschung

35 Tonnen wiegt das medizinische Großgerät, das Anfang Mai am Jülicher Campus angeliefert wurde. Ein Schwerlastkran hievte das neue kompakte Zyklotron an seinen Bestimmungsort, einen unterirdischen Betonbunker. Dort wird es ab Sommer 2013 Radionuklide zur Synthese von Radiopharmaka produzieren, mit denen sich unter anderem Tumore aufspüren, Stoffwechselprozesse verfolgen und die Wirkmechanismen von Medikamenten untersuchen lassen.

Das in Belgien von der Firma IBA entwickelte Großgerät ist das erste einer neuartigen Baureihe, das drei verschiedene Teilchen beschleunigen kann. Neben Protonen* und Deuteronen* für die Routineherstellung von Radiopharmaka ist es auch möglich, Alpha-Teilchen* mit einer Energie von bis zu 30 Megaelektronenvolt zu erzeugen. „Mit dem neuen Zyklotron sind wir in der Lage, einerseits die Versorgung von Patienten mit kurzlebigen Radiopharmaka weiterhin sicherzustellen und andererseits zukunftsweisende nuklearchemische Forschung und Lehre in Jülich zu betreiben“, stellt Prof. Heinz H. Coenen, Direktor des Instituts für Neurowissenschaften und Medizin – Nuklearchemie (INM-5), heraus.

Und besonders die Forschung verspricht spannend zu werden. Prallen zum Beispiel Alpha-Teilchen mit hoher Energie auf Chloratome, so bildet sich Kalium-38, mit dem Mediziner die Herzdurchblutung sehr genau untersuchen können. Auch andere Radionuklide, wie Samarium-153 für das Aufspüren von Knochenmetasta-

sen oder Astat-211 zur Bestrahlung bösartiger Tumore, können mit dem Alpha-Strahl sehr effektiv hergestellt werden. Darüber hinaus stehen „Partnerisotope“ neu im Fokus der Forschung. Diese ermöglichen die Herstellung sogenannter bimodaler Tracer. Solche Marker sind sowohl im Positronenemissionstomografen (PET) als auch im Magnetresonanztomografen (MRT) zu erkennen. „Damit unterstützen wir ganz maßgeblich die Weiterentwicklung der Jülicher Hybrid-Bildgebung, einer Kombination aus PET und MRT“, betont Coenen.

EINFACHER UND BESSER

Und genau hier liegt die Stärke der Jülicher Forscher. Sie decken die gesamte Palette ab: vom Verständnis der einzelnen Kernreaktionen bis hin zur Herstellung eines routinemäßig einsetzbaren Radiopharmakons. Coenen betont: „Einer unserer Schwerpunkte liegt dabei ganz klar auf der Erforschung und Entwicklung neuer Radionuklide. Diese sind dann entweder besser für einen bestimmten Einsatz geeignet“, erläutert er, „oder sie lassen sich durch eine neue Kernreaktion einfacher – also mit weniger Kosten oder Nebenprodukten – herstellen.“ Wie schon bei der überaus erfolgreichen [¹⁸F]Fluorodesoxyglukose, dem

Millimeterarbeit: Mit äußerster Präzision positionierte der Schwerlastkran das 35 Tonnen schwere Zyklotron an seinen Bestimmungsort. Später wurde der Deckel des Bunkers wieder verschlossen.



heute weltweit am häufigsten eingesetzten Tracer für die Tumordiagnose mit der PET, überlassen die Jülicher Forscher nach erfolgreicher klinischer Einführung die spätere Massenproduktion der Industrie.

Sie entwickeln lieber Neues. Selen-73 als neuen PET-Marker beispielsweise. Durch eine längere Halbwertszeit von rund sieben Stunden könnten mit diesem Nuklid langsamere Stoffwechselprozesse untersucht werden, zum Beispiel der Auf- und Abbau von Eiweißen im Körper. Oder neue Radionuklide für eine Anwendung sogar bei Pflanzen: Der



Das Zyklotron ist das erste einer neuen Baureihe. Es kann drei verschiedene Teilchen beschleunigen. Ein unschlagbarer Vorteil sowohl für die Routineherstellung von Radiopharmaka als auch für die Forschung.

heiten sowohl für die Routineproduktion von Radiopharmaka als auch für die Forschung. Überirdisch wird zurzeit das neue Jülicher Translationszentrum gebaut, das die medizinrelevanten Ergebnisse so schnell wie möglich in den klinischen Alltag bringen wird. In der Nachbarschaft, unterirdisch mit dem Zyklotron direkt verbunden, beziehen die Wissenschaftler des INM-5 ihr neues Institut voraussichtlich 2014. „Hier bauen wir zwei weitere sogenannte Targetstationen auf, also Zielscheiben für den Teilchenstrahl des Zyklotrons“, erklärt Spahn, „dadurch erhöhen wir die Kapazitäten für die nuklearchemische Forschung und Entwicklung.“

Dieser Aspekt ist auch für die umliegenden Hochschulen von Bedeutung. „Die beiden Zyklotrone in Köln und Hannover, die ebenfalls einen Alpha-Strahl erzeugen können, werden aus Altersgründen bald abgeschaltet“, stellt Coenen fest. „Dann ist das neue Jülicher Zyklotron deutschlandweit das einzige mit dieser Ausstattung und Kapazität.“ Die traditionell enge Zusammenarbeit mit den Hochschulen der Region, insbesondere auf dem Gebiet der Nuklearchemie mit der Universität zu Köln, wird sich nach Einschätzung der Jülicher Forscher weiter intensivieren. Im diesem

Fach haben sich die Studentenzahlen in den vergangenen fünf Jahren verdoppelt. „Absolventen aus diesem Bereich werden in entsprechenden medizinischen Einrichtungen, von Energieunternehmen und auch von Aufsichtsbehörden händelnd gesucht“, bestätigt Coenen. „Die Jobaussichten für sie sind blendend, insbesondere wenn sie auf dem neuesten Stand der Technik ausgebildet sind“, betont er abschließend. ::

in der Pflanzenforschung oft verwendete Kohlenstoff-11 weist nur eine Halbwertszeit von 20 Minuten auf. „Wir werden nun auch neuartige Nuklide für die Umweltforschung zur Verfügung stellen können, die mit einem herkömmlichen Zyklotron nicht produzierbar sind“, unterstreicht Dr. Ingo Spahn, Spezialist für die Herstellung von Radionukliden am INM-5.

BLENDENDE AUSSICHTEN

Flankiert wird das neue Zyklotron von weiteren Baumaßnahmen. Direkt angrenzend entstehen hochmoderne Laborein-

.....

* **Protonen** sind stabile positiv geladene Bausteine des Atomkerns. **Deuterium** (D oder ^2H) ist ein Wasserstoffisotop, das ein Neutron und ein Proton im Kern besitzt. **Alpha-Teilchen** (α -Teilchen) sind zweifach positiv geladene Helium-Ionen (He^{++}). Ein Alpha-Teilchen besteht aus zwei Neutronen und zwei Protonen.

Die Rechenkunst des Quantencomputers

Lange existierten Quantencomputer nur als Utopie in den Köpfen von Physikern. Inzwischen gibt es sie wirklich. Welche Probleme sich mit ihnen künftig womöglich lösen lassen, kann man theoretisch untersuchen – der Physiker Privatdozent Dr. Thomas Neuhaus nutzt dazu herkömmliche, aber extrem leistungsstarke Rechner: die Jülicher Supercomputer.

Die Zukunft hat schon begonnen. Das wird mancher denken, wenn er liest, dass man seit 2011 beim kanadischen Unternehmen D-Wave Quantencomputer kaufen kann. Während alle gängigen PCs, Smartphones und Höchstleistungsrechner als kleinste Informationseinheiten Bits verwenden,

die nur die Werte 0 und 1 annehmen können, arbeiten Quantencomputer mit Quanten-Bits, kurz Qubits, die aus vielen sich überlagernden Zuständen bestehen. Dadurch sind Quantencomputer prinzipiell in der Lage, anders als herkömmliche Prozessoren mit jedem Schaltvorgang viele Rechenoperationen gleichzeitig

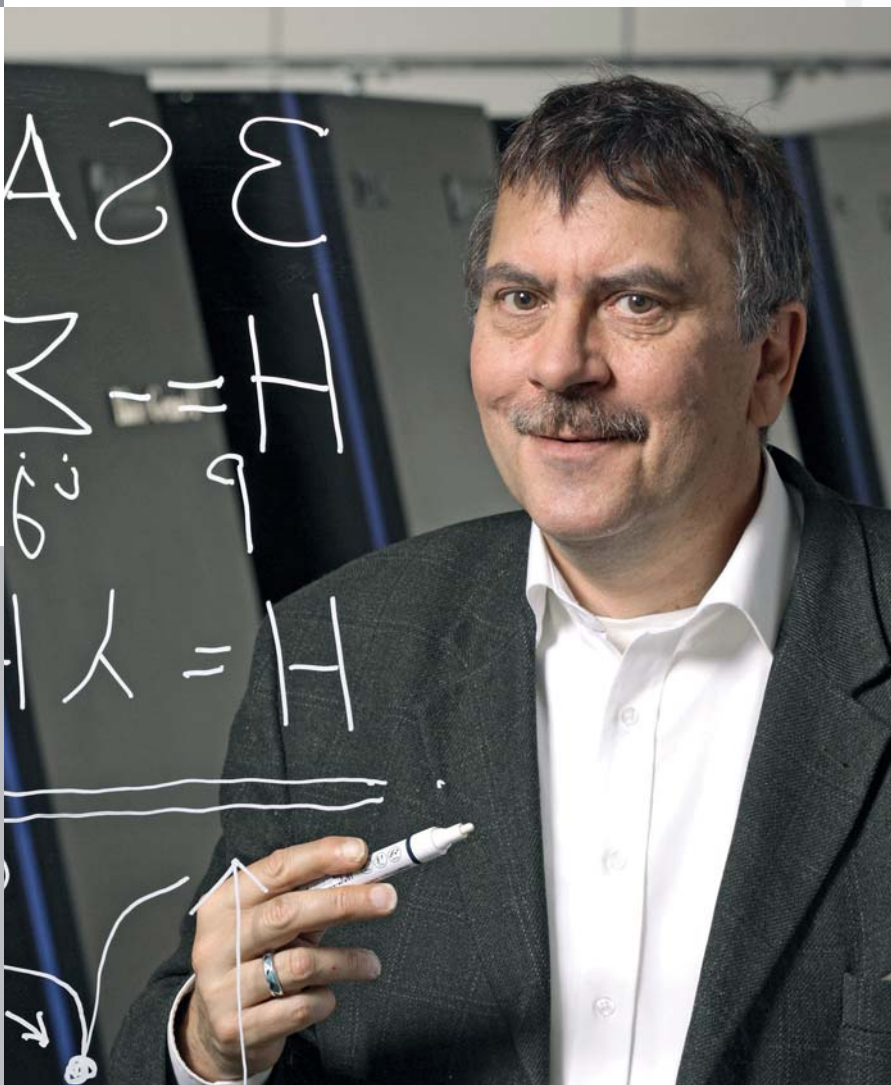
durchzuführen. Vor allem deshalb hoffen Physiker seit den 1980er-Jahren, dass Quantencomputer bestimmte Rechenaufgaben mit unvorstellbarer Geschwindigkeit lösen könnten.

VERBLÜFFENDE VARIANTE

Für Quantencomputer haben die Experten bisher überwiegend ein Konzept verfolgt, bei dem die Qubits von Teilchen – zum Beispiel von Atomkernen – gebildet werden, deren quantenmechanischer Drehimpuls, der Spin, gezielt beeinflusst werden kann. „Bei solchen Quantencomputern wird versucht, die Logik, die ein normaler Computer für das Addieren, Multiplizieren und überhaupt das Rechnen braucht, auf die Drehung einzelner Spins zu übertragen“, erläutert Thomas Neuhaus von der Jülicher Forschergruppe „Quantum Information Processing“. Das Problem: Jeder einzelne Spin muss sehr präzise eingestellt werden, was bereits für reale Systeme von lediglich vier oder acht Qubits sehr schwierig ist.

Neuhaus beschäftigt sich dagegen mit der Theorie einer neuen und besonders verblüffenden Variante des Quantencomputers. Diese Variante, den adiabatischen Quantencomputer, hat

Mathematische Formeln und die Jülicher Superrechner (im Hintergrund) sind das Handwerkszeug von Privatdozent Dr. Thomas Neuhaus, der die mögliche Leistungsfähigkeit künftiger Quantencomputer erforscht.



D-Wave in der Praxis verwirklicht – nach eigenen Angaben mit 128 Qubits. „Ein adiabatischer Quantencomputer muss keine Berechnungen durchführen, also keine Gleichungen lösen und nichts multiplizieren, um ein schwieriges mathematisches Problem zu lösen“, sagt Prof. Kristel Michielsen, Leiterin der Forschergruppe am Jülicher Institute for Advanced Simulation. Sie räumt ein, dass die Arbeitsweise des adiabatischen Quantencomputers (siehe „Handlungsreisender im Quantencomputer“) das menschliche Vorstellungsvermögen strapaziert.

LÖSUNG FÜR „NICHT HANDHABBARES“

Viele Experten hofften bislang, dass Quantencomputer herkömmliche Rechner vor allem bei denjenigen mathematischen Problemen alt aussehen lassen, die als „nicht handhabbar“ eingestuft werden. Das klassische Beispiel dafür ist das „Problem des Handlungsreisenden“: Dabei gilt es, die kürzeste Tour durch eine Menge von Städten zu finden, wobei der Reisende jede Stadt genau einmal besucht und zum Ausgangspunkt zurückkehrt. Mathematisch exakt lässt sich dieses Problem nicht behandeln, sondern man kann nur eine Lösung finden, die möglichst gut ist. Für eine solche Aufgabe steigen die Rechenzeiten auf einem herkömmlichen Computer mit der Anzahl der einzubeziehenden Städte explosionsartig an.

„Wir haben ein spezielles nicht handhabbares mathematisches Problem daraufhin untersucht, wie effektiv es sich mit einem adiabatischen Quantencomputer behandeln lässt“, sagt Neuhaus. Da die Jülicher Theoretiker keinen D-Wave-Quantencomputer zur Verfügung haben, simulieren sie die Abläufe extrem zeitaufwendig auf den Jülicher Supercomputern. Dabei sind sie zu einer spektakulären, gleichwohl eher ernüchternden Erkenntnis gelangt: Das untersuchte Problem bleibt auf einem Quantencomputer genauso nicht handhabbar wie auf jedem anderen Rechner. „Unsere Forschung soll auch künftig dabei helfen, die Nützlichkeit von Quantencomputern realistischer zu bewerten“, sagt Neuhaus.

Grundsätzlich ist der Jülicher Physiker davon überzeugt, dass der adiabatische Quantencomputer eine Zukunft hat. Sollte es D-Wave gelingen, die Zahl der Qubits in seinem Quantencomputer auf 512 zu erhöhen, könnte dieser die Leistungsfähigkeit eines heutigen Supercomputers bereits übertreffen. „Und dabei verbraucht er nur rund ein Tausendstel so viel Energie wie ein konventioneller Superrechner“, betont Neuhaus. ::

Der Weg zum Ziel

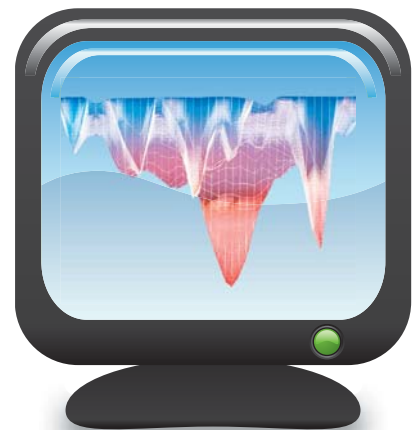
Der Standard-PC

löst mit mehreren Vorgängen, bei denen Bits zwischen 0 und 1 umgeschaltet werden, einen einzigen Rechenschritt.



Der Quantencomputer

kann prinzipiell mit jedem Schaltvorgang sehr viele Rechenschritte (Qubit-Drehungen) auf einmal ausführen.



Der adiabatische Quantencomputer

ermittelt den tiefsten Punkt einer Energiefunktion, die das zu lösende Problem beschreibt. Dieser Funktion nähert er sich – ausgehend von einem vereinfachten Problem – schrittweise an.

Handlungsreisender im Quantencomputer

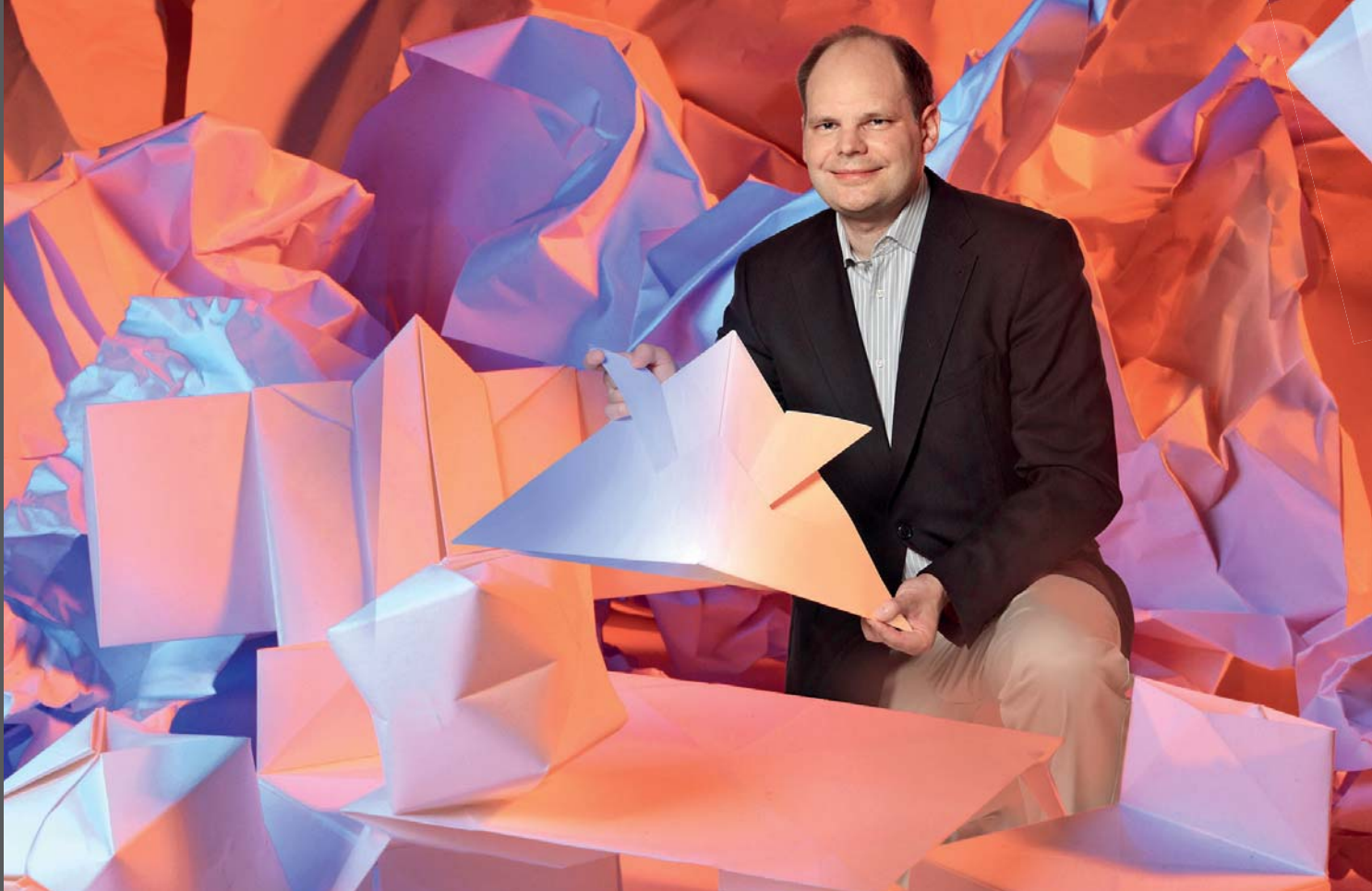
Der Nutzer eines adiabatischen Quantencomputers würde das Problem des Handlungsreisenden (siehe Artikel) zunächst stark vereinfachen, indem er zum Beispiel alle Städte auf einem Kreis anordnet. Dieses vereinfachte Problem formuliert er dann mathematisch mit Hilfe einer Hamilton-Funktion, benannt nach dem irischen Mathematiker und Physiker William Rowan Hamilton (1805–1865). Sie beschreibt den Energiezustand eines quantenmechanischen Systems. Die bekannte Lösung des vereinfachten Handlungsreisenden-Problems entspricht dem

Energieminimum eines solchen quantenmechanischen Systems, das die zentrale Komponente des Quantencomputers ist.

Soll der adiabatische Quantencomputer nun das Problem des Handlungsreisenden für eine reale Städte-Anordnung lösen, so muss die ursprüngliche Hamilton-Funktion solange in kontrollierten Schritten verändert werden, bis diese das Problem beschreibt. Aufgrund eines Naturgesetzes befindet sich das quantenmechanische System bei jedem der Schritte immer im jeweils niedrigsten Energiezustand. Kommt das System bei

der Hamilton-Funktion an, die das reale Handlungsreisenden-Problem beschreibt, so ist die Lösung gefunden: Es ist das Energieminimum des erreichten quantenmechanischen Zustands.

Auch der adiabatische Quantencomputer kann Probleme nicht ohne wirklichen Aufwand lösen. Auf dem Weg zur realen Städteanordnung trifft der Computer auf einen Quantenphasenübergang, an dem er viele kleine Schritte durchführen muss, um im Energieminimum zu verbleiben.



Falsche Faltung – fatale Folgen

Auf die richtige Form kommt es an, wenn ein Protein seine Funktion erfüllen soll. Ist es nicht korrekt gefaltet, können die Moleküle verklumpen und die Zellen zum Absterben bringen. Das geschieht beispielsweise bei verschiedenen Erkrankungen des Gehirns, wie Alzheimer oder Parkinson. Einen entscheidenden Schritt am Beginn dieses Prozesses hat ein internationales Forscherteam um Dr. Philipp Neudecker vom Forschungszentrum Jülich und der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf mit bisher unerreichter Genauigkeit beobachtet, berichtete die renommierte Fachzeitschrift „Science“ im April 2012.

Wie Perlen auf einer Schnur reiht sich Aminosäure an Aminosäure, wenn ein neues Eiweiß – ein Protein – gebildet wird. Doch sofort knäuelnd und faltet sich die Kette aus Proteinbausteinen zu einem dreidimensio-

nen Gebilde. Sekundenschnell entsteht so aus dem Aminosäure-Strang ein Enzym, ein Muskeleiweiß, ein Antikörper oder eines der vielen anderen Proteine, die in unserem Körper eine Vielzahl von Aufgaben erfüllen.

Bei der Faltung eines Moleküls, das für die Signalübertragung in der Zelle benötigt wird, gibt es kurzlebige Zwischenstadien, aus denen einerseits das korrekt geformte Protein hervorgehen kann, andererseits aber gelegentlich eine feh-



lerhafte Variante, die dazu neigt, sich mit anderen zu verbinden. Ist dieser verhängnisvolle Vorgang einmal angestoßen, heften sich an das zunächst winzige Aggregat immer mehr Proteinmoleküle. So bilden sich lange Fäden – die gefürchteten Amyloid-Fibrillen. Wenn sie nicht durch „Aufräumkommandos“ der Zelle abgebaut werden, reichern sie sich an und die Zellen gehen daran zugrunde. An ihrer Stelle finden sich im Hirn die verklumpten Fibrillen, die bei Alzheimer, Parkinson und Creutzfeld-Jakob im Mikroskop als Amyloid-Plaques zu erkennen sind.

Philipp Neudecker vom Institute of Complex Systems (ICS) analysierte das Zwischenstadium bei der Proteinfaltung, das am Scheideweg steht zwischen dem funktionierenden Protein und den gefährlichen Fibrillen. „Dieses Stadium ist notwendig, damit sich das Protein in weniger als einer Sekunde richtig falten kann“, erklärt er. „Doch ist das eine Gratwanderung, weil dieses Stadium eben auch die Bildung von Fibrillen auslösen kann.“ Es existiert nur für extrem kurze Zeit, nämlich für wenige tausendstel Sekunden. Den „Wackelkandidaten“ in diesem winzigen Augenblick genau zu beobachten und den Faltungsprozess im Detail zu analysieren, gelang seinem Team mit Hilfe der Kernspinresonanz-Spektroskopie. Dieses Verfahren, auch kurz NMR (für englisch „Nuclear Magnetic Resonance“) genannt, zeigt in atomarer Auflösung die exakte räumliche Struktur des kurzlebigen und instabilen Zwischenstadiums.

MEHR FEHLER IM ALTER

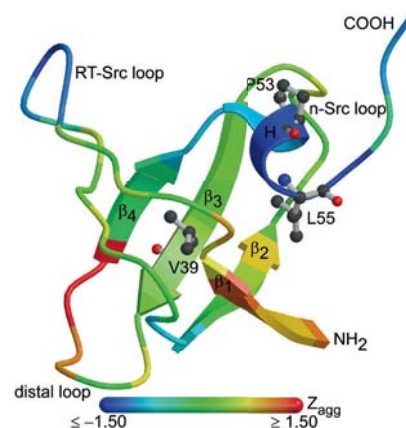
In seinen Experimenten, die er im Wesentlichen an der Universität Toronto durchführte, stellte Neudecker fest: Entscheidend ist die Anordnung der letzten vier Aminosäuren in dem aus 59 Bausteinen bestehenden Molekül. Normalerweise bildet dieses Ende einen Strang, der sich annähernd parallel neben die ersten

Bausteine des Moleküls legt. Diese Anordnung verhindert, dass sich weitere Proteine anheften. Bei dem Zwischenstadium ist aber gerade dieser schützende letzte Abschnitt des Moleküls noch nicht gefaltet. Der offen daliegende Anfang des Proteins ist für weitere Proteinmoleküle zugänglich und es können sich spontan Fibrillen bilden.

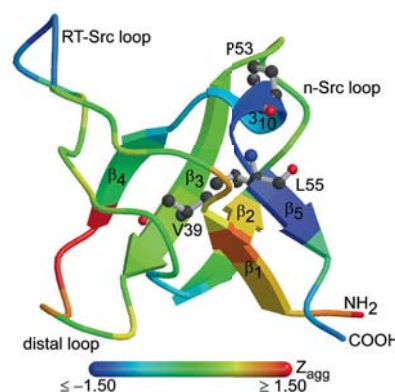
Woran es im Einzelfall liegt, dass die Gratwanderung zum Absturz führt, ist nicht immer klar. „Die Bildung der ersten Aggregate – die sogenannten Nukleation – ist ein recht seltenes Ereignis“, berichtet Neudecker. „Es kann natürlich nur eintreten, wenn sich mehrere solcher Moleküle treffen, und ist daher extrem abhängig von der Konzentration der zur Aggregation neigenden Proteinvariante.“ Mit zunehmendem Lebensalter aber steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich fehlgefaltete Proteine ansammeln. Auch nimmt man an, dass die Reparaturmechanismen, die die Protein-Moleküle doch noch richtig in Form bringen oder aber zügig abbauen, im Alter weniger effektiv arbeiten. „Auch Umwelteinflüsse, wie natürliche oder künstliche Chemikalien, stehen als Mittäter im Verdacht, das Entstehen von Amyloid-Fibrillen zu begünstigen, ebenso wie genetische Defekte“, erläutert Neudecker.

HOFFNUNG AUF THERAPIE

„Wir betreiben zwar Grundlagenforschung“, betont der Forscher, der im Frühjahr letzten Jahres von Toronto nach Jülich wechselte. Doch erwarte er von den Ergebnissen großen Nutzen, beispielsweise für die Diagnose und Therapie der Alzheimer-Erkrankung. „Es gibt eine fast schon erschreckende Unkenntnis der grundlegenden Mechanismen im entscheidenden Anfangsstadium der Erkrankung – ein großes Hindernis bei der Entwicklung von Medikamenten.“ Von rund 200 potenziellen Wirkstoffen gegen



Bei der Faltung eines Proteinmoleküls tritt dieses Zwischenstadium auf, das unter ungünstigen Umständen zur Verklumpung neigt.



Hier im Vergleich dazu das korrekt gefaltete Molekül.

Alzheimer, die bisher klinische Tests durchliefen, habe es noch kein einziger zum Medikament geschafft, wurde kürzlich auf einer Alzheimer-Fachtagung in Paris berichtet. „Wenn wir die Mechanismen analysieren, die am Beginn solcher Erkrankungen stehen, können wir dazu beitragen, dass sich diese Bilanz verbessert“, hofft Philipp Neudecker. ::

Quelle

P. Neudecker, P. Robustelli, A. Cavalli, P. Walsh, P. Lundström, A. Zarrine-Afsar, S. Sharpe, M. Vendruscolo & L. E. Kay: Structure of an Intermediate State in Protein Folding and Aggregation, *Science*, Bd. 336, S. 362, 2012.



Materialien mit mehr Thermo-Power

Im Auto und in vielen industriellen Produktionsprozessen verpufft eine Menge Energie als Wärme. Mit thermoelektrischen Materialien könnte die Abwärme genutzt und so weniger Energie vergeudet werden.

Dr. Raphaël Hermann und seine Helmholtz-Nachwuchsgruppe erforschen, wie sich diese Werkstoffe verbessern lassen.



Der Belgier Raphaël Hermann freut sich: „Gerade sind wir begutachtet worden – mit exzellentem Resultat. Damit steht fest, dass ich weiter in Jülich forschen kann.“ Mit „wir“ ist die Helmholtz-Nachwuchsgruppe gemeint, die Hermann seit 2008 aufgebaut hat und die er leitet. Die Helmholtz-Gemeinschaft unterstützt in ihrem Nachwuchsgruppen-Programm die frühe wissenschaftliche Selbstständigkeit junger Forscher und – so formuliert sie es selbst – „bietet ihnen eine verlässliche Karriereperspektive“. Gemeint ist hauptsächlich eine unbefristete Anstellung, der nun bei Hermann nach dem Ergebnis der aktuellen Begutachtung nichts mehr im Wege steht.

Zu Hermanns Forschungsobjekten gehören Materialien, aus denen man Thermogeneratoren (TEG) bauen kann. TEG erzeugen aus Temperaturunterschieden Strom. Daher könnten sie künftig helfen, unter anderem die Abwärme zu nutzen, die bislang bei Autos mit Benzin- oder Dieselmotor verloren geht. Autokonzerne rechnen damit, dass sich auf diese Weise der Spritverbrauch um mindestens fünf Prozent verringern lässt, was auch die Kohlendioxid-Emissionen drückt. In vielen industriellen Prozessen oder in Blockheizkraftwerken wird ebenfalls überschüssige Wärme frei. Dass TEG aktuell hier wie auch im Auto noch nicht im Einsatz sind, hat einen Grund: Bislang wandeln sie nur einen geringen Teil der Ab-

wärme in Strom um. Fachleute sprechen von einem zu niedrigen Wirkungsgrad, der selbst bei starken Temperaturunterschieden zwischen der warmen und der kalten Seite der TEG üblicherweise weniger als zehn Prozent beträgt.

DAS ZIEL: HÖHERER WIRKUNGSGRAD

Um diesen Wirkungsgrad zu verbessern, benötigt man Materialien, die elektrischen Strom gut leiten, Wärme dagegen schlecht. Meist sind aber gute Stromleiter ebenso gute Wärmeleiter, weil beide Eigenschaften durch die Beweglichkeit der Elektronen beeinflusst werden. „Doch es gibt neben der Wärmeleitfähigkeit durch elektrische Ladungsträger auch noch die Wärmeleitfä-



Dr. Raphaël Hermann (links) und seine Jülicher Helmholtz-Nachwuchsgruppe.



Vakuumsaugnapf mit einer Probe für Gitterschwingungsmessungen.

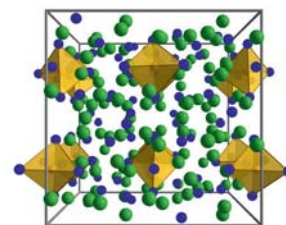
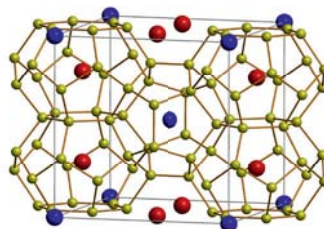


Automobilhersteller testen thermoelektrische Generatoren, die in den Abgasstrang eingebaut werden, um Abwärme in Strom für die Bordelektronik umzuwandeln.

higkeit aufgrund von Gitterschwingungen. Indem man diesen Anteil reduziert, kommt man zu effizienteren Thermo-elektrika“, sagt Hermann, der an der Universität Lüttich als Gastprofessor Vorlesungen hält.

Die experimentelle Untersuchung der Gitterschwingungen und der Mechanismen des Wärmetransports ist sein Spezialgebiet, wie schon der Name seiner Jülicher Helmholtz-Nachwuchsgruppe deutlich macht: „Lattice dynamics in emerging functional materials“ (Gitterdynamik in aufkommenden Funktionsmaterialien). Tatsächlich erforscht seine Gruppe, zu der momentan zwei Doktorandinnen, drei Doktoranden und ein Postdoc gehören, nicht ausschließlich Thermoelektrika, sondern beispielsweise auch phasenwechselnde Materialien, die für optische Datenspeicher bedeutsam sind.

In den Jülicher Laboren des Jülich Centre of Neutron Science (JCNS) messen die Wissenschaftler die elastischen Konstanten und andere äußere – Fachsprache: makroskopische – Materialeigenschaften, die mit den Gitterbewegungen zusammenhängen. Um einen mikroskopischen Blick auf die Gitterschwingungen werfen zu können, benötigen sie Zugang zu Großgeräten an internationalen Forschungseinrichtungen. So nutzen sie regelmäßig die Messeinrichtungen des JCNS am Forschungsreaktor FRM-2 in Garching oder am Institute Laue-Langevin in Grenoble, Frankreich. Darüber hinaus untersuchen sie die Materialien beispielsweise an der European



Zwei thermoelektrische Materialien und ihr atomarer Aufbau: $\text{Sr}_8\text{Ga}_{16}\text{Ge}_{30}$ (links) und $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$ (rechts).

Synchrotron Radiation Facility, ebenfalls Grenoble, und an der Photonenquelle des Argonne National Laboratory in den USA.

ROLLE DER GITTERSCHWINGUNGEN

Zum mikroskopischen Bild der Gitterschwingungen gehört, dass ihre Energie „quantisiert“ ist, also immer nur in bestimmten Portionen auftreten kann. Quantisierte Gitterschwingungen heißen Phononen – ähnlich wie Photonen die Energiequanten des Lichts sind. Drei Faktoren bestimmen den Wärmetransport der Phononen: Geschwindigkeit, freie Weglänge und Wärmekapazität. „Das ist wie beim Gütertransport über Fernstraßen: Es wird umso mehr transportiert, je schneller der Lkw fährt, je weniger er im Stau steht und je größer sein Laderaum ist“, erläutert Hermann.

Die Forscher konnten bei thermoelektrischen Materialien mit chemischen Formeln wie $\text{Yb}_{14}\text{MnSb}_{11}$, FeSb_3 und $\text{Sr}_8\text{Ga}_{16}\text{Ge}_{30}$ ermitteln, welcher der

Faktoren die Wärmeleitfähigkeit der Phononen jeweils entscheidend begrenzt. Für ihre Dissertation dazu erhielt Hermanns Doktorandin Anne Möchel, die inzwischen Anne Houben heißt und am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik arbeitet, 2011 den Nachwuchspreis der Deutschen Thermoelektrik-Gesellschaft (DTG). „Sie leistete einen wesentlichen Schritt zu einem besseren Verständnis des thermischen Transports“, heißt es in der Pressemitteilung der DTG. Hermann ist sich sicher: „Dieses Verständnis des Wärmetransports ist für die Suche nach thermoelektrischen Materialien mit höherem Wirkungsgrad wesentlich.“ Und er sagt, dass Jülich ideale Voraussetzungen bietet, um mit seiner Forschung auch künftig erfolgreich zu sein. Davon scheinen auch Deutsche Forschungsgemeinschaft und Bundesforschungsministerium überzeugt. Mit ihren Fördergeldern konnte Hermann inzwischen seinen Forschungsetat aus dem Helmholtz-Programm erheblich erhöhen. ::

Kartoffeln im Kernspin

Lauch, Kartoffeln, Zwiebeln – das klingt nach Zutaten für ein würziges Süppchen oder einen deftigen Eintopf. Die Jülicher Pflanzenforscher vom Institut für Bio- und Geowissenschaften haben aber anderes im Sinn, als das Gemüse zu würfeln oder in Scheiben zu schneiden. Im Gegenteil: Ohne die Pflanzen zu zerstören, wollen sie verstehen, was in deren Inneren geschieht, und zwar während die Pflanzen wachsen.

Das gelingt mit Methoden, die man eher der Medizintechnik zuordnet: der Kernspintomografie (MRT) und der Positronenemissionstomografie (PET). MRT – in der Medizin genutzt, um verschiedene Gewebetypen sichtbar zu machen – zeigt auch bei Pflanzen die innere Struktur und erlaubt sogar einen genauen Blick auf das unterirdische Wachstum der Wurzeln. PET gibt Auskunft über den

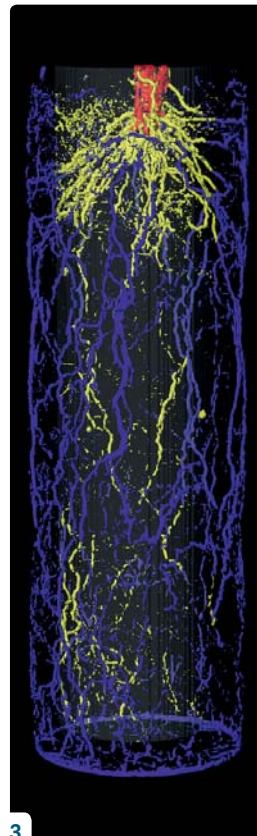
Transport von Fotosyntheseprodukten in der Pflanze. Vor drei Jahren führten Jülicher Forscher die weltweit erste Kombimessung mit MRT und PET in der Pflanzenforschung durch. Damit lassen sich nun Stoffwechselvorgänge eindeutig bestimmten Gewebeteilen in der Pflanze zuordnen. So zeigen MRT/PET-Messungen etwa, wo genau Pflanzen Kohlenstoff einbauen und wie sich das in unterschiedlichen Bodentypen oder bei wechselnden Klimabedingungen ändert. Ein Ziel ist unter anderem, Pflanzen als Wertstofflieferanten effizienter zu nutzen. Hierzu ist es notwendig, deren Eigenschaften besser zu verstehen, um zum Beispiel Pflanzen zu selektieren, die auch bei Trockenheit gute Erträge liefern oder mit weniger Nährstoffen (Dünger) auskommen.



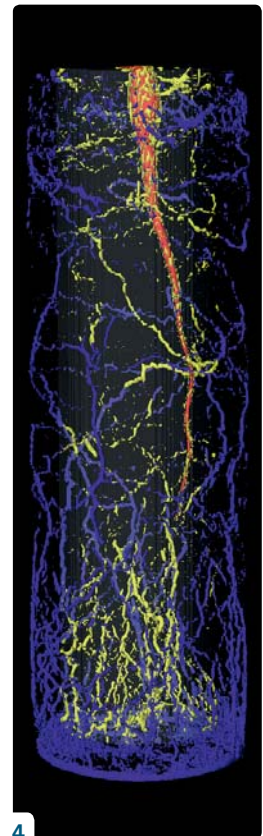
1



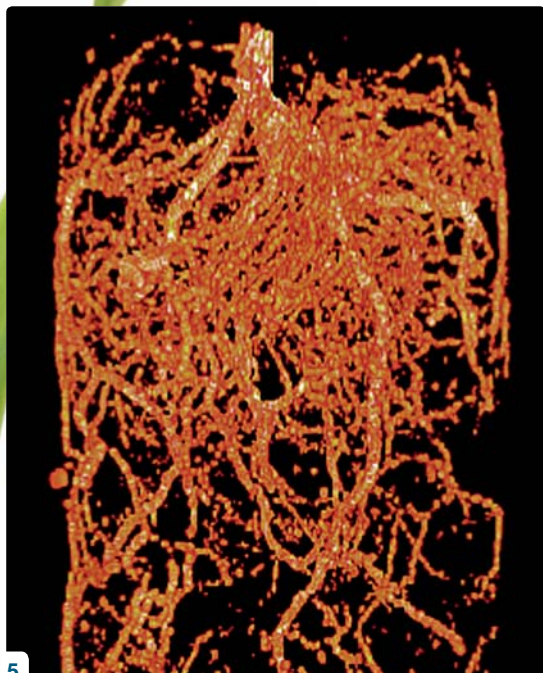
2



3



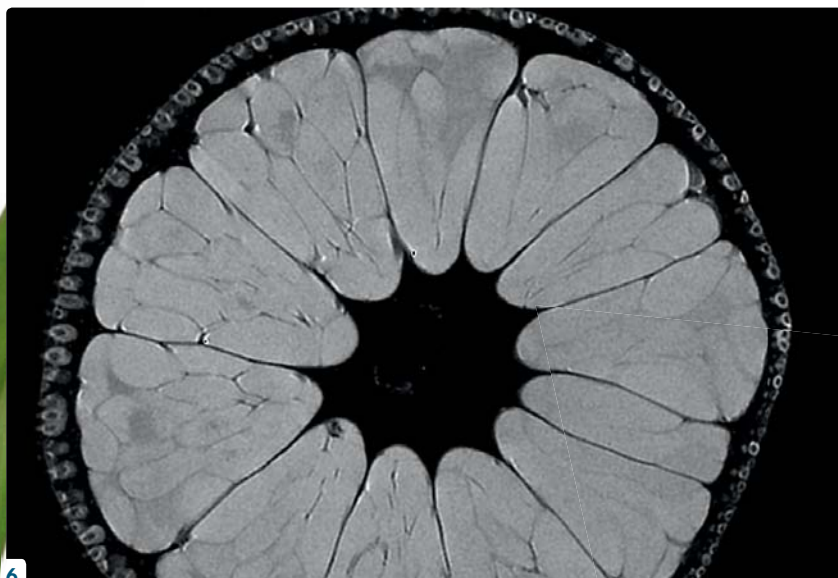
4



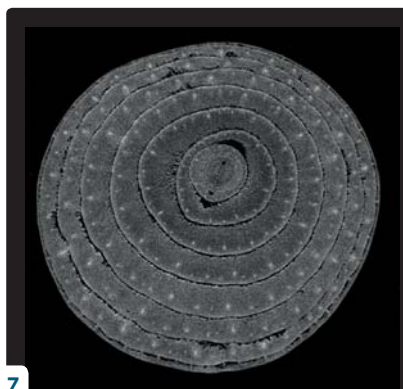
5

Filigrane Gewebe

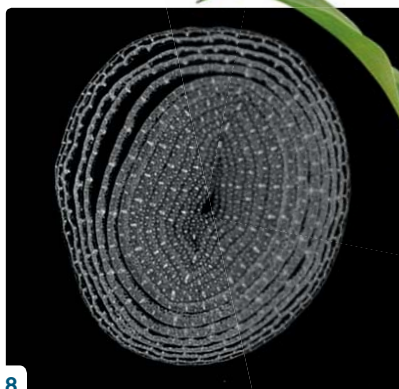
- 1 Wurzeln einer Maispflanze
- 2 Kartoffel
- 3 Gerstenwurzeln
- 4 Wurzeln einer Zuckerrübe
- 5 Maiswurzeln
- 6 Mandarine
- 7 Zwiebel
- 8 Lauch



6



7



8

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, Erhard Zeiss, Dr. Anne Rother (V.i.S.d.P.) **Autoren:** Dr. Frank Frick, Hanna Metzen, Dr. Wiebke Rögener-Schwarz, Dr. Barbara Schunk, Brigitte Stahl-Busse **Grafik und Layout:** SeitenPlan GmbH, Corporate Publishing, Dortmund **Bildnachweis:** BMW AG (20/21 o.), Ekkehart Bussenius (3 r.), Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT (11 u. l.), Forschungszentrum Jülich (2, 3 l., 3 m., 4 u., 5 r., 6 m., 10 m., 11 u. r., 12 u., 13, 14/15, 15, 16, 18, 20 l.u., 20 r.u., 19 r. o., 21 o. r., 19 r. m., 22/23), Imeleca (Leonid Meleca)/Shutterstock.com (1 Hintergrund), Ingram Publishing/Thinkstock.com (12 o.), Felix Kästle/Forschungszentrum Jülich (1 Zeppelin, 6/7, 8, 10 u.), M. Menzel, Universität Hamburg/Universität Kiel/Forschungszentrum Jülich (5 l.), Stockbyte/Thinkstock.com (4 o.) **Kontakt:** Geschäftsbereich Unternehmenskommunikation | Tel.: 02461 61-4661 | Fax: 02461 61-4666 | E-Mail: info@fz-juelich.de **Druck:** Schloemer Gruppe GmbH **Auflage:** 4 000



Mitglied der:

