effzett

DAS MAGAZIN AUS DEM FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH

1-17

Das dauert.

Warum Wissenschaft Zeit braucht, um zu gelingen

NEU

effzett.fz-juelich.de

Jetzt die effzett als Online-Magazin lesen!

VIEL DRIN
Nitrat belastet Grundwasser

GLATT DURCH
So rutschen Blutkörperchen durch unsere Adern

SCHNELL RAUS
Wenn's in der U-Bahn brennt

↑

In die Wüste geschickt

Sand, kahle Hügel, Steine – die Atacama-Wüste in Chile ist eines der trockensten Gebiete der Welt. Mitten in dieser Einöde haben Jülicher Wissenschaftler ihre Messgeräte aufgebaut. Sie wollen herausfinden, wie sich die Böden in Chile zusammensetzen, denn das ist bisher kaum bekannt. Igor Dal Bo (sitzend), Doktorand am Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-3), misst dazu die elektrischen Ströme im Untergrund. Das erlaubt Rückschlüsse auf die verschiedenen Gesteinsschichten in mehreren Metern Tiefe. Zusätzlich nehmen die Forscher Bodenproben. Die Arbeiten sind Teil des deutsch-chilenischen Projekts „EarthShape“.

NACHRICHTEN

5

TITELTHEMA

Lob der Langsamkeit

Wissenschaft braucht Zeit. Ob Klimaforschung oder Medizin, die Geschwindigkeit hängt von vielen Faktoren ab.

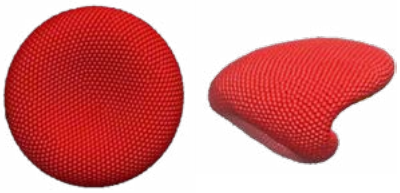
8

FORSCHUNG

Zwei Seelen wohnen, ach! in seiner Brust

Bernd Mohr zwischen großer Bühne und stillem Kämmerlein

15



Immer gut in Form

Wenn es eng wird, verbiegen sich rote Blutkörperchen einfach.

16

Wie schwer ist das Axion?

Rätsel im All – auf der Suche nach einem Elementarteilchen

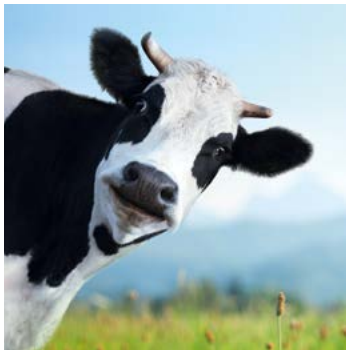
19

Abstieg in die Unterwelt

Besserer Brandschutz in U-Bahnhöfen

20

Mist gemacht



Wo Nitrat unser Grundwasser belastet.

24

Geschmacksache

Paolo Carloni untersucht, wie Bitterstoffe im Körper wirken.

28

RUBRIKEN

Aus der Redaktion
4

Impressum
4

Woran forschen Sie gerade?
23

2,2 plus
30

Gefällt uns
31

Forschung in einem Tweet
32

30 Sekunden …

etwa so lange brauchen Sie, um dieses Editorial zu lesen. In dieser Zeit könnten Sie sich einmal gründlich die Hände waschen, einen Einkauf mit der EC-Karte bezahlen oder mit einem getunten Porsche 911 von 0 auf 300 km/h beschleunigen.

In der Forschung kann es dagegen schon mal länger dauern, mitunter Jahrzehnte. So konnten Wissenschaftler erst 2012 das berühmte Higgs-Teilchen nachweisen – fast 50 Jahre, nachdem seine Existenz vorhergesagt worden war. Einer der Gründe für die lange Wartezeit: Es fehlte die passende Messtechnik, denn das Teilchen zerfällt nach gerade mal 10^{-22} Sekunden. Naturprozesse können aber nicht nur superschnell, sondern auch sehr gemächlich ablaufen. Das verlangsamt ebenfalls den Erkenntnisgewinn. Mehr Zeit braucht es auch, wenn Forscher jahrelang Daten sammeln müssen, um sich überhaupt ein Bild machen zu können. Forschen mit Hochdruck erfordert also manchmal Geduld und Ausdauer, wie die Beispiele Klimaforschung und Medizin in unserer Titelgeschichte zeigen.

Wenn Sie ein bisschen Muße haben, dann lesen Sie doch – neben unserer Titelgeschichte –, wie Jülicher Forscher helfen, U-Bahnhöfe bei Bränden zu evakuieren (Lesedauer etwa 1,5 Minuten), wie der Körper Staus in Blutbahnen vermeidet (Lesedauer etwa 1,5 Minuten) und was unser Grundwasser belastet (Lesedauer etwa 2,5 Minuten).

Wir wünschen Ihnen viele informative Minuten mit dieser Ausgabe

Ihre effzett-Redaktion

↑ **Die effzett können Sie jetzt auf allen Endgeräten lesen – vom Smartphone bis zum PC. Statt wie bisher App-Download nun einfach online aufrufen: effzett.fz-juelich.de**

Impressum

effzett Magazin des Forschungszentrums Jülich, ISSN 1433-7371

Herausgeber: Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich

Konzeption und Redaktion: Annette Stettien, Dr. Barbara Schunk, Christian Hohlfeld, Dr. Anne Rother (V.i.S.d.P.)

Autoren: Marcel Bülow, Dr. Frank Frick, Christian Hohlfeld, Dr. Jens Kube, Katja Lüers, Dr. Regine Panknin, Dr. Barbara Schunk, Seitenplan, Brigitte Stahl-Busse, Jochen Steiner, Dr. Janine van Ackeren, Angela Wenzik, Erhard Zeiss, Peter Zekert

Grafik und Layout: SeitenPlan GmbH, Corporate Publishing Dortmund

Bildnachweis: Forschungszentrum Jülich (3 Mitte o., 5 u. und 16 o. (Blutkörperchen), 13 u., 22 re. u., 26 u.); Forschungszentrum Jülich/Lukas Arnold (22 li. u.); Forschungszentrum Jülich/Anja Klotzsche (2); Forschungszentrum Jülich/Sascha Kreklau (23, 28); Forschungszentrum Jülich/Ralf-Uwe Limbach (18 o., 22 o., 26 o., 27 u., 32); Forschungszentrum Jülich/Regine Panknin (5 o.); Ralf Eisenbach (3 Mitte u., 20-21); Niels Fischer/Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie, Bearbeitung: Seitenplan (6 u.); Förderverein John-Cage-Orgel-Kunst-Projekt e. V. (11) Lufthansa Bildarchiv (12 o.); SC16 Conference, Jo Ramsey (3 li. u., 15); Wolfram Scheible (14 re.); Screenshot WDR: Evolution in 24 Stunden, Planet Wissen, 01.03.2017, http://www.planet-wissen.de/video-evolution-in–stunden-100.html (31); University_of_Queensland_Pitch_drop_experiment.jpg: John Mainstone, derivative work: Amada44 (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:University_of_Queensland_Pitch_drop_experiment-white_bg.jpg), „University of Queensland Pitch drop experiment-white bg“, https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode (10 u.); im Folgenden alle von Shutterstock.com: Aphelleon (19); Bildagentur Zoonar GmbH (25 o.); Suttha Burawonk (6 o.); colores (30); goir (4 (Handy)); Happy Artk (29); iurii (14 li.); Dudarev Mikhail (3 re., 24-27 (Hintergrundbild)); Christian Mueller (27 li. o.); Mopic (10 o.); MPanchenko (27 re. o.); Eric Isselee (12 li. u.); Romanova Natali (7 re.); Viorel Sima (12 re. u.); somersault1824 (16-17); SuriyaPhoto (4 (Laptop)); Tyler W. Stipp (13 o.); Teun van den Dries (7 li.); YAKPHOTO (1, 3 li. o., 9)

Kontakt: Geschäftsbereich Unternehmenskommunikation, Tel.: 02461 61-46 61, Fax: 02461 61-4666, E-Mail: info@fz-juelich.de

Druck: Schloemer Gruppe GmbH

Auflage: 6.000

MIX Papier aus verantwortungsvollen Quellen FSC® C022878

Print kompensiert

grün gedruckt.de®

BIOLOGIE

Drinnen und draußen

Pflanzen entwickeln sich in Gewächshäusern oder Klimakammern oft ganz anders als auf dem Acker. Sie wachsen schneller, haben aber dünnere Blätter. Wie die unterschiedlichen Bedingungen – etwa Licht und Temperatur – das Wachstum beeinflussen, haben Forscher aus Jülich, Oldenburg und den Niederlanden zusammengefasst. Dieses Wissen ist wichtig, um Ergebnisse aus solchen Versuchsanlagen ins Freiland zu übertragen.

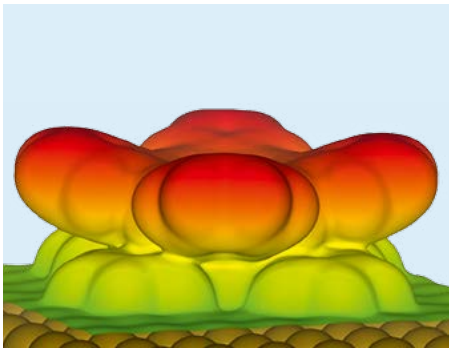
– INSTITUT FÜR BIO- UND GEOWISSENSCHAFTEN –

MATERIALFORSCHUNG

Mikroskopische Magnete

Bislang galt sie als unbrauchbar: die Kombination von organischen Stoffen und Seltenen Erden, einer speziellen Gruppe von Metallen. Jülicher Forscher haben aber nun gemeinsam mit Kollegen aus Stuttgart und Großbritannien festgestellt, dass sich bei dieser Kombination unter speziellen Bedingungen die Elektronenanordnung der Metallatome beeinflussen lässt – und damit auch ihre magnetischen Eigenschaften. Genau davon hängt es ab, ob sich ein Metall für molekulare Magnete eignet. Diese winzigen Magnete aus Metallatomen und organischen Molekülen gelten als aussichtsreiche Kandidaten für Bits in künftigen Quantencomputern.

– PETER GRÜNBERG INSTITUT –



Künstliche Knochenheilung

Biomaterial könnte künftig helfen, schwere Knochenverletzungen zu heilen. Eines davon ist „ArcGel“, ein am Helmholtz-Zentrum Geesthacht entwickeltes neuartiges Polymer. Jülicher Forscher konnten zeigen, dass es kommerziellen Materialien überlegen ist und Verletzungen vergleichbar gut heilen wie mit körpereigenem Knochenmaterial. Letzteres wird bislang bei schweren Knochenverletzungen eingebracht. Es muss dafür an einer anderen Stelle im Körper entnommen werden, was ein zusätzliches Operationsrisiko für den Patienten birgt.

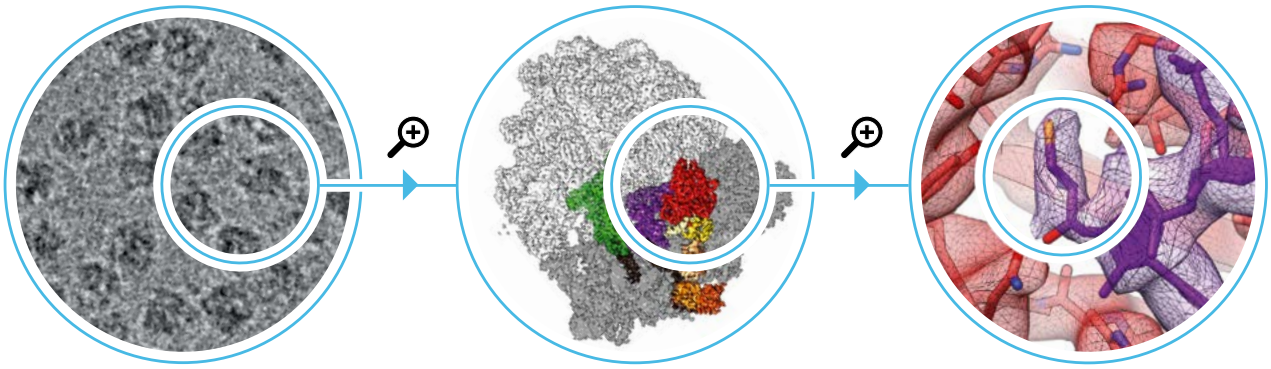
– INSTITUT FÜR NEUROWISSENSCHAFTEN UND MEDIZIN –

BIOCHEMIE

Bauen auf Signal

In allen lebenden Zellen finden sich Ribosomen – komplexe molekulare Maschinen, die Proteine herstellen. Jülicher und Göttinger Forscher konnten erstmals zeigen, wie es den Ribosomen gelingt, die Proteine korrekt zusammenzubauen, also einzelne Aminosäuren in einer genetisch genau vorgeschriebenen Reihenfolge zu verbinden. Die Wissenschaftler wiesen mit atomarer Genauigkeit nach, wie die dazu notwendigen Signale im Ribosom weitergeleitet werden.

– INSTITUTE OF COMPLEX SYSTEMS –



P2X

… oder Power-to-X nennt sich eines der insgesamt vier „Kopernikus-Projekte für die Energiewende“. Dabei geht es um die Speicherung und Nutzung von elektrischer Energie aus erneuerbaren Energiequellen, etwa durch Umwandlung in chemische Energieträger, flüssige Kraftstoffe oder Basischemikalien für die chemische Industrie. Das Großprojekt bringt Wissenschaft, Industrie, Energieversorger und Bürgervereine zusammen, um innerhalb von zehn Jahren Speicherlösungen zu finden, die sich im großen Maßstab umsetzen lassen.

Projekt-Video: effzett.fz-juelich.de/1-17/p2x/

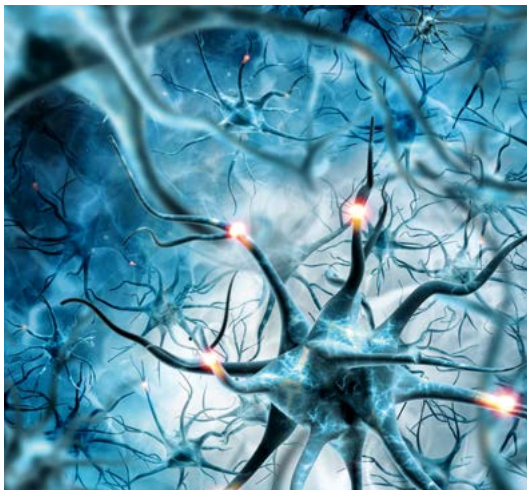
– INSTITUT FÜR ENERGIE- UND KLIMAFORSCHUNG –

MEDIZIN

Funktion verloren

Eiweiß-Verklumpungen im Gehirn gelten als entscheidender Auslöser für die Alzheimer-Krankheit. Jülicher und Düsseldorfer Wissenschaftler haben herausgefunden, dass nicht nur Verklumpungen des Proteins Beta-Amyloid problematisch sind. Das Protein verliert dabei außerdem die Fähigkeit, an einen wichtigen Bestandteil der Nervenzellmembran zu binden. Dieser Bestandteil ist in viele neuronale Prozesse involviert. Die Forscher wollen nun untersuchen, ob der Verlust dieser Fähigkeit ebenfalls den Krankheitsverlauf beeinflusst.

– INSTITUTE OF COMPLEX SYSTEMS –



ERC-GRANT VERLIEHEN

Der Jülicher Forscher Dr. Wolfgang Hoyer hat einen Consolidator Grant des Europäischen Forschungsrates (ERC) erhalten. In seinem Projekt BETACONTROL entwickelt er spezielle Moleküle gegen Volkskrankheiten wie Alzheimer, Parkinson und Diabetes mellitus Typ 2. Dafür stellt ihm der ERC in den nächsten fünf Jahren rund zwei Millionen Euro zur Verfügung.

FORSCHUNGSDATEN SPEICHERN

Mit der neuen Helmholtz Data Federation entsteht eine international vernetzte Infrastruktur für Forschungsdaten. Sie erlaubt es, wissenschaftliche Daten langfristig zu speichern und sie Forschung und Gesellschaft zugänglich zu machen. Bislang gehören sechs Forschungszentren zur Plattform. Jülich unterstützt zunächst Projekte der Hirn- und Pflanzenforschung.

MILLIONEN FÜR QUBITS

Das neue Projekt „Scalable Solid State Quantum Computing“ will neue Systeme für künftige Quantencomputer entwickeln. Sie sollen über mehrere Hundert Informationseinheiten – sogenannte Qubits – verfügen. Bisherige Ansätze gehen von Systemen mit maximal zehn Qubits aus. Die Helmholtz-Gemeinschaft fördert das Vorhaben mit sechs Millionen Euro.

Lob der Langsamkeit

„Gut Ding will Weile haben“, mahnt der Volksmund. Dessen ungeachtet erwartet die Gesellschaft oft rasenden Fortschritt von der Wissenschaft. Doch Forschung braucht Zeit – etwa wenn es um das Klima, die Gesundheit oder einfach nur ums Pech geht. Aber damit ist sie auf der Welt nicht alleine, wie eine Vielzahl anderer Beispiele zeigt …

Der erste Tropfen fällt nach acht Jahren Wartezeit im Dezember 1938, kurz vor dem Zweiten Weltkrieg. Als der zweite Tropfen 1947 aus einem Trichter in ein Becherglas darunter fällt, ist der verheerende Krieg vorbei. So langsam fließt die äußerst zähe Pechmasse im Versuchsaufbau von Thomas Parnell. Der Versuch gilt als Paradebeispiel für Langzeitexperimente – und läuft heute immer noch. Neun Tropfen sind bislang gefallen.

Pech wird aus Kohle und harzhaltigen Hölzern gewonnen. Im Mittelalter benutzten die Menschen warmes, weiches Pech, um damit Schiffe oder Fässer abzudichten und Fackeln herzustellen. Abgekühlt lässt sich der schwarze Stoff mit einem Hammer wie eine Keramik zerschlagen. Dennoch ist Pech nicht fest, sondern verhält sich bei Raumtemperatur wie eine Flüssigkeit. Genau das will Thomas Parnell, Physik-Professor an der Universität von Queensland in Brisbane, Australien, mit seinem Experiment beweisen. Daher füllt er 1927 in einen Trichter heißes Pech, das er anschließend drei Jahre abkühlen lässt. Dann öffnet er den Trichter – und das Warten beginnt. Parnell erlebt nur die ersten zwei Tropfen, dann stirbt er im Jahr 1948. Das Experiment läuft dennoch weiter. 1984 – zwischen sechstem und siebtem Tropfen – erscheint darüber ein Fachartikel: Darin berechnen zwei Wissenschaftler, dass das Pech 230 Milliarden Mal zähfließender – Fachsprache: viskoser – ist als Wasser und zwei Millionen Mal zähfließender als Honig.

Weitere zehn Jahre später – in Australien zeichnet sich der achte Tropfen ab – startet im über 16.000 Kilometer entfernten Jülich ein anderes Langzeitvorhaben. Allerdings ist das Projekt MOZAIC zunächst nur auf drei Jahre ausgelegt. „Ich hätte 1994 nicht im Traum gedacht, dass wir diese Forschung noch heute fortführen und täglich neue Daten sammeln“, sagt der Jülicher Klimaforscher Dr. Herman Smit, ein Mann der ersten Stunde. MOZAIC steht für „Measurement of Ozone and Water Vapour on Airbus In-service Aircraft“. Dieser lange Titel beschreibt schon recht genau, worum es geht: die Messung von Ozon und Wasserdampf, zwei klimawirksamen Gasen, durch Airbus-Flugzeuge während des normalen Flugbetriebs.

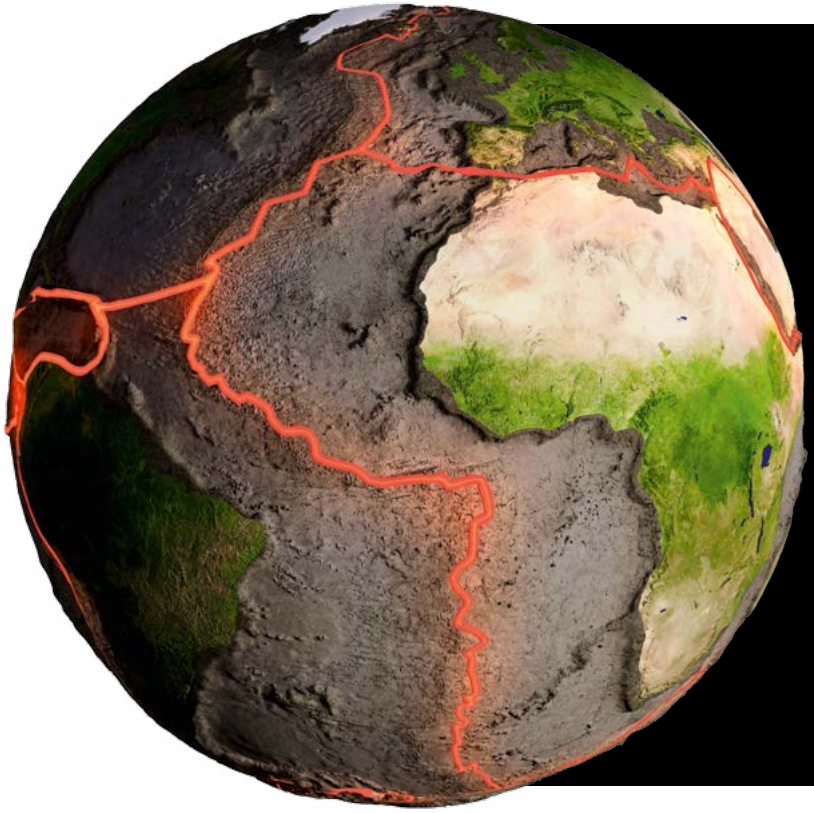
Die Vermutung damals: Der Flugbetrieb verursache ein Viertel des klimawirksamen Ozons in neun bis zwölf Kilometern. Zu diesem Ergebnis kommen jedenfalls Anfang der 1990er Jahre einige Rechenmodelle, mit denen Wissenschaftler das Klima vorhersagen. Inwieweit die Modelle der Realität entsprechen, wollen Wissenschaftler der französischen Forschungsorganisation CNRS (Centre nationale de la recherche scientifique) herausfinden – eine Frage, die auch europäische Flugzeughersteller und Fluggesellschaften interessiert. Die Idee der Forscher: Vollautomatische Messgeräte sollen an Bord von Linienflugzeugen gratis mitreisen und in großer Zahl Daten über die Atmosphärenzusammensetzung liefern.

Bald darauf startet das Experiment: Gefördert von der EU heben fünf Flugzeuge von vier europäischen Gesellschaften ab – ausgestattet mit Messinstrumenten für Ozon und Wasserdampf. Einen Teil der Geräte in den Maschinen haben Jülicher Forscher entwickelt. Sie gelten als weltweit führend bei der Messung von Wasserdampf in der Atmosphäre. Die Mission von MOZAIC: möglichst viele Daten sammeln. Anders als im Pechtropfenexperiment müssen die Forscher nicht jahrelang für eine Messung ausharren, dafür ergibt aber erst eine Vielzahl an Daten – sozusagen ein ganzer Tropfenregen – ein genaues Bild. Je mehr Daten, desto besser.

Dass Schneckentempo nicht immer etwas Schlechtes ist, beweisen die Schnecken selbst. Sie sind langsam unterwegs, aber evolutionär echte Sportskanonen: Schnecken können sich in nur wenigen Jahrzehnten genetisch auf neue Bedingungen einstellen. →

»Ich hätte 1994 nicht im Traum gedacht, dass wir diese Forschung noch heute fortführen und täglich neue Daten sammeln.«

Klimaforscher Dr. Herman Smit



Auch langsam: Kontinentaldrift

Gewaltiges Treibgut

Hätte die Oberfläche unserer Erde noch heute die Form, die sie vor langer Zeit einmal hatte, dann könnten wir eine Weltreise mit dem Auto machen. Doch weil sie ständig in Bewegung ist, zerbrach der Urkontinent Pangäa vor über 200 Millionen Jahren. Die äußere Erdkruste ist nur eine dünnen Gesteinsschicht, die auf dem Erdmantel „schwimmt". Trotzdem sind die Kartografen nicht ständig mit Korrekturen beschäftig. Denn die sogenannte Kontinentaldrift läuft extrem langsam ab. Der Abstand zwischen Europa und Amerika etwa ist seit der Entdeckung der Neuen Welt durch Kolumbus im Jahr 1492 nur um rund 13 Meter größer geworden. Die beiden Kontinente bewegen sich jedes Jahr etwa zwei bis drei Zentimeter voneinander weg.

↑ **Weltrekord: Langsam aus einem Trichter tropfendes Pech ist laut Guinness-Buch der Rekorde „das am längsten andauernde Laborexperiment" der Welt. Nur neun Tropfen Pech sind seit 1927 gefallen.**

Ebenfalls 1994 fällt in Jülich der Startschuss für ein weiteres Vorhaben, das noch viele Jahre vor sich hat: Der Nuklearchemiker Hans-Jürgen Wester stellt für seine Doktorarbeit erstmals die mit Fluor-18 markierte künstliche Aminosäure 18F-Fluorethyltyrosin (FET) her. Die chemische Substanz könnte nützlich werden, um Stoffwechselprozesse im Körper sichtbar zu machen. Sie ist eng verwandt mit natürlichen körpereigenen Aminosäuren. Daher kann der Körper sie mit durch seinen Stoffwechsel schleusen. Und FET enthält ein radioaktives Fluoratom. Positronen-Emissions-Tomografen (PET) können solche radioaktiv markierten Moleküle im Körper sichtbar machen. Sie zeigen an, wo sich die Moleküle gerade befinden, und können so beispielsweise Tumorgewebe lokalisieren.

Inwieweit FET tatsächlich als ein molekularer Spion – fachsprachlich Radiotracer genannt – infrage kommt, können Wester und seine Kollegen zunächst noch nicht sagen. Dazu müssen sie das Molekül erst ausgiebig testen – in „Pechtropfen-Zeit" kann das gut ein bis zwei Tropfen dauern. Tatsächlich nähren in den kommenden Jahren viele Laborversuche mit Tumorzellen sowie mit Mäusen und Ratten die Hoffnung, dass FET beim Menschen Hirntumore sichtbar machen könnte.

In Australien wird Parnells Nachfolger John Mainstrone, Leiter des Experiments, derweil sprichwörtlich vom Pech verfolgt. Der Physiker hat noch nie einen Tropfen fallen sehen, obwohl er sich seit fast 40 Jahren um das Experiment kümmert: Mal holt er sich gerade einen Kaffee, mal nimmt er an einer Konferenz teil. Daher installiert er vor dem erwarteten Fallen des achten Tropfens eine Webcam – doch als es dann im November 2000 endlich so weit ist, fällt die Kamera aus.

AUS DEM LABOR IN DIE KLINIK

Beim FET-Projekt fallen indessen zwei Tropfen nahezu gleichzeitig. Der erste: Die Aminosäure schafft zur Jahrtausendwende den Schritt aus dem Labor in die klinische Testphase – zunächst an der Technischen Universität München. Dorthin ist Hans-Jürgen Wester nach seiner Promotion gewechselt. Doch auch ein Jülicher Team um den Mediziner Prof. Karl-Josef Langen beginnt, mit Partneruniversitäten verschiedene FET-PET-Studien durchzuführen.

Langen weiß, dass noch viele Jahre Arbeit vor den Wissenschaftlern liegen: „Es ist ganz normal, dass die klinische Prüfung eines Radiotracers so lange dauert." Denn es gilt nachzuweisen,

dass die neue Substanz verträglich und nützlich ist. Dazu müssen die Mediziner möglichst viele geeignete Teilnehmer für ihre Studie finden.

Das Verdienst von Dr. Kurt Hamacher und Prof. Heinz Coenen ist es, dass beim FET-Projekt direkt nach dem ersten ein zweiter Tropfen fällt. Den beiden Jülicher Nuklearchemikern gelingt es, die Produktion der Aminosäure FET zu verbessern und die Menge des synthetisierten FET erheblich zu steigern. Das ist wichtig, weil radioaktives Fluor-18 rasch zerfällt, so dass 110 Minuten nach seiner Herstellung nur noch die Hälfte der ursprünglichen Menge vorhanden ist. Mit der verbesserten Synthese ist auch nach einem Transport in ein umliegendes Krankenhaus noch ausreichend FET für die Untersuchung mehrerer Patienten verfügbar.

Dass die optimale Synthese für einen Radiotracer erst nach einigen Jahren Forschung gefunden wird, ist für Prof. Bernd Neumaier, derzeitiger Leiter des Teilinstituts Nuklearchemie, nicht ungewöhnlich. „Selbst wenn es heute durch vergrößertes Wissen und verbesserte technische Ausrüstung manchmal schneller geht."

»Es ist ganz normal, dass die klinische Prüfung eines Radiotracers so lange dauert.«

Mediziner Prof. Karl-Josef Langen

Während in Australien der achte Tropfen unbeobachtet gefallen ist und die Jülicher FET-PET Forscher wesentliche Fortschritte erzielt haben, sind die Messgeräte in den Linienflugzeugen inzwischen mehr als 130.000 Stunden mitgeflogen. „Was wir geahnt hatten, traf ein: Enorm viele, über eine lange Zeit gesammelte Messdaten zeichnen ein anderes Bild von der Atmosphäre als die bis dahin üblichen vereinzelten Messkampagnen mit Forschungsflugzeugen oder Ballons", sagt Atmosphärenforscher Smit.

Auch langsam: Organ²/ASLSP

Langspielpartitur

1985 schuf der Komponist John Cage das Orgelstück „Organ²/ASLSP". Die Abkürzung steht dabei für „as slow as possible" – die achtseitige Partitur möge bitte so langsam wie möglich gespielt werden. Einige Cage-Enthusiasten nahmen diese Aufforderung sehr ernst. Sie ließen für das Stück eine spezielle Orgel bauen und in der Halberstädter Sankt-Burchardi-Kirche aufstellen. Im Jahr 2001 war es so weit: Die Aufführung begann – und wird, wenn nichts dazwischen kommt, nicht vor 2640 enden. Für den Fall, dass zwischendrin mal der Strom ausfällt, ist die Orgel mit einem Notstromaggregat ausgestattet.

Alle Infos zum Projekt: www.aslsp.org

↑ **Messsonden im Rumpfbereich von Passagierflugzeugen erfassen während des Fluges etwa Ozon, Wasserdampf und Kohlenmonoxid.**

Zum veränderten Bild gehört, dass die Luft in neun bis zwölf Kilometer Höhe viel häufiger unterkühlten Wasserdampf enthält als zuvor angenommen. In dem Dampf ist das Wasser gasförmig, obwohl sich aufgrund niedriger Temperatur Tröpfchen oder Eiskristalle und somit Wolken bilden müssten. Klar ist somit: Manche Modelle der Atmosphärenforscher müssen korrigiert werden. Offenbar bilden sich in einigen Regionen der Erde klimawirksame Wolken erst bei einem Feuchtigkeitsgehalt, der größer ist, als es herkömmliche Vorstellungen vermuten lassen.

MEHR GERÄTE IM FLIEGER

Auch beim Ozon gibt es neue Erkenntnisse: Die Daten weisen darauf hin, dass das Ozon in Flughöhe überwiegend aus tieferen Luftschichten stammt. Um diese Theorie zu bestätigen – und um die Analyse der Atmosphäre weiter zu vervollständigen –, brauchen die Forscher weitere Tropfen und vor allem andere Tropfen, sprich: weitere Daten, auch von anderen Klimagasen. Ab dem Jahr 2000 bereiten sie daher die Ausrüstung der Flugzeuge mit Kohlenmonoxid- und selbst entwickelten Stickoxid-Messgeräten vor.

Drei Jahre später – und noch weit vor dem neunten Tropfen in Australien: Der zähfließende Pechversuch in Brisbane wird in das Guinness-Buch der Rekorde als das am „längsten andauernde Laborexperiment“ der Welt aufgenommen. Im Jahr 2005 erhalten John Mainstone und postum Thomas Parnell den Ig-Nobelpreis. Verliehen wird er für ungewöhnliche Wissenschaft, „die uns erst zum Lachen, dann zum Denken bringt“, wie es die Veranstalter formulieren.

Derweil kann sich die Klimaforschung mit den MOZAIC-Flugzeugen auf den nächsten Schwung Tropfen freuen. 2006 wird MOZAIC erweitert. Die EU bewilligt den Wissenschaftlern Geld, um ein Konzept für den Ausbau und die langfristige Finanzierung zu erstellen. Die MOZAIC-Forscher wollen noch mehr Fluglinien einbeziehen und die Flugzeuge auch mit Messgeräten für Aerosole und Wolken sowie die Klimagase CO_2 und Methan auszurüsten.

Auch langsam: Der Mensch

Erst lernen, dann wachsen

Menschenkindern kann es oft nicht schnell genug gehen: Sie wollen groß werden. Aber das dauert. Viel länger als etwa bei unseren nahen Verwandten, den Schimpansen. Sie legen früh an Größe zu, während Menschen erst in der Pubertät in die Höhe schießen. Zufall? Nein, offenbar ein Ergebnis der Evolution. Bei Menschen entwickelt sich zunächst das Gehirn und dann der Körper. Würden Menschenkinder von Anfang an so schnell groß werden wie Schimpansen, bräuchten sie rund 44 Prozent mehr Energie um ihren Körper zu versorgen – sprich: Nahrung, die die Eltern heranschaffen müssen. Das haben Michael Gurven von der University of California und Robert Walker von der University of New Mexico errechnet. In einer Gesellschaft von Jägern und Sammlern hat es sich daher eher ausgezahlt, zunächst das Gehirn anzufüttern. Also erst schlau werden, dann spät kräftig wachsen und selbst ein pfiffiger Jäger werden!

Auch langsam: Whisky

Kommt Zeit, kommt Aroma

Haben Sie schon einmal an einem eben erst gebrannten Whisky genippt? Falls ja, dann wissen Sie sofort, warum er zunächst für Jahre ins Fass muss, bevor er verkauft wird. Scharf und metallisch schmeckt das Destillat, einfach ungenießbar. Erst das Holzfass entzieht dem Whisky nach und nach die üblen Aromen. Zu dieser subtraktiven Reifung kommt die additive – das Fass nimmt nicht nur, es gibt auch: Nach und nach wandern aus dem Holz Aromen etwa von Vanille, Karamell oder Rauch in den Whisky. Diese und einige andere Faktoren sorgen über die Jahre für den gewünschten Genuss. Gute Single Malt Whiskys zum Beispiel reifen 12 bis 21 Jahre. Je länger man ihnen Zeit lässt, umso besser.

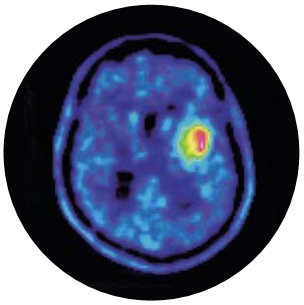
Drei Jahre zuvor stand das Vorhaben noch vor dem Aus. Die EU wollte nur noch Forschungsprojekte fördern, die sich mit neuen Fragestellungen beschäftigen. Das bremste die Forschung kurzfristig. „Doch die Verantwortlichen in der EU erkannten, dass Forschung Zeit braucht. So lassen sich nur durch Langzeitbeobachtungen der Umwelt kurzfristige Schwankungen von langfristigen Trends unterscheiden“, sagt der Jülicher Atmosphärenforscher Dr. Andreas Petzold.

2011 startet die europäische Forschungsinfrastruktur IAGOS (In-service Aircraft for a Global Observing System) als Nachfolge von MOZAIC. Jülicher Wissenschaftler koordinieren das Vorhaben. Die Kosten für die auf lange Frist angelegte Infrastruktur teilen sich Deutschland, Frankreich und Großbritannien. Das bedeutet: Die Wissenschaftler können nun ungehindert die „Tropfen“ in der Atmosphäre beobachten. „Wir müssen uns nicht mehr ständig und sehr zeitraubend um Anschlussfinanzierungen bemühen“, sagt Petzold, Leiter des Jülicher IAGOS-Teams.

Drei Jahre später – 2014 – fällt in Australien der langersehnte neunte Pechtropfen, diesmal sicherheitshalber gleich von drei Webcams aufgezeichnet. John Mainstone erlebt das leider nicht mehr: Er ist ein Jahr zuvor gestorben.

Auch für FET fällt nach nunmehr 20 Jahren Forschung ein besonders dicker Tropfen: Es wird in der Schweiz für den Klinikalltag zugelassen. Über 150 Studien mit mehr als 12.000 untersuchten Patienten haben gezeigt, dass man mit FET-PET bestimmte Hirntumore besser als mit anderen Methoden vom umgebenden Gewebe unterscheiden kann. In Deutschland werden die gesetzlichen Krankenkassen wahrscheinlich trotzdem niemals die Kosten für diese Art der Untersuchung übernehmen. „Dafür müssten wir nicht nur nachweisen, dass FET-PET sich für die Diagnose sehr gut eignet“, sagt Langen. „Wir müssten auch zeigen, dass sich bei seinem Einsatz das Leben der todkranken Patienten verlängert. Solche Studien sind kompliziert und teuer.“

Doch die Forscher lassen sich davon nicht entmutigen, denn es gibt auch noch andere Möglichkeiten, FET-PET zu nutzen: beispielsweise um nach einer Operation oder Radiochemotherapie zwischen neu auftretenden Tumoren und Veränderungen im Gehirn zu unterscheiden, die durch die Vorbehandlung entstanden sind. „Auf jeden Fall nutzen wir die Erfahrungen, die wir bei FET-PET gesammelt haben, für die Entwicklung weiterer innovativer PET-Diagnosemethoden“, sagen der Nuklearchemiker Neumaier und der Mediziner Langen unisono.



↑ **Risiken erkennen: Das Diagnoseverfahren FET-PET liefert hilfreiche Informationen über Hirntumore. Dazu werden Stoffwechselaktivitäten sichtbar gemacht (rot-gelbe Färbung).**

In der Atmosphärenforschung mittels IAGOS geht das „Tropfenbeobachten“ derweil weiter. Immer mehr Instrumente, Flugzeuge und Fluglinien werden künftig dazu beitragen, Vorhersagen zum Klimawandel zu präzisieren und Maßnahmen zur Luftreinhaltung zu überprüfen. „Dabei zahlen sich die langjährige Förderung unserer Forschung und unsere Beharrlichkeit bereits aus“, sagt Petzold. Er verweist auf die über 200 wissenschaftlichen Veröffentlichungen, die auf Basis der Flugdaten entstanden sind „Die Daten sind auch in die Berichte des Weltklimarates IPCC eingeflossen.“ IAGOS-Forscher haben unter anderem gezeigt, dass sich die Temperaturen in neun bis zwölf Kilometer Höhe trotz Klimawandels in den letzten 20 Jahren nicht verändert haben.

Die Beispiele zeigen: Die Geschwindigkeit des wissenschaftlichen Fortschritts hängt von vielen Faktoren ab. Sie reichen vom Forschungsobjekt selber – wie etwa dem äußerst langsam tropfenden Pech und dem längerfristigen Klimawandel – bis hin zu gesellschaftlichen und finanziellen Barrieren. Der Zeitbedarf lässt sich dabei oft nicht vorhersehen. Auch nicht, ob die Forschung am Ende der Gesellschaft nützen wird. Beim Pechtropfen-Versuch lässt sich immerhin sagen: Es könnte sich lohnen, 2027 die Liveübertragung des Experiments im Internet *(www.thetenthwatch.com)* einzuschalten. Dann sollte der nächste Tropfen fallen.

HAUPTTEXT UND INTERVIEW: FRANK FRICK
BEISPIELTEXTE: SEITENPLAN

Auch langsam: Erdöl

Faulschlamm unter Druck

Die vergangenen anderthalb Jahrhunderte war es der Treibstoff von Fortschritt und Industrialisierung: Erdöl. Entstanden ist es aus Plankton, das nach dem Absterben auf den Meeresboden sank. War das Meer tief genug, gab es dort keinen Sauerstoff, der die Überreste der kleinen Tiere und Pflanzen hätte zersetzen können. Stattdessen bildete sich Faulschlamm, der nach und nach von Sand und anderen Sedimenten bedeckt wurde. Im Lauf der Jahrmillionen wurde diese Schicht immer dicker, Druck und Temperatur stiegen an. Die Verwandlung begann – und dauerte 10.000 bis mehrere Millionen Jahre.

»Der Fortschritt ist eine Schnecke«

Drei Fragen an Wolfgang Hess, von 1994 bis 2016 Chefredakteur der Zeitschrift „bild der wissenschaft“. 37 Jahre lang hat er den Fortschritt in Wissenschaft und Technologie beobachtet, beschrieben und kommentiert.

Wie beurteilen Sie die Geschwindigkeit des wissenschaftlichen Fortschritts?
Lassen Sie es mich so formulieren: Der wissenschaftliche Fortschritt ist oft eine Schnecke. Aber auch eine Schnecke kommt über mehrere Tage hinweg erstaunlich weit. Klar ist, dass man durch Forschung drängende gesellschaftliche Probleme besser in den Griff bekommen kann – aber das funktioniert nicht auf Knopfdruck.

Erwartet die Gesellschaft aber nicht genau diese schnelle Problemlösung?
Ja, das ist wohl charakteristisch für unsere Zeit. Die Wissenschaftler sind dabei in einer zunehmend schwierigen Lage: Damit ihre Forschung finanziert wird, müssen sie sozusagen in die Vollen kegeln. So wecken sie neue Erwartungen, die sie dann am Ende nicht erfüllen können.

Haben Sie ein Beispiel für enttäuschte Erwartungen?
Krankheiten wie Krebs, Parkinson oder Virusinfektionen haben wir trotz Fortschritten keineswegs im Griff, obwohl uns das manche Mediziner und Zukunftsforscher – unter kräftiger Mitwirkung der Medien – seit Jahrzehnten in Aussicht stellen. Auch die oft bemühten „Revolutionen in der Materialforschung“ erweisen sich im Nachhinein oft als fromme Wünsche.

Zwei Seelen wohnen, ach! in seiner Brust

Privat ist er zurückhaltend, als Koordinator einer Konferenz mit 12.000 Teilnehmern hingegen voll in seinem Element: Dr.-Ing. Bernd Mohr organisiert als erster Nicht-Amerikaner die wichtigste Konferenz für Supercomputing.

Auf ihn sollte man achten, empfiehlt die Fachzeitschrift „HPCwire“. Sie hat Bernd Mohr auf ihre Liste der „People to Watch 2017“ gesetzt.

Als junger Mann war das damals so eine Sache: „Ich war lang und dürr, ein Klappergestell und Computer-Geek, kein Held für das weibliche Geschlecht“, erzählt Bernd Mohr und lacht schallend. Ein Grübchen wird sichtbar, tiefe Lachfalten umspielen seine braunen Augen. Dass dieser 1,93 Meter große Mann einmal schüchtern gewesen sein soll, ist heute nur schwer vorstellbar. Immerhin eröffnet Mohr im November in Denver die SC17, die wichtigste Konferenz für High Performance Computing (HPC): Mit 12.000 Menschen aus über 60 Nationen ist es das größte Treffen der Fachwelt.

Bei Mohr laufen alle Fäden zusammen – und er genießt die Verantwortung in vollen Zügen: „Eine Art Managertraining“, sagt er und lacht erneut. In einem Zeitraum von drei Jahren – gespickt mit schlaflosen Nächten, unzähligen Meetings und Verhandlungen in den USA – hat der 57-Jährige die Konferenz mit 600 Freiwilligen auf die Beine gestellt. „Eine Achterbahnfahrt, die ich immer wieder antreten würde“, resümiert er schon heute. In der 29-jährigen Geschichte der Konferenz ist Mohr der erste Nicht-Amerikaner, der dieses Amt übernimmt.

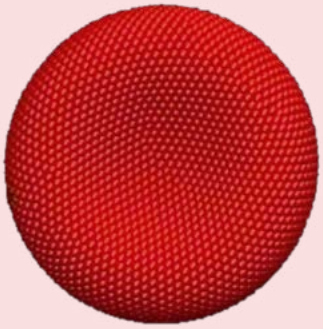
COMPUTER STATT BRÜCKEN

Aufgewachsen in einfachen Verhältnissen in einem nordbayerischen Dorf, hat der Sohn eines Schriftsetzers zunächst noch ganz andere Zukunftspläne: Staudämme und Brücken will er bauen. Dann kommt ein Tag der offenen Tür an der Universität Erlangen: „Dort habe ich zum ersten Mal diese riesigen Computer gesehen, war begeistert und habe mich prompt für Informatik eingeschrieben“, erinnert sich Mohr.

Die Faszination hält bis heute an: „In einem Beruf, in dem ich etwas mit den Händen schaffe, bin ich immer eingeschränkt, beispielsweise im Material. Mit einem Computerprogramm hingegen bin ich frei. Ich schaffe etwas Neues, und wenn es nicht funktioniert, drücke ich die Löschtaste und beginne von vorne.“

Als junger Informatiker fällt es ihm zunächst schwer, vor vielen Menschen über seine Arbeit zu sprechen: „Lieber wollte ich im stillen Kämmerlein forschen.“ Doch irgendwo zwischen all den Vorträgen in englischer Sprache, die er rund um den Globus hält, verliert er seine Zurückhaltung – zumindest gegenüber einem großen Publikum. Seiner zehnminütigen Eröffnungsrede vor 3.000 Zuschauern fiebert der bodenständige Hüne sogar entgegen. Die technischen Voraussetzungen mit Scheinwerfern und Live-Übertragung sind bereits geschaffen: „Ich will schließlich eine Riesenshow abliefern!“ Auf dem Heimflug aber wird sein Sitznachbar nicht so viel von ihm haben: „Privat ziehe ich mich gerne zurück.“

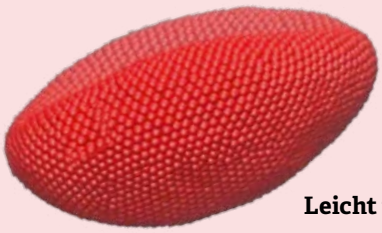
KATJA LÜERS



Keine Verformung

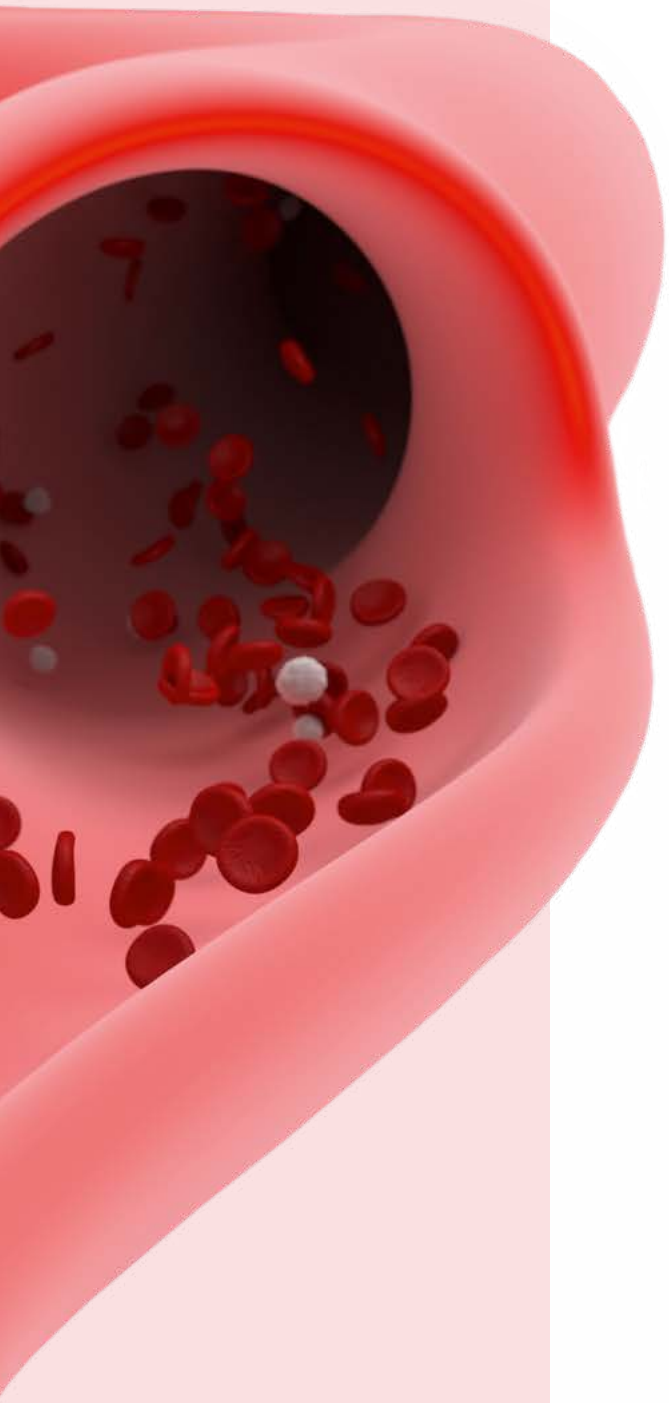
Höchst flexibel

Rote Blutkörperchen sind sehr elastisch und können verschiedene Formen in Blutströmungen annehmen. Entscheidend ist unter anderem die Geschwindigkeit, mit der sie durch die Adern fließen. Je schneller sie fließen, desto stärker verformen sie sich. Auch wenn es eng wird, können sie sich verbiegen.



Leicht verformt

Stark verformt



← **Hier fließt Blut: Allerdings strömen in der Realität deutlich mehr rote und weiße Blutkörperchen durch unsere Gefäße. Knapp die Hälfte unseres Blutes besteht aus Blutkörperchen und Blutplättchen, der Rest ist hauptsächlich Wasser.**

Immer gut in Form

Sie zappeln, rollen und gleiten. Manchmal reihen sie sich sogar ordentlich ein. Rote Blutkörperchen sind flexibel, wenn sie Sauerstoff aus der Lunge bis in den letzten Winkel unseres Körpers transportieren. Ihre Formen und Fähigkeiten faszinieren den Jülicher Physiker Prof. Gerhard Gompper.

In unseren Adern geht es oftmals zu wie in einer überfüllten Wasserrutsche im Spaßbad. Mittendrin: die roten Blutkörperchen. Sie ähneln Schwimmreifen, mit einer weichen Sitzfläche in der Mitte statt eines Lochs. Dank ihrer Elastizität schlängeln sie sich durch schmalste Blutgefäße und rauschen unbeschadet durch unser Herz. Denn wenn es eng wird, verformen sich die roten Blutkörperchen: von leicht gekrümmt bis hin zu gerollten Ellipsen oder Pyramiden, die an Schlumpfmützen erinnern. Einige dieser Formen entdeckten Gompper, Direktor am Institute of Complex Systems (ICS), und sein Team erstmals in Computersimulationen.

Unter dem Mikroskop war die Formenvielfalt bislang verborgen geblieben: Lebenswissenschaftler hatten in ihren Experimenten den flüssigen Anteil des Bluts, der die Blutkörperchen umgibt, viel zu zäh gewählt. Für die Blutkörperchen war das in etwa so, als ob sie durch Honig schwimmen, anstelle des eher wässrigen Blutes. Und darin lassen sie sich eben auch nicht so stark verformen. „Erst als die Biologen auch im Experiment die natürlichen Verhältnisse herstellten, sahen sie die von uns zuvor berechnete Formenvielfalt“, erläutert Dr. Dmitry A. Fedosov, Mitarbeiter im Team von Gerhard Gompper.

ELASTISCH HÄLT GESUND

Ihre Stabilität einerseits und Elastizität andererseits verdanken die roten Blutkörperchen einem Geflecht aus Eiweißfasern. Es verstärkt die doppelwandige Membran, die die Blutkörperchen wie eine Hülle umgibt. Die Eigenschaften dieses Netzwerks können die Jülicher Wissenschaftler exakt berechnen und damit verstehen, wie sich Blutkörperchen verformen. Sie verhalten sich ähnlich wie ein Schwimmreifen, der in einer Röhre an den Rand gerät und eingedrückt wird. Ein Blutkörperchen wird bei seiner Rutschpartie durch die Gefäße gebogen, und wenn es noch enger wird, durch die Strömung sogar gerollt oder gefaltet. Weitet sich die Ader, springt es rasch wieder in seine eigentliche Form zurück.

↑ **Prof. Gerhard Gompper leitet den Bereich Theorie der weichen Materie und Biophysik im Institute of Complex Systems (ICS).**

↑ **Dr. Dmitry A. Fedosov führt seit fünf Jahren am ICS eine eigene Nachwuchsgruppe, die Blutströmungen untersucht.**

Diese Flexibilität ist wichtig. Bei Diabetes etwa versteifen sich die roten Blutkörperchen. Sind sie weniger elastisch, passen sie nicht mehr durch die engsten Gefäße, die sogenannten Kapillaren. Das betrifft insbesondere Hände und Füße. Die Patienten leiden oftmals unter einer Mangeldurchblutung, durch die sogar Gewebe absterben kann.

Im nächsten Schritt berechneten die Jülicher Forscher viele Tausend Zellen in einer Strömung. „Uns interessiert das kollektive Verhalten", sagt Gompper. „Warum bewegen sich viele Blutkörperchen in einem Strom völlig anders, als es ein einzelnes Blutkörperchen tun würde? Sie ändern ihre Bewegung zum Beispiel von einer Art freiem Rollen in ein geordnetes Gleiten und Sicheinreihen. Dieses Wissen ist zum Beispiel enorm wichtig beim Design von Stents, einem Drahtgeflecht, das nach einem Herzinfarkt die Adern offen hält, oder bei der Entwicklung von Blutpumpen, die in den Körper eingepflanzt werden", betont er. Komplexe Modellrechnungen an Supercomputern helfen, deren Entwicklung zu beschleunigen.

So jagen die Physiker Tausende der roten Blutkörperchen virtuell im Rechner durch enge oder weite Hindernisparcours, mal schneller, mal langsamer, oder sie variieren die Beweglichkeit der Blutkörperchen oder die Eigenschaften der umgebenden Flüssigkeit. Die Forscher berechnen etwa, ab welcher Zellkonzentration es zu gefährlichen Staus in unseren Adern kommen kann und damit zu Thrombosen oder zu Schlaganfällen.

Die Experten simulieren aber auch das Verhalten der weißen Blutkörperchen. Diese Zellen bekämpfen Krankheitserreger und sind eher kugelförmig. Die kleinen Kugeln treiben durch die Blutgefäße und tasten laufend die Wände der Gefäßzellen ab, um Signale aufzuspüren, die auf eine Infektion hinweisen. Das funktioniert aber nur, wenn das Blut mit einer bestimmten Geschwindigkeit fließt. Strömt es zu schnell oder zu langsam, gelangen die weißen Blutzellen nicht an den Rand der Gefäße, sondern werden von den roten Blutkörperchen in der Mitte des Stroms gehalten, fanden die Jülicher Forscher heraus.

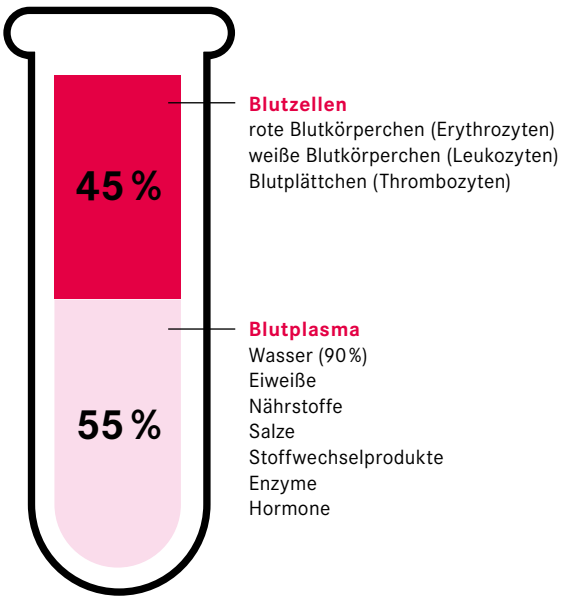
Die Simulationen ermöglichen auch Vorhersagen, unter welchen Bedingungen Zellen ähnlicher Größe, zum Beispiel Tumorzellen, an die Gefäßwände gelangen können. Dieser Aspekt hilft den Forschern zu verstehen, wie sich Metastasen im Körper ausbreiten und wo sie sich ansiedeln.

MALARIA ERKENNEN

„Unsere Rechenmodelle könnten für die Entwicklung neuer Technologien genutzt werden, etwa für die Diagnostik", erklärt Dmitry Fedosov. Denkbar wäre ein Diagnosesystem für Blutproben, um Krankheitserreger ausfindig zu machen – beispielsweise für Malaria. Bei dieser Krankheit befallen Parasiten die roten Blutkörperchen. „Allerdings kann es vorkommen, dass zu bestimmten Zeiten der Infektion nur sehr wenige Erreger im Blut sind. Dadurch wird es schwierig festzustellen, ob jemand tatsächlich infiziert ist", verdeutlicht Gompper. Gefragt ist eine Idee, wie dennoch möglichst viele befallene Blutkörperchen für eine Probe gesammelt werden können. Der Ansatz der Forscher: Sie bauen eine Art Mini-Sortieranlage, durch welche eine Blutprobe geleitet wird. In dieser geschickt aufgebauten Vorrichtung aus Mikroröhrchen werden die mit Parasiten beladenen Blutzellen abgefischt und somit angereichert. „Das funktioniert, weil die befallenen Blutzellen andere Strömungseigenschaften haben", sagt Gompper, „wir testen und optimieren die Vorrichtung mithilfe von Simulationen am Supercomputer." Noch ist ein solches Diagnosesystem nicht am Markt erhältlich. Die Jülicher Ergebnisse zur Formenvielfalt und zum komplexen Fließverhalten von Blutzellen haben jedoch den Grundstein für deren Entwicklung gelegt.

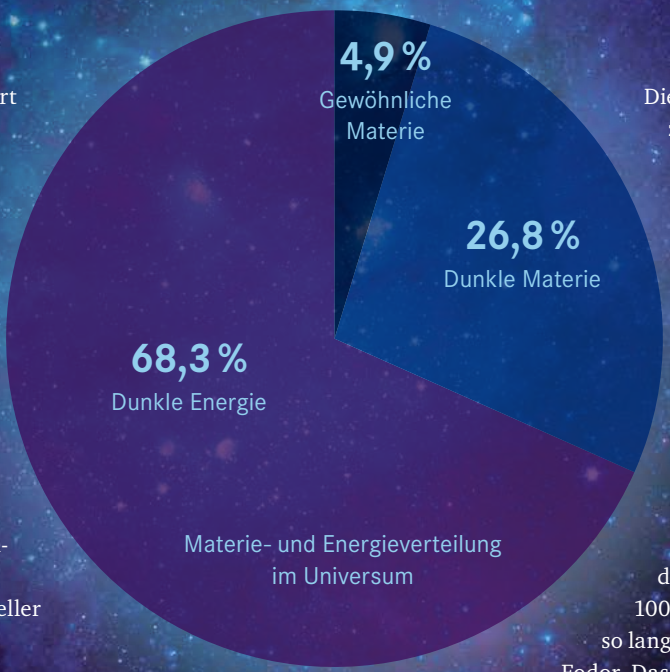
BRIGITTE STAHL-BUSSE

Bestandteile des Blutes



Wie schwer ist das Axion?

Das Weltall – unendlich viele Fragen sind noch offen. Ein Teilchen könnte Antworten liefern: das Axion. Entdeckt hat es noch niemand, aber seinen Eigenschaften sind Forscher nun ein Stück weit nähergekommen.



Eine Inventur des Universums fördert Erstaunliches zutage: Nur knapp fünf Prozent sind gewöhnliche Materie, die sich etwa zur Hälfte je auf Sterne und auf Planeten verteilt. Weitere 27 Prozent bleiben vollständig unsichtbar – die sogenannte Dunkle Materie. Ihre Auswirkungen auf Galaxien haben Forscher bereits nachgewiesen, woraus sie aber besteht, weiß noch niemand. Der Rest der kosmischen Inventur ist noch exotischer: Rund 68 Prozent des Universums sind unbekannte „Dunkle Energie“, die dazu führt, dass sich unser Kosmos immer schneller ausdehnt.

Während Forscher noch wenig über die Beschaffenheit der Dunklen Energie wissen, haben sie zur Dunklen Materie konkrete Vorschläge: Ein Kandidat, um dieses unsichtbare Viertel zu füllen, ist das Axion, ein Elementarteilchen. Axionen müssten zu Abermilliarden im Kosmos vorkommen. Bisher haben Forscher jedoch noch keines entdeckt.

Die Suche wird dadurch erheblich erschwert, dass über die Eigenschaften des Axions bisher nur sehr wenig bekannt ist. So sollte es sehr leicht sein, zwischen einer Milliarde und einer Billion Mal leichter als ein Elektron. Wie groß diese Spanne ist, wird im Vergleich mit alltäglichen Werten klar: Es macht schließlich einen erheblichen Unterschied, ob etwas ein Gramm oder ein Kilogramm wiegt.

„Wir hätten 100 Millionen Jahre rechnen müssen – so lange wollten wir nicht warten.“

Die mögliche Masse des Axions zu präzisieren, gelang kürzlich einem Team um Prof. Kalman Szabo vom Jülich Supercomputing Centre und Prof. Zoltan Fodor von der Universität Wuppertal. Mit aufwendigen Rechnungen am Jülicher Supercomputer JUQUEEN simulierten die Forscher das ganz frühe Universum, und zwar unter der Annahme, dass Axione den Hauptbestandteil der Dunklen Materie ausmachen.

„Mit den bisher bekannten Methoden hätten wir allerdings mindestens 100 Millionen Jahre rechnen müssen – so lange wollten wir nicht warten“, sagt Fodor. Das Forscherteam entwickelte daher neue mathematische Methoden, um die Vorgänge kurz nach dem Urknall zu beschreiben. Mit Erfolg: Statt der 100 Millionen dauerten die Simulationen am Ende zwei Jahre – ein normaler PC wäre rund 10.000 Jahre beschäftigt gewesen.

Das Ergebnis erläutert Szabo: „Falls das Axion existiert, dann kommt für seine Masse nur noch ein 30-mal kleinerer Bereich infrage als bisher“. Auf die Alltagsmassen skaliert: Der Kandidat ist zwischen einem und 30 Gramm schwer. „Unser Ergebnis hilft dabei, neue Experimente für die Suche nach dem Axion fokussierter zu planen – und so vielleicht das Rätsel um die Dunkle Materie zu lösen“, so der Jülicher Wissenschaftler.

JENS KUBE

Abstieg in die Unterwelt

Im Projekt ORPHEUS entwickeln Praktiker und Theoretiker optimale Brandschutz- und Evakuierungskonzepte für U-Bahnhöfe.

Sie ist die älteste U-Bahn Deutschlands: 1902 fuhr in Berlin der erste Zug, Brandschutz war Nebensache. Heute herrschen in dem größten unterirdischen Nahverkehrssystem Deutschlands strenge Sicherheitsauflagen. Und doch gibt es kontinuierlich Verbesserungsbedarf: „Die Sicherheitstechnik schreitet stetig voran. Neue Erkenntnisse müssen berücksichtigt werden – bei bestehenden U-Bahn-Stationen genauso wie bei denen, die noch gebaut werden“, sagt Lukas Arnold vom Jülich Supercomputing Centre (JSC). Er koordiniert das Verbundprojekt ORPHEUS, das 2015 gestartet ist und für „Optimierung der Rauchableitung und Personenführung in U-Bahnhöfen: Experimente und Simulationen“ steht. Sicherheits- und Veranstaltungstechniker, Mathematiker, Geografen, Bauingenieure, Kommunikationswissenschaftler, Psychologen, Physiker und Rettungskräfte arbeiten Seite an Seite, um gemeinsam den Brandschutz zu verbessern. Am Ende profitiert der Fahrgast: Brennt es, wird er optimal evakuiert – auf dem schnellsten und sichersten Fluchtweg.

Gerade bei Bränden ist es wichtig, möglichst rasch den Ort zu verlassen. Besonders gefährlich: der Rauch, da er sehr giftige Substanzen enthält und die Sicht und damit auch die Orientierung erschwert. Doch wie sich der Rauch konkret entwickelt, lässt sich für U-Bahnhöfe nicht pauschal vorhersagen. Das verhindern die verschachtelten Gebäude mit mehreren Ebenen, niedrigen Decken und Luftströmungen, die jahreszeitlich und wetterbedingt variieren. „Brennt es in einem Wohn- oder Geschäftshaus, zieht der Rauch nach oben, die Leute flüchten nach unten. Brennt es in der U-Bahn, zieht der Rauch im Allgemeinen ebenfalls nach oben. Aber dorthin wollen auch die Menschen. Die Wege des Rauchs und der Personen sind also identisch, was die Situation verschärft“, erklärt Arnold.

HITZE UND KÜNSTLICHER RAUCH

„In ORPHEUS geht es sowohl um den vorbeugenden als auch um den abwehrenden Brandschutz, also wenn die Feuerwehr anrücken muss“, erklärt Arnold. Die Brandversuche finden

Dem Qualm entgegen: Die Feuerwehr nutzte den Brandversuch in der Berliner U-Bahn-Station für einen Übungseinsatz.

„Die Wege des Rauchs und der Menschen sind identisch, was die Situation verschärft.“

allesamt in der Berliner U-Bahn-Station Osloer Straße statt: Per Computer gesteuerte Brenner erzeugen Hitze; um die Luftströmung zu messen, wird eine gesundheitlich unbedenkliche Gasverbindung eingesetzt. Und künstlicher Rauch darf natürlich auch nicht fehlen. Der Vorteil der unterirdischen „Live-und-in-Farbe“-Versuche: Die Wissenschaftler können die Experimente später im Modell nachvollziehen und so überprüfen, ob die Daten aus dem Versuch mit den Daten aus der Berechnung übereinstimmen. Gleichzeitig bilden die Ergebnisse Grundlage für Simulationen und physikalische Modelle im verkleinerten Maßstab, mit denen die Forscher prognostizieren, wie sich der Rauch ausbreitet und welche technischen Maßnahmen sinnvoll eingesetzt werden können. „Alle Arbeiten in ORPHEUS verfolgen das Ziel, generelle Aussagen zum Brandschutz in unterirdischen Verkehrsanlagen zu treffen“, so der Jülicher Experte.

Neben der Koordination entwickelt sein Team hauptsächlich numerische Modelle: Das heißt, die Forscher verbringen unzählige Stunden am Rechner, um Algorithmen zu verbessern oder neu zu entwickeln. Im Brandschutz kommen derzeit Simulationen zum Einsatz, die berechnen, wie viel Zeit Fußgänger benötigen, um ein Gebäude zu verlassen. Andere Simulationen kalkulieren, wie viel Zeit den Fußgängern zur Verfügung steht, um zu flüchten. „Wir entwickeln nun erstmals Modelle, die beide Welten unter Berücksichtigung der vielfältigen Brandszenarien miteinander verbinden“, sagt Arnold.

Ein weiterer Schwerpunkt der Jülicher: Möglichst in Echtzeit vorherzusagen, wie sich die Verrauchung entwickelt: „Würde man so etwas heute für unsere Berliner U-Bahn-Station berechnen, würde es Wochen dauern, bis die Ergebnisse vorliegen. Wir versuchen, mit vereinfachten Modellen und spezieller Computerhardware ein Vorhersagemodell in Echtzeit zu entwickeln: Wohin breitet sich der Rauch aus? Welche Bereiche bleiben voraussichtlich rauchfrei? Damit wollen wir die numerischen Grundlagen für Werkzeuge vorbereiten, welche den Rettungskräften eine Entscheidungshilfe geben können“, erläutert der Projektkoordinator Arnold.

DIE RICHTIGEN WÜRFEL WÄHLEN

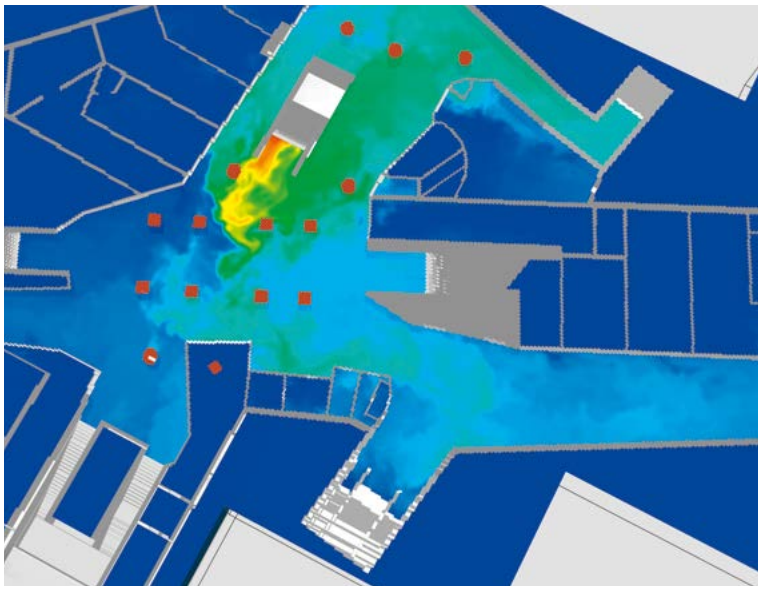
Um rasch Ergebnisse zu produzieren, setzen die Jülicher auf sogenannte adaptive Gitter: „Wenn man heute mit der gängigen Software einen Brand simuliert, zerlegt man den betroffenen Raum in gleichgroße Würfel“, sagt Arnold. Dabei gilt: Je kleiner die Würfel sind, umso detailreicher die Auflösung, aber umso länger rechnet der Computer. „Halbieren wir beispielsweise die Kantenlänge des Würfels, steigt die Rechenzeit um den Faktor 16. Wir rechnen also nicht nur einen Tag, sondern 16 Tage. Da müssen die Ingenieure stets eine Balance finden zwischen dem, was sie möchten und was sich im Tagesgeschäft rechnen lässt“, erklärt der Physiker. Die adaptiven Gitterverfahren sind deutlich flexibler: Sie machen es möglich, die Würfelgröße individuell an die Brandsituation anzupassen. Dort, wo es brennt und eine hohe räumliche Auflösung benötigt wird, sind die Würfel möglichst klein. Die dafür benötigten längeren Rechenzeiten „spendieren“ die Gebäudebereiche, die nicht betroffen sind. Sie werden etwas ungenauer mit größeren Würfeln dargestellt. „Einfach ausgedrückt: Wenn es unten in der U-Bahn brennt, brauche ich für den Imbiss auf dem Zwischengeschoss nicht dasselbe Gitter, da er unter Umständen nicht relevant für die Rauchausbreitung ist. Genau solche adaptiven Gitterverfahren entwickeln wir“, sagt der JSC-Wissenschaftler.

← **Der Physiker Lukas Arnold vom Jülich Supercomputing Centre behält den Überblick. Er koordiniert das Projekt ORPHEUS.**

Als theoretischer Physiker fasziniert ihn an ORPHEUS vor allem die Komplexität der Branddynamik: „Viele Effekte lassen sich gar nicht einzeln betrachten, sondern nur in ihrer Gesamtheit. Diese Palette an physikalischen und chemischen Effekten ist spannend.“ Und er mag die Zusammenarbeit mit den vielen unterschiedlichen Menschen aus verschiedenen Bereichen: „Ob Rauchmanagement, Krisenmanagement, Evakuierung, Simulationen oder Experimente – jeder kann etwas anderes. Zusammen bilden wir ein gutes Team, um den Brandschutz zu verbessern!“

KATJA LÜERS

↑ **Feuerzauber entfacht: Bei Versuchen in der Berliner U-Bahn-Station Osloer Straße haben die Projektpartner mit Propanbrennern und Nebelmaschinen simuliert, wie sich der Rauch bei einem Brand verteilt.**



→ **Computersimulationen der Jülicher Forscher sollen künftig in Echtzeit voraussagen, wie und wo sich Rauch ausbreitet.**

↑

Woran forschen Sie gerade, Frau Rother?

Juniorprofessorin an der RWTH Aachen und Leiterin einer Helmholtz-Nachwuchsgruppe am Institut für Bio- und Geowissenschaften, Bereich Biotechnologie

„Ich stelle Bausteine für Medikamente her – und zwar umweltfreundlich: mit wenig Energie und ohne toxische Abfallstoffe zu erzeugen. Dazu haben mein Team und ich einen Werkzeugkasten voll verschiedener Enzyme entwickelt. Mit diesen Biokatalysatoren bauen wir Wirkstoffmoleküle Schritt für Schritt auf. Jeder Bauabschnitt benötigt ein maßgeschneidertes Enzym. Wir müssen die richtigen Enzyme auswählen oder gezielt verändern und sie dann geschickt kombinieren. Unsere Laborergebnisse setzen wir mit Industriepartnern zu effizienten Herstellungsprozessen um.“

Mist gemacht

Deutschland hat ein Problem: zu viel Nitrat im Grundwasser. Ursache dafür sind vor allem Gülle und Mineraldünger, die im Übermaß auf Feldern und Äckern landen. Jülicher Forscher untersuchen, wo und wie sich Nitrat einsparen lässt.

← Was in die Kuh reinkommt, kommt auch wieder raus: Ausscheidungen von Tieren werden seit über 8.000 Jahren zum Düngen genutzt, schätzen Agrarhistoriker.

Um das Grundwasser in Deutschland ist es alles andere als gut bestellt: Fast ein Drittel der 740 Messstellen wiesen zwischen 2012 und 2014 zu hohe Nitratwerte auf. Das berichtet die Bundesregierung in ihrem Nitratbericht vom Januar 2017. Anders ausgedrückt: Ein Viertel der 990 Grundwasserkörper in Deutschland – das sind nach bestimmten Regeln zusammengefasste Grundwasservorkommen – gelten als belastet. Probleme gibt es auch bei Oberflächengewässern und an den Küstenregionen: Die erhöhten Nitratwerte tragen dazu bei, dass sich bestimmte Wasserpflanzen stark vermehren, insbesondere Algen. Die Folgen: Zu wenig Sauerstoff im Wasser und vermehrte Fäulnisprozesse entziehen Fischen und anderen Tieren die Lebensgrundlage. Das betroffene Gewässer kippt um und wird zum toten Gewässer.

Jülicher Forscher um Frank Wendland vom Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-3) wollen es genau wissen. Sie untersuchen mithilfe von selbst entwickelten Computermodellen, wie stark das Grundwasser sowie die Oberflächen- und Küstengewässer in unterschiedlichen Regionen Deutschlands belastet sind – und wie Nitrate dorthin gelangen. „In den meisten Fällen stammen die hohen Nitratgehalte aus dem Überdüngen der Felder mit Gülle und Mineraldünger“, sagt Wendland. Mit ihren Modellen errechnen die Wissenschaftler, wie stark der Nitrateintrag in der jeweiligen Region verringert werden müsste, um den EU-Grenzwert einzuhalten. Die Bundesländer stellen den Jülicher Forscher hierfür spezielle Daten zur Verfügung, beispielsweise zur Landnutzung, zu Bodeneigenschaften, zu Klimaverhältnissen und zum Grundwasser.

Unter Anklage

Aus Sicht der Europäischen Kommission hat Deutschland es versäumt, strengere Maßnahmen gegen die Nitratbelastung des Grundwassers zu ergreifen. Laut der EU-Nitratrichtlinie wäre die Bundesrepublik dazu verpflichtet gewesen. Deshalb hat die EU-Kommission Deutschland vor dem Europäischen Gerichtshof verklagt. Auch gegen andere Länder laufen Verfahren. Frankreich wurde bereits verurteilt, es könnte dabei eine Geldstrafe von bis zu drei Milliarden Euro fällig werden. Im Februar 2017 hat der Deutsche Bundestag eine Überarbeitung der deutschen Düngeverordnung verabschiedet. Die Bundesregierung hofft, mit ihrer Hilfe die Nitratbelastung zu verringern - und so der Klage der EU-Kommission zu entgehen. (Stand März 2017)

↑ **Rund 200 Millionen Tonnen Gülle landen jährlich auf deutschen Feldern.**

REGIONALE UNTERSCHIEDE

Die besonders belasteten Hotspots lassen sich vergleichsweise leicht identifizieren. „Maßnahmen zu entwickeln, um hohe Nitratwerte zu reduzieren, ist dagegen schwieriger“, so der Wasserexperte. Denn es gilt, lokale Unterschiede zu berücksichtigen: zum Beispiel beim Grundwasser: Wenig Dünger bedeutet nicht automatisch wenig Nitratbelastung. So schießt der Nitratwert in niederschlagsarmen Regionen, wie der Zülpicher Börde zwischen Aachen und Köln, schnell einmal über den Grenzwert hinaus – auch wenn der Landwirt die Düngeverordnung strikt einhält. Der Grund: Das Nitrat, das ins Grundwasser gelangt, wird weniger stark verdünnt als in wasserreichen Regionen.

Im Norden von Nordrhein-Westfalen (NRW) spielt auch die Nitratbelastung in Fließgewässern wie Bächen oder Flüssen eine Rolle. Dort haben viele Landwirte bereits vor Jahrzehnten Entwässerungssysteme, sogenannte Drainagen, auf ihren Feldern installiert. Diese Anlagen verhindern, dass Böden zu feucht sind. Über ein Abflusssystem leiten sie überflüssiges Wasser etwa in Gräben oder Bäche ab. Solche Anlagen haben es überhaupt erst ermöglicht, dass einige Flächen als Ackerland genutzt werden können. Der Nachteil: Wasser aus

← **Experte für Wasser und Nitratbelastung: Prof. Frank Wendland vom Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-3)**

Ackerböden gelangt viel schneller in die Oberflächengewässer – und mit ihm überschüssiges Nitrat aus den Feldern. Die Nitrate sammeln sich folglich viel schneller in den Bächen und Seen und sorgen so für hohe Belastungen der Fließgewässer und der Küstenregionen.

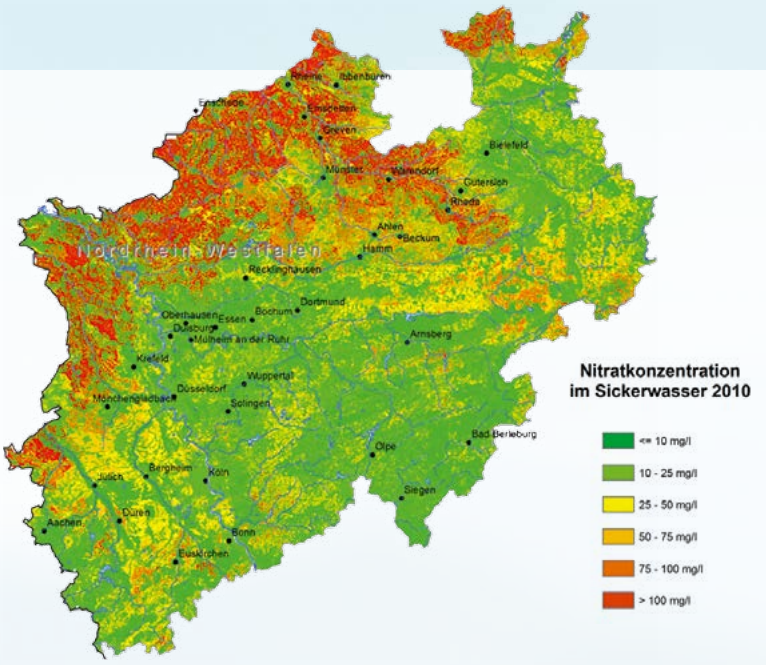
„Um den Nitratgehalt zu reduzieren, müssen wir daher nicht nur wasserwirtschaftliche und hydrologische Aspekte, sondern auch die Landwirtschaft berücksichtigen“, sagt Frank Wendland. Im Projekt GROWA+NRW 2021 suchen die Jülicher Forscher gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft, Landwirtschaft und Verwaltung nach Lösungen für NRW. Das Thünen-Institut in Braunschweig und die Landwirtschaftskammer NRW entwickeln Ansätze, um die Nitratbelastung durch die Landwirtschaft zu reduzieren.

Die Jülicher simulieren mithilfe ihrer Modelle, ob und wo diese Ideen die erhoffte Wirkung zeigen könnten. „Wir prüfen also schon vorab, welche Maßnahmen sich für welche Region in NRW besonders gut eignen“, betont Wendland, der den wissenschaftlichen Teil von GROWA+NRW 2021 koordiniert. Ende 2017 sollen erste Ergebnisse des vom NRW-Umweltministerium geförderten Projekts vorgestellt werden.

JANINE VAN ACKEREN

Schwierige Vergleiche

Bislang lag Deutschland bei der Nitratbelastung des Grundwassers auf dem vorletzten Platz in der EU, nur Malta schnitt noch schlechter ab. Solche Vergleiche beruhen auf den Daten, die die Mitgliedstaaten an die EU melden. Allerdings gibt es keine einheitlichen Kriterien für die Messnetze. Die EU-Richtlinie spricht lediglich von ausgewählten repräsentativen Messstellen, die Nitrateinträge aus landwirtschaftlichen Quellen erfassen sollen. „Das schlechte Abschneiden Deutschlands lag vor allem an der Auswahl der Messstellen“, sagt Frank Wendland. Mitte der 1990er Jahre hätten deutsche Behörden gezielt rund 160 Grundwassermessstellen mit hohen Nitrateinträgen ausgewählt. So sollte besonders gut nachgewiesen werden, wie effizient neue Maßnahmen wirken. Genau diese Werte verwendete die EU als Vergleichswert für Deutschland. Mittlerweile hat Deutschland sein Messnetz auf knapp 740 Messstellen für Grundwasser erweitert. Zudem wurde darauf geachtet, dass sie sich repräsentativ verteilen. Dadurch ist die Qualität des deutschen Grundwassers innerhalb der EU vom vorletzten Platz ins Mittelfeld vorgerückt. „Das ändert aber nichts daran, dass wir ein Nitratproblem haben“, betont Wendland.



Die Nitratkonzentration im Sickerwasser in Nordrhein-Westfalen, berechnet mit dem Computermodell GROWA. Übersteigt der Nitratwert 50 Milligramm pro Liter, ist das Risiko für eine Nitratbelastung des Grundwassers besonders hoch. In NRW sind das die Regionen, in denen besonders intensiv Viehhaltung betrieben wird.

Partner-Projekt GROWA+NRW 2021:
Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-3), Johann Heinrich von Thünen-Institut (Braunschweig), Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen

← **30 Prozent aller Fließgewässer in Niedersachsen sind durch Arzneimittel belastet, darunter auch die Leine in Hannover.**

„Noch keine Grenzwerte für Medikamente“

Nitrate sind nicht die einzigen Stoffe, die das Wasser belasten. Mittlerweile gleichen Flüsse, Seen und Grundwasser einem wahren Medikamentencocktail. Mit der in Jülich entwickelten Software GROWA lässt sich – neben Nitrat – auch dieser Cocktail untersuchen. Der Jülicher Wasserexperte Dr. Björn Tetzlaff im Gespräch.

Eine Studie, die Sie im Auftrag des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz durchgeführt haben, hat gezeigt: Die Flüsse um Osnabrück, Braunschweig und Hannover sind stark mit Arzneimitteln belastet. Wie kommt es dazu?
Der Großteil der eingenommenen Arzneiwirkstoffe verbleibt nicht im Körper, sondern wird wieder ausgeschieden und gelangt somit ins Abwasser. Kläranlagen können sie – wenn überhaupt – nur zu einem gewissen Prozentsatz herausfiltern. In den genannten Regionen konzentrieren sich einerseits viele Einwohner und andererseits führen die Flüsse nicht immer genügend Wasser, um die gereinigten Abwässer ausreichend zu verdünnen. Das Problem wird sich künftig weiter verstärken, denn die Menschen werden immer älter und nehmen mit zunehmendem Alter auch vermehrt Medikamente.

Wie wirken sich die Rückstände aus?
Wie sich der „Medikamenten-Cocktail“ im Abwasser auf einzelne Spezies oder gar ein gesamtes Ökosystem auswirkt, ist bislang nicht erforscht – hier betreten wir Neuland. Auch ist nicht klar, welchen Einfluss die Rückstände auf das Trinkwasser haben. Daher gibt es noch keine amtlichen Grenzwerte.

Was ist der nächste Schritt?
Zunächst einmal müssen wir wissen, welche weiteren Substanzen im Abwasser sind. Dazu starten wir ein Folgeprojekt, in dem wir nicht nur drei, sondern 17 Wirkstoffe erfassen. Darunter sind nun auch Verhütungsmittel und Mittel gegen Stoffwechselstörungen. Dazu verfeinern wir das in Jülich entwickelte Computermodell GROWA, das wir bereits im ersten Projekt eingesetzt hatten. Wenn wir genau wissen, welche Stellen wie stark mit welchen Wirkstoffen belastet sind, können auch passende Gegenmaßnahmen entwickelt werden.

DAS INTERVIEW FÜHRTE JANINE VAN ACKEREN

↑ Der Biophysiker Prof. Paolo Carloni modelliert, was sich im menschlichen Körper auf molekularer Ebene abspielt – zum Beispiel bei Sinneswahrnehmungen, aber auch bei neurodegenerativen Erkrankungen, AIDS oder Krebs.

Geschmacksache

Kaffee? Für Paolo Carloni der perfekte Start in den Tag. Aber nicht jeder mag den typischen Kaffeegeschmack und die häufig etwas bittere Note. Der Forscher interessiert sich genau dafür: Zusammen mit seinen Kollegen untersucht er, was im menschlichen Körper beim Schmecken von Bitterstoffen abläuft – und beginnt ganz am Anfang: auf der Zunge.

Auf den ersten Blick ist nichts Auffälliges im Büro von Paolo Carloni zu entdecken: ein Schreibtisch mit Computer, ein Regal mit Büchern, ein Besprechungstisch mit Stühlen. Erst beim genauen Hinsehen fällt die kleine Espressomaschine ins Auge. Paolo Carloni nimmt zwei Tassen und stellt sie unter das Gerät. Ein Knopfdruck, ein Brodeln, ein Zischen und die Tässchen sind mit dem italienischen Nationalgetränk gefüllt, obenauf schwimmt der typische goldbraune Schaum – die Crema. Der in Florenz geborene Biophysiker reicht seinem italo-argentinischen Arbeitskollegen Dr. Alejandro Giorgetti eine Tasse. Carloni nippt an seinem Kaffee, in dem weder Zucker noch Milch etwas zu suchen haben. Er mag den leicht bitteren Geschmack des Espressos. „Kaffee löst auf unserer Zunge komplexe Reaktionen aus. Das beginnt an den Bitter-Rezeptoren."

Beide Wissenschaftler arbeiten am Institute for Advanced Simulation, Bereich Computational Biomedicine. Carloni ist dessen Direktor. „Wir wissen bislang kaum etwas darüber, wie Bitterstoffe im Körper wirken und wie die Reizverar-

beitung im Gehirn abläuft. Deshalb wollten wir zunächst einmal mehr über die Struktur der Bitter-Rezeptoren herausfinden."

Mithilfe seiner Zunge kann der Mensch die fünf Geschmacksrichtungen süß, sauer, salzig, bitter und umami unterscheiden. Die Fähigkeit, bitter zu schmecken – der komplexeste aller Geschmäcker –, war bereits vor Tausenden Jahren nützlich. Der bittere Geschmack vieler giftiger Pflanzen bewahrte Jäger und Sammler davor, sie zu verzehren.

Die beiden Wissenschaftler nehmen noch einen Schluck Espresso. „Auf unserer Zunge gibt es 25 unterschiedliche Bitter-Rezeptoren, die etwa 10.000 bittere Substanzen aus dem Geschmackskosmos herausfiltern können", sagt Alejandro Giorgetti, der sich seit vielen Jahren mit der Struktur von Molekülen beschäftigt, vor allem mit Rezeptoren auf neuronalen Membranen wie den zahlreichen Bitter-Rezeptoren auf der Zunge.

„Wie die Rezeptoren die bitteren Substanzen aus so komplexen Stoffen wie unserer Nahrung herausfiltern, war lange unklar", erzählt Carloni, „aber vor ein paar Jahren stellte Professor Wolfgang Meyerhof vom Deutschen Institut für Ernährungsforschung eine interessante These zu den Bitter-Rezeptoren auf, die er mit uns überprüfen wollte. Er meinte, die Bitter-Rezeptoren besäßen vielleicht eine Art Tor, durch das nur bestimmte Moleküle schlüpfen können. Diese docken an die Rezeptoren an und starten den Prozess, der uns Menschen bitter schmecken lässt."

MIT STRYCHNIN GESTARTET

Gemeinsam nahmen sich die Forscher zunächst einen Rezeptor vor, von dem bereits bekannt war, dass die überaus giftige und bitter schmeckende Verbindung Strychnin daran bindet. „Mithilfe dieser Daten und moderner bioinformatischer Verfahren modellierten wir eine mögliche Struktur des Strychnin-Rezeptors und sagten dann voraus, wo genau das Strychnin an ihm andocken könnte", sagt Giorgetti. Meyerhof und sein Team überprüften in Laborversuchen mit menschlichen Zellen, ob die Annahmen der Jülicher Forscher korrekt waren. Tatsächlich bestätigten Meyerhofs Experimente das Ergebnis der Simulationen: Das Strychnin verband sich wie vorhergesagt mit dem Bitter-Rezeptor. Das ermutigte Carloni und sein Team, an ihrem Modell weiterzuarbeiten: Sie simulierten auf Jülicher Supercomputern verschiedene Interaktionen zwischen dem Strychnin und dem Rezeptor. „Dabei entdeckten wir etwas Unerwartetes: Der Rezeptor hat nicht nur eine Andockstelle für Moleküle, sondern zwei. Die erste dient in der Tat als eine Art Tor, das nur passende Moleküle zur zweiten Andockstelle durchlässt. Daran bindet das Strychnin und löst ein Signal aus, das ins Gehirn weitergeleitet wird", erläutert Carloni. Diese von Meyerhof vorhergesagte Einlasskontrolle könnte ein sehr effizientes Verfahren sein, wie unsere Zunge die Vielzahl an unterschiedlichen Stoffen vorab filtert.

ERST SCHMECKEN, DANN RIECHEN

Inzwischen konnten Carloni und Giorgetti bereits die dreidimensionale Struktur eines zweiten Bitter-Rezeptors entschlüsseln. Und es könnte schnell weitergehen: „Wir sind optimistisch, dass wir innerhalb eines Jahres die Struktur der restlichen Bitter-Rezeptoren aufdecken können", so Carloni. Die jahrelange Arbeit an den Modellen und Simulationen zahlt sich nun aus – denn diese lassen sich universell heranziehen, um die Struktur anderer Rezeptoren aufzuklären.

Doch die Forscher wollen es nicht bei den 25 unterschiedlichen Bitter-Rezeptoren auf der Zunge belassen. Erst vor Kurzem haben Wissenschaftler der Uniklinik Freiburg herausgefunden, dass es ähnliche Bitter-Rezeptoren auch auf der Haut gibt. Und sogar im Gehirn, in der Lunge oder im Darm wurden sie entdeckt. Vermutlich beeinflussen sie dort das Immunsystem und den Stoffwechsel. Auch die Struktur dieser Rezeptoren könnte mit den vorhandenen Modellen aufgedeckt werden.

Danach wollen sich Paolo Carloni und Alejandro Giorgetti einem weiteren, noch komplexeren Sinn widmen: dem Riechen und den unzähligen Rezeptoren, die daran beteiligt sind.

Mittlerweile sind in den beiden Espressotassen nur noch die Reste der Crema übrig. „Unsere Arbeit ist Grundlagenforschung, der praktische Nutzen mag nicht auf den ersten Blick offensichtlich sein", sagt Paolo Carloni. „Aber ich glaube, dass sie dazu beitragen wird zu verstehen, wie der Vorgang des Schmeckens oder Riechens in unserem Körper genau abläuft. Und vielleicht können wir mit diesen Erkenntnissen eines Tages Lebensmittel herstellen, die uns noch besser schmecken."

Noch aromatischeren Espresso zum Beispiel, den dann nicht nur Paolo Carloni ohne Zucker und Milch trinkt.

JOCHEN STEINER

149 Liter Kaffee trinkt jeder Deutsche im Schnitt pro Jahr – Mineralwasser dagegen nur 137 Liter.

Die Bitterstoffe im Kaffee entstehen vor allem beim Rösten und Aufbrühen der Kaffeebohnen.

Die Kaffeesorte Robusta enthält deutlich mehr Bitterstoffe als Arabica, die zweite Hauptanbausorte.

Olymp für Material-forscher und Skifahrer

2,2 plus

2,2 Quadratkilometer misst der Campus des Forschungszentrums. Jülicher Wissenschaftler sind aber über den Campus hinaus aktiv – etwa am Institut Laue-Langevin (ILL) in Grenoble, das die stärkste kontinuierliche Neutronenquelle der Welt betreibt.

↑ **Grenoble ist die größte Stadt der Alpen, direkt am Hochgebirge. Hier vereinigen sich die beiden Flüsse Isère und Drac.**

Ortskunde

Deutsch-französische Freundschaft
1967 gründen Deutschland und Frankreich das Forschungszentrum Institut Laue-Langevin (ILL) in Grenoble. Wesentlichen Anteil daran haben die Freundschaft und das gemeinsame Engagement des französischen Nobelpreisträgers Louis Néel, Physik-Professor in Grenoble, und seines deutschen Kollegen Heinz Maier-Leibnitz. Der deutsche Kernphysiker wird Gründungsdirektor des ILL.

Paradies für Bergliebhaber
Berge, wohin man blickt: Drei Gebirgsmassive mit Gipfelhöhen bis zu fast 3.000 Metern umgeben Grenoble. Wanderer, Kletterer, Mountainbiker und vor allem Skifahrer kommen hier voll auf ihre Kosten; die Talstationen der Lifte lassen sich von der Innenstadt aus in weniger als einer Stunde erreichen.

Olympisch
Ein Wohnviertel Grenobles heißt „Village Olympique" – nur der Name erinnert noch an das olympische Dorf der Winterspiele von 1968. Es waren die ersten Olympischen Spiele, bei denen Dopingproben genommen wurden.

1.500

Wissenschaftler und mehr reisen jährlich nach Grenoble, um dort mit Neutronen die Position und die Bewegung von Atomen in Materialien zu erkunden.

Wieso dort?

Dr. Karin Schmalzl arbeitet mit einem weiteren Forscher aus Jülich in einem internationalen Team am Institut Laue-Langevin (ILL).

Was machen Sie am ILL?
Ich unterstütze Gastforscher, die mit einem Jülicher Spektrometer Neutronenmessungen durchführen. Daneben erforsche ich mit diesem Instrument grundlegende Eigenschaften von magnetischen Materialien, die für energiesparende Kühlsysteme interessant sind.

Messzeiten sind sicher begehrt, oder?
Auf jeden Fall. Um die wertvolle Zeit zu nutzen, in denen der Neutronenstrahl zur Verfügung steht, arbeite ich manchmal spät abends sowie an den Wochenenden.

Warum betreibt Jülich dort ein Gerät?
Um Zugang zu einer der weltweit stärksten Neutronenquelle zu haben. Mir ihr lassen sich besonders gut Materialien untersuchen, etwa für die Energietechnik.

GEFÄLLT UNS

AUS DEM FORSCHUNGSALLTAG

Zwei neue Jülich Blogs

Einige Leser kennen Reimar Bauer vielleicht noch aus der effzett-Ausgabe 01/2016 „Python – Die wunderbare Welt des Programmierens“. Der Wissenschaftler aus dem Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung beschreibt dort, wie er Anwendungen für den Wissensaustausch programmiert. In seinem Blog „Verändere die Welt, programmiere“ gewährt er praktische Einblicke in kleine Programme, die unseren Alltag vereinfachen. Der zweite neue Jülich Blog, „DocBlog“, widmet sich dagegen keinem spezifischen Forschungsthema. Stefanie Hamacher schreibt vielmehr zu übergeordneten Themen der Jülicher Doktoranden, die sich im „DocTeam“ organisieren.

– BLOGS.FZ-JUELICH.DE –

BEWEGUNGSSTUDIE

Tanzen ist Kunst – und Wissenschaft

Was macht eine Frau zu einer guten Tänzerin? Dieser Frage gingen Wissenschaftler der britischen Northumbria University nach und ließen 39 Tänzerinnen schemenhaft aufzeichnen und von 200 Testpersonen bewerten. Eine Animation auf der Webseite der New York Times zeigt, was eine Tänzerin demnach besonders attraktiv macht: große Hüftschwünge und das unterschiedliche Bewegen der rechten und linken Gliedmaßen, sogenannte asymmetrische Arm- und Oberschenkelbewegungen. Hinter den rhythmischen Bewegungen vermuten die Wissenschaftler Anzeichen für die weibliche Fruchtbarkeit. Das Tanzen von Männern hatten die Wissenschaftler übrigens bereits im Vorfeld untersucht – hier steht insbesondere der Oberkörper im Fokus der Zuschauerinnen.

– WWW.NYTIMES.COM –

STICHWORT: DANCE MOVES WOMEN HIPS

WEBVIDEO

Evolution in 24 Stunden

Presst man die Evolution in einen Tag, betritt der moderne Mensch erst kurz vor Mitternacht die Bühne. Das Team der ARD-Sendung Planet Wissen erklärt in einem Webvideo, wie gegen 22 Uhr die ersten Pflanzen- und Tierarten den Ozean verlassen. Um 22:45 Uhr beherrschen die Dinosaurier für ein paar Minuten die Welt, ehe sie durch einen Meteoriteneinschlag ausgelöscht werden. Erst um 23 Uhr schlägt die Stunde der Säugetiere. 59 Minuten später betreten die ersten Primaten die Erde. Der Homo sapiens erscheint jedoch erst drei Sekunden vor Mitternacht.

– WWW.PLANET-WISSEN.DE –

STICHWORT: EVOLUTION IN 24 STUNDEN

FORSCHUNG IN EINEM TWEET

Fit für den Einsatz – Jülicher Brennstoffzellen setzen im Notfall Polizeifunk unter Strom. #PolizeiNRW #Brennstoffzelle

Dr. Martin Müller

und seine Kollegen vom Institut für Energie- und Klimaforschung haben neun Monate getestet, ob ihre Direktmethanol-Brennstoffzellen die Anforderungen der Polizei in Nordrhein-Westfalen erfüllen – mit Erfolg: An einer Funkbasisstation lieferten die Zellen stets die geforderten 72 Stunden Notstrom für den Digitalfunk. Nun gilt es, ein serienreifes Produkt zu entwickeln.

www.fz-juelich.de/notstrom-fuer-polizei

JÜLICH
FORSCHUNGSZENTRUM