



Computer trifft Zelle

Forscher belauschen den
Dialog der Neuronen

SAUBER

Wie sich die
Atmosphäre reinigt

ELEMENTAR

Neuzugang
im Teilchenzoo

UNHEIMLICH

Wenn Angst
krank macht



Tausende Tropfen Grünes

Die Farbe ist Programm: Grüner Treibstoff für Flugzeuge soll aus den hier wachsenden Mikroalgen gewonnen werden. Jülicher Pflanzenforscher testen dafür verschiedene Anlagen zur Algenproduktion. In dieser Anlage sickert eine Nährlösung mit Algen durch mehrere Schichten von Netzen. Dabei nehmen die Algen Licht und Kohlendioxid auf und vermehren sich. Anschließend tropft die wässrige Algenlösung in Auffangbecken im Boden. Christina Schreiber hilft mit einem Wasserschieber nach, damit sich das kostbare Gemisch dort sammelt. Aus den Becken wird die Lösung nach oben gepumpt und wieder auf die Netze gesprüht. Diese Reise macht eine einzelne Alge bis zu sechsmal in der Stunde. Sind in dem Kreislauf genug Algen gewachsen, werden sie geerntet, und ihr Öl wird zu Kerosin verarbeitet.

NACHRICHTEN

5

SCHWERPUNKT

Brückenbauer zwischen zwei Welten

Bioelektroniker wollen die Kommunikation zwischen Nervenzellen entschlüsseln. Dafür lassen sie Neuronen auf Mikrochips wachsen.

8

FORSCHUNG

Lizenz zum Schmieren



Prof. Martin Müser verringert die Reibung von Bauteilen radikal: mit Wasser, Öl und molekularen Bürsten.

14

Wäsche mit OH-Effekt

Aktuelle Fragen zur Selbstreinigung der Atmosphäre – ein Blick in die Waschtrommel.

16

Neues Wissen über Eiweiß



Von Schockfrieren bis Beschießen: Jülicher Forscher entschlüsseln Struktur von drei Proteinen.

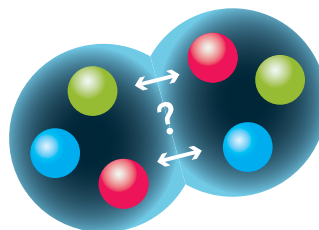
18

Augen-Blick bitte!

Wer tratscht, wird belohnt – und zwar im Gehirn. Dabei spielen Blickkontakte eine wichtige Rolle.

20

Neue Spezies im Teilchenzoo



Eine weitere Bestätigung für das Weltbild der Physiker: Quarks gibt es auch im Sechserpack.

22

Die Chemie der Angst



Alarm im Nervensystem: Chemische Veränderungen im Gehirn lösen Panikattacken aus.

24

RUBRIKEN

Aus der Redaktion

4

Impressum

4

Woran forschen Sie gerade?

19

2,2 plus

26

Gefällt uns

27

Forschung in einem Tweet

28

Zum Anbeißen



↑ Die effzett fürs Tablet?
Entweder den QR-Code
mit dem Tablet scannen
oder über unsere
Internetseite:
www.fz-juelich.de/effzett



App
Store
(iPad/iOS)



Google
Play
(Android)

Angeln Sie? Wir nicht. Darum wurden wir im Herbst dieses Jahres auch kurz unruhig. Seit dem Frühjahr beschäftigte uns der Relaunch unseres Magazins „Forschen in Jülich“. Lebendiger und luftiger als bisher, so lautete das Ziel. Im Sommer gab es erste Entwürfe zum neuen Layout, im Herbst folgten die Texte. Einzig der Name des Magazins blieb: bewährt, aber auch in die Jahre gekommen. Wir überlegten lange, ob wir dennoch dabei bleiben, sichteteten eine Fülle von Vorschlägen, sammelten und verwarfen Ideen und entschieden uns schließlich für den vollständigen Neustart. Aus „Forschen in Jülich“ wurde „effzett“, kurz für Forschungszentrum.

Doch kaum beschlossen, stellte sich heraus, dass der Name einen Haken haben könnte, genauer gesagt einen Angelhaken. Seit Jahrzehnten gibt es den Effzett-Blinker, einen künstlichen Fischköder zum Angeln von Raubfischen. Aber gemach, wie unsere Rechtsabteilung befand: Der blinkende Namensvetter fischt in anderen Gewässern, Medienprodukte sind nicht betroffen. Das heißt, wir dürfen Sie ködern und hoffen, Sie beißen an. In dem Sinne: Petri Heil! Und viel Spaß mit der ersten Ausgabe der „effzett“ – natürlich auch weiterhin online und als Magazin-App verfügbar.

Ihre effzett-Redaktion

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, Katja Lüers, Christoph Mann, Tobias
Schlößler, Dr. Barbara Schunk, Annette Stettien,
Ilse Trautwein, Angela Wenzik, Erhard Zeiss,
Peter Zekert

Grafik und Layout: SeitenPlan GmbH,
Corporate Publishing Dortmund

Bildnachweis: Forschungszentrum Jülich (2, 3 li.,
6 li. o., 10, 12, 13 re., 14-15, 19, 21 [Monitor], 23 o.,
24 u., 25 o. klein, 27 li., 28), Forschungszentrum
Jülich/SeitenPlan (3 m. u., 23 u.), © Ed Bock/
CORBIS (20), Cranach/Shutterstock.com (3 re. o.,
24), IAGOS (7 li. u.), Liashko/Shutterstock.com
(21 Monitor), Winston Link/Shutterstock.com
(3 m. o., 18), NorGal/Shutterstock.com (6 li. u.),
Eka Panova/shutterstock (22), pockygalleries/Shut-
terstock.com (27 re.), RWTH Aachen/A. Vogel und
R. Knauf (5), Sailorr/Shutterstock.com (7 re. o.),

W. Schürmann/TUM (26), SeitenPlan Illustrationen
(1, 8-13, 16-17), Wasserwirtschaftsamt
Ansbach (7 li.), Lisa F. Young/Shutterstock.com
(6 re.)

Kontakt: Geschäftsbereich
Unternehmenskommunikation,
Tel.: 02461 61-4661, Fax: 02461 61-4666,
E-Mail: info@fz-juelich.de

Druck: Schloemer Gruppe GmbH

Auflage: 6.000



BIOWISSENSCHAFTEN

Wilde Gene gegen Stress

Wissenschaftler haben neue Hinweise darauf gefunden, warum die Wildtomate *Solanum pennellii* extrem stresstolerant ist. Ein internationales Forscherteam hat das komplette Genom der Pflanze entschlüsselt – und damit auch Abschnitte im Genom, die beispielsweise für Stresstoleranz verantwortlich sind. Die Ergebnisse liefern wertvolle Hinweise für die künftige Züchtung von Kultur-tomaten. Züchter setzen die Sorte aufgrund ihrer Eigenschaften oft zur Kreuzung von Tomaten ein. Ein Vorteil der Wildtomate: Trockenheit macht ihr deutlich weniger zu schaffen.

– INSTITUT FÜR BIO- UND GEOWISSENSCHAFTEN –

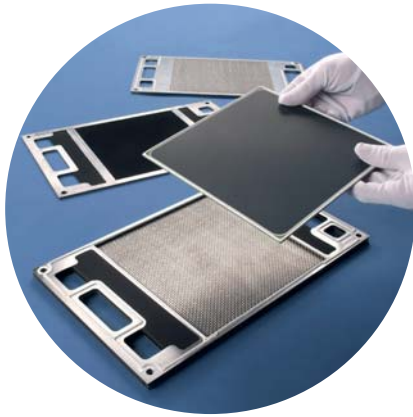
↑ Wildtomate
Solanum pennellii

MATERIALFORSCHUNG

Auf Abstand bedacht

Eine erstaunliche Eigenschaft haben Wissenschaftler aus Graz und Jülich bei einem organischen Halbleiter entdeckt. Perylentetracarbonsäuredianhydrid, kurz PTCDA, geht auf Abstand, wenn es sich enger bindet. Genauer gesagt, die Halbleitermoleküle bewegen sich von einer Metalloberfläche weg, wenn man sie mit Kupferphthalocyanin (CuPc), einem anderen Halbleitermaterial, mischt. Zugleich verstärkt sich aber ihre chemische Bindung an die Oberfläche. Eigentlich suchen Atome und Moleküle die Nähe, wenn sich eine Bindung verstärkt. Ursache für die scheinbar paradoxe Situation: Das in der Verbindung stärkere PTCDA-Molekül saugt Elektronen vom schwächeren CuPc-Molekül ab. Neben ihrer wesentlichen Bedeutung für die Grundlagenforschung sollen diese neuen Erkenntnisse auch in die Entwicklung organischer Leuchtdioden und Solarzellen einfließen.

– PETER GRÜNBERG INSTITUT –



61.000

Stunden Betriebszeit ...

... bedeuten einen neuen Weltrekord. Seit 2007 läuft ununterbrochen ein Stapel von flachen Festoxid-Brennstoffzellen (SOFC) des Forschungszentrums Jülich (Bild: einzelne SOFC). Das zeigt, dass die verwendeten Werkstoffe über einen langen Zeitraum stabil sind und die Anlage kontinuierlich Strom produzieren kann. Der Stapel besteht aus allen Komponenten, die ein mögliches kommerzielles Produkt später enthalten könnte.

– INSTITUT FÜR ENERGIE- UND KLIMAFORSCHUNG –



NANOELEKTRONIK

Beweglicher als erwartet

Jülicher und amerikanische Wissenschaftler haben erstmals beobachtet, wie sich die Strukturen im Inneren bestimmter zukunftsweisender Schaltelemente im Detail ausbilden. Aufnahmen mit dem Transmissionselektronenmikroskop zeigen, wie sich Metallnanocluster in einer resistiven Speicherzelle bewegen, wenn diese von einem Zustand in den anderen umschaltet. Vergleichbare Mobilität wurde bisher eher mit Flüssigkeiten in Verbindung gebracht.

– PETER GRÜNBERG INSTITUT –



BIOCHEMIE

Möglicher Wirkstoff gegen Alzheimer

Jülicher Wissenschaftler testen derzeit einen neuartigen Wirkstoffkandidaten gegen die Alzheimersche Demenz. Der potenzielle Wirkstoff ist von einem D-Peptid mit dem Namen „D3“ abgeleitet und wurde von einer Forschergruppe um den Jülicher Biochemiker Prof. Dieter Willbold entwickelt. Er greift auf molekularer Ebene in den für die Alzheimer-Krankheit verantwortlichen Prozess ein. Dabei bildet der Eiweißstoff Beta-Amyloid kleine Klumpen im Gehirn. Diese sogenannten Oligomere zerstören die Nervenzellen. Die Wissenschaftler prüfen zunächst die Sicherheit der Substanz – ein unerlässlicher Schritt auf dem Weg zum Medikament. Für die Arbeiten erhält die Forschergruppe zwei Millionen Euro Fördermittel aus dem Helmholtz-Validierungsfonds.

– INSTITUTE OF COMPLEX SYSTEMS –

UMWELTFORSCHUNG

Algenplage ade

Mit der Algenplage im Altmühlsee in Nordbayern (Bild) könnte bald Schluss sein. Eine Jülicher Studie weist präzise nach, aus welchen Quellen und in welchen Mengen das für die übermäßige Algenproduktion verantwortliche Phosphat in den See gelangt. Hauptverursacher sind die Landwirtschaft sowie nahe gelegene Klärwerke. Die Klärwerke sollen nun optimiert und die betreffenden Landwirte beraten werden, um die Phosphat-Belastung aus Gülle und Mineraldünger langfristig in den Griff zu bekommen. Der künstlich angelegte Altmühlsee wird oft als „fränkische Adria“ bezeichnet. Aufgrund der Algenplage musste das Baden im See immer wieder verboten werden.

– INSTITUT FÜR BIO- UND GEOWISSENSCHAFTEN –



Vielflieger

Jeder Strich steht für eine Flugroute: Seit 2011 haben Linienflieger fast 4700-mal Messinstrumente mit an Bord genommen. Die Geräte analysieren während des Fluges klimarelevante Spurenstoffe. Sie werden unter der Federführung des Forschungszentrums Jülich von der europäischen Forschungsinfrastruktur IAGOS betrieben.

WEITERHIN IN DEN TOP TEN

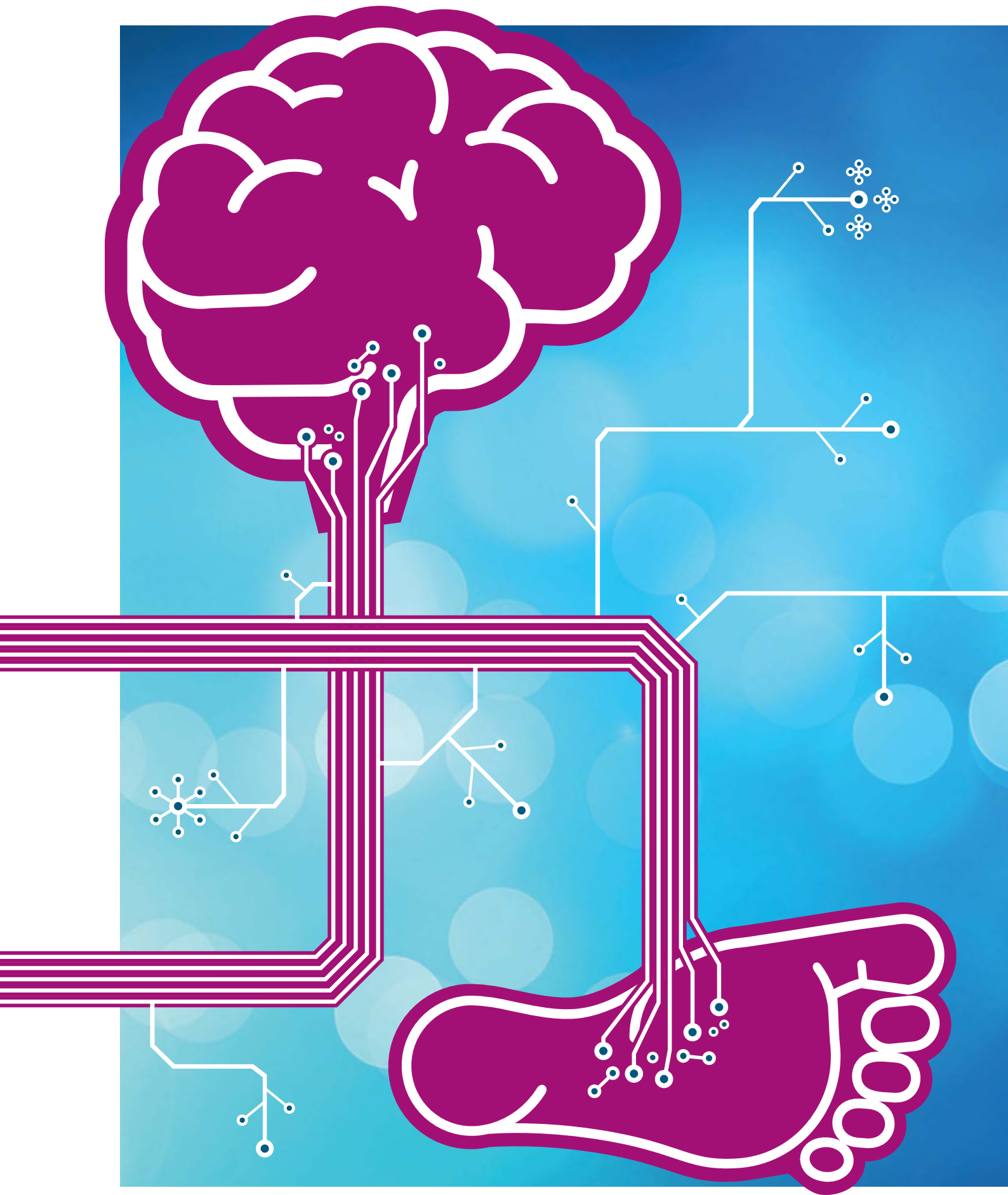
JUQUEEN steht erneut in den Top Ten der schnellsten Rechner der Welt. In der Mitte November veröffentlichten Liste der Top 500 belegt der Jülicher Supercomputer den achten Platz. Damit ist er weiterhin Deutschlands schnellster Rechner. JUQUEEN schafft mit seinen insgesamt 458.752 Rechenkernen 5,9 Petaflops, das sind 5,9 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde.

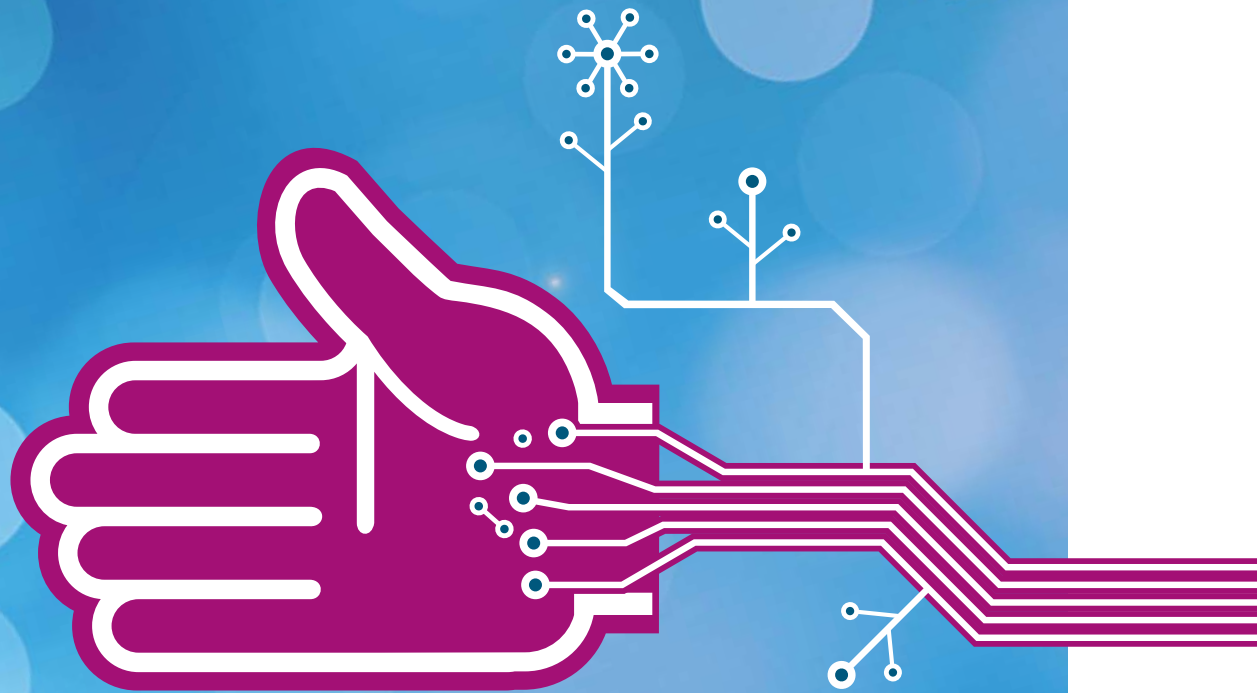
MEHR LICHT IN DIE ZELLE

Jülicher Forscher haben ein neues Ätzverfahren für Silizium-Dünnschicht-Solarzellen entwickelt, mit dem sich der Lichteinfang gezielt verbessern lässt. Dadurch erhöht sich der Wirkungsgrad. Die neue Methode kombiniert das klassische Herstellungsverfahren, bei dem Salz- oder Flusssäure eingesetzt wird, mit einem elektrochemischen Ätzverfahren.

BIOKATALYSATOR NACH MASS

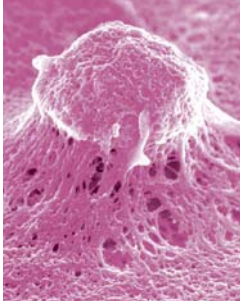
(S)-Benzoin, ein spezieller Baustein für die organische Chemie, kann künftig effizienter und nachhaltiger hergestellt werden. Dafür sorgt ein neues, in Jülich entwickeltes Verfahren mit einem maßgeschneiderten Biokatalysator. Es arbeitet mit weniger Reaktionsschritten, milderer Reaktionsbedingungen und besserer Selektivität als bisherige Synthesewege.





Brückenbauer zwischen zwei Welten

Im Gehirn „unterhalten“ sich rund 100 Milliarden Nervenzellen permanent miteinander. Nur wie und worüber? Um der Unterhaltung lauschen zu können und die Kommunikation zu entschlüsseln, lassen Jülicher Bioelektroniker Neuronen auf Mikrochips wachsen.



↑ Die Zelle umschließt eine pilzförmige Nanoelektrode – die optimale Form, um Kontakt mit lebenden Zellen aufzunehmen.

Die Zukunft beginnt hinter Glas: Gelbes Licht, glänzender Stahl, unzählige Rohre, Kabel und leuchtende Displays prägen das Bild. Menschen laufen in Schutzanzügen und Überschuhen durch die hochmodernen Labore. Der eine oder andere wirft einen Blick durchs Glas nach draußen. Ob sie grüßen, lässt sich nicht feststellen, alle tragen einen Mundschutz. Wer hinter das Glas will, braucht einen Zugangscode und muss sich zunächst in die Schleuse begeben: Luftdüsen pusten dort die letzten Staubpartikel weg. Auf der anderen Seite der Schleuse wartet vermutlich der sauberste Ort auf dem Gelände des Forschungszentrums Jülich: die Helmholtz Nanoelectronic Facility (HNF), ein Reinraumlabor, das millionenfach sauberer ist als unsere normale Umwelt.

Für Prof. Andreas Offenhäusser ist diese futuristisch anmutende Atmosphäre nichts weiter als Alltag. Im Reinraumlabor entstehen jene hochsensitiven Mikrochips, die die Basis bilden für die Arbeit am Peter Grünberg Institut/Institute of Complex Systems im Bereich Bioelektronik: Ein Netzwerk aus Physikern, Chemikern, Biologen und Elektrotechnik-Ingenieuren will herausfinden, wie einzelne Nervenzellen oder ganze

Zellverbände miteinander kommunizieren. Dafür lassen die Forscher in ihren Biolaboren Neuronen auf elektronischen Bauelementen wachsen und verknüpfen Biologie und Elektronik – und das in der Größenordnung von Mikro- und Nanometern. Die Forscher um Offenhäusser bauen also Brücken zwischen zwei Welten. Und das gelingt ihnen, weil sowohl biologische Systeme als auch elektronische Schaltkreise elektrische Impulse zur Informationsverarbeitung nutzen.

„DEN NERVENZELLEN ZUHÖREN“

Die Elektroden auf dem Chip wandeln die elektrischen oder biochemischen Signale der Zelle – je nach Versuchsaufbau – in Strom oder Spannung um. Die abgeleiteten Signale geben den Wissenschaftlern Aufschluss, wie sich die Nervenzellen im Gehirn „unterhalten“, wie sie also Informationen weiterleiten. Damit die Nervenzelle überhaupt auf der Chipoberfläche wächst, tragen die Forscher mit einem mikrometerfeinen Stempel Proteine als Wachstumsanreiz auf die Elektroden auf.

Würde es den Wissenschaftlern gelingen, eine gute und dauerhafte Verbindung mit den Nervenzellen aufzubauen, die „Unterhaltung“ von Neuron zu Neuron zu entschlüsseln und die Informa-

Science-Fiction-Atmosphäre: Im Jülicher Reinraumlabor stellen Forscher Mikrochips her, auf denen später Nervenzellen wachsen.



CYBORG-ALLTAG (1)

Der erste Cyborg

Die Geschichte von Neil Harbisson ging 2013 um die Welt: Farbenblind von Geburt an, erlaubt ihm ein Gerät, das „Eyeborg“, Farben über Töne zu erfahren. Nach wochenlangem Hin und Her akzeptierten die britischen Behörden die Kamera als Teil seines Körpers. Das elektronische Auge steht nun in seinem Pass. Harbisson bezeichnet sich als erster staatlich anerkannter Cyborg.



tionsausbreitung nachzuvollziehen, wäre das für die Medizin ein Quantensprung: Bioelektronische Implantate fürs Ohr oder fürs Auge ließen sich optimieren, Taube könnten hören und Blinde sehen. Künstliche Gliedmaßen ließen sich durch gezielte Nervenimpulse steuern, Querschnittsgelähmte könnten wieder gehen. Erste Schritte auf dem Weg zum Cyborg wären gegangen. Diese Mischwesen aus Mensch und Maschine hatte William Gibson in seinem Roman *Neuromancer* 1984 schon vorhergesehen.

Bis dahin ist es noch ein weiter Weg: Die rund 100 Milliarden Nervenzellen im Gehirn, die ständig über elektrische und biochemische Verbindungen miteinander kommunizieren, stellen die Wissenschaftler vor große Herausforderungen. Unser Gehirn ist leistungsfähiger als jeder Supercomputer. Offenhäuser, der seit über 20 Jahren an der Schnittstelle Elektronik/Biologie arbeitet, vergleicht seine Arbeit mit einem riesigen Puzzle, in das sich immer mehr Teile einfügen.

Je nach Anwendungsbedarf lassen die Jülicher Forscher die Nervenzellen auf unterschiedlichen Chips wachsen: Da gibt es die robusten Mikroelektrodenarrays, die deutlich sensitiveren Silizium-Nanodraht-Transistoren sowie die Graphen-Transistoren. Als Wunderwerkstoff gefeiert, sorgte Graphen in jüngster Vergangenheit für viel Aufsehen. Die wabenförmige Anordnung von Kohlenstoffatomen in Form eines Maschendrahtzauns ist härter als Diamant, fester als Stahl und extrem leicht. Das zweidimensionale Netzwerk bietet zudem hervorragende elektronische Eigenschaften, ist chemisch stabil und biologisch gut

verträglich. „Für uns ist Graphen vor allem als Material für Neuro-Implantate interessant“, erklärt Offenhäuser. Während starre Silizium-Implantate schnell das Gewebe verletzen oder vom Körper angegriffen und eingekapselt werden, sind die ultradünnen Graphen-Schichten biegsam und könnten sich als Seh-, Gehör- oder Gehirnimplantate bewähren. Nach wie vor scheitern die heutigen Neuro-Prothesen daran, dass die Elektronik sich nicht gut mit den Nervenzellen verbinden lässt: „Die Auflösung über einen langen Zeitraum ist noch zu schlecht. Deshalb brauchen wir neue Materialien“, weiß Offenhäuser.

OPTIMALER KONTAKT

Über die Jahre haben die Jülicher Forscher eine Plattformtechnologie entwickelt, die sie immer weiter ausbauen und sensitiver machen, um für bestimmte Fragestellungen das entsprechende Werkzeug zur Verfügung zu stellen. Mal reizen die Forscher Nervenzellen, mal „hören“ sie die Antworten ab. Dafür setzen sie elektrische, elektrochemische und optogenetische Methoden ein. Bei Letzteren steuern sie genetisch veränderte Zellen mit Licht.

Grundlage für alle Systeme ist ein möglichst optimaler Kontakt zwischen Nervenzelle und Elektrode. „Das ist einer unserer Forschungsschwerpunkte: Können wir eine künstliche Synapse bauen?“, bringt es der Physiker auf den Punkt.



CYBORG-ALLTAG (2)

Konto im Oberarm

Der reiskorngroße Funkchip „Verichip“ aus den USA sollte als implantierbarer Notfall-Ausweis fungieren und alle relevanten Personendaten speichern. In Barcelona ließen sich Partygänger den Chip als persönliche Eintritts-, Ausweis- und Verzehrkarte in einem Club direkt unter die Haut spritzen. Inzwischen steht das Chip-Implantat unter Verdacht, Krebs hervorzurufen.

Die Synapse ist die engste Verbindung zwischen zwei Nervenzellen. Der Abstand zwischen Zelle und Elektrode beeinflusst, wie viele Signale der Wissenschaftler überhaupt messen kann. „Schon der Abstand von einem zehntausendstel Millimeter reicht aus, und wir können kaum noch etwas messen“, sagt Offenhäusser. In jüngster Zeit und international viel beachtet konnten die Forscher zeigen, dass neben dem Abstand auch das Design der Nanoelektroden entscheidend für eine gute Signalübertragung ist. Damit die Nervenzelle möglichst dicht an die Elektrode kommt, tricksen die Forscher sie aus: Die meisten Zellen haben die Eigenschaft, dass sie Fremdkörper umhüllen und aufnehmen, Experten sprechen von Phagozytose. Offenhäussers Team hat nun Kügelchen auf einem Goldstiel als Nanoelektrode auf der Chipoberfläche befestigt. Die Nervenzelle versucht, diesen Nano-Pilzkopf vollständig zu umhüllen und rückt dadurch dichter an die Elektrode als bisher.

In einem zweiten Ansatz spielen die Forscher der Zelle vor, dass sie nicht auf einer harten Elektrode, sondern auf einer weichen Zelle sitzt, mit der sie eine Synapse bildet. „Das sind die aktuellen Speerspitzen unserer Forschung“, sagt Offenhäusser.

Ziel der Plattformtechnologie ist es auch, immer empfindlicher im Erfassen von Signalen und im Stimulieren zu werden. „Dafür brauchen wir neue mikroelektronische Bauelemente, die noch sensibler sind – das ist ein Hauptteil unserer Arbeit“, sagt Offenhäusser.

Im dritten Bereich der Plattformtechnologie geht es darum, eigene Nervennetzwerke zu entwerfen und zu kontrollieren: Die Bioelektroniker positionieren bereits einzelne Neuronen auf Chips und bestimmen ihr Wachstum. Im nächsten Schritt wollen sie dieses eine Neuron mit einem weiteren verschalten. Damit könnten die Forscher ein eigenes Nervennetzwerk aufbauen, das sie vollständig kontrollieren. „So weit sind wir aber noch nicht!“, räumt Offenhäusser ein. Was indes schon funktioniert: Die Wissenschaftler kreieren eine Population von 20 bis 30 Nervenzellen, bei der sie zwar keine Kontrolle über die Signalübertragung innerhalb des Netzwerkes haben, aber gezielt eine neuronale Verbindung zu einer zweiten Population schaffen können: „Wir verfolgen also die Kommunikation zweier Nervenzellpopulationen, ähnlich wie es einzelne Regionen im Gehirn tun“, sagt Offenhäusser.

DAS PUZZLE VERVOLLSTÄNDIGEN

Auch wenn die Forscher in erster Linie Grundlagenforschung betreiben, gibt es oft einen konkreten Bezug: Dr. Bernhard Wolfrum, der die Arbeitsgruppe „Nanotechnology Tools for Cell-Chip Communication“ leitet, richtet aktuell seinen Fokus auf die elektrochemische Erfassung von Botenstoffen wie Dopamin. Bei der Parkinson-Krankheit sterben im Gehirn bevorzugt jene Nervenzellen ab, die Dopamin herstellen. Wolfrum und sein Team untersuchen die Dopaminausschüttung in den künstlichen Nervennetzwerken. Ziel des Instituts ist es, eine sogenannte Lab-on-Chip-Plattform für Parkinson zu bauen, auf der die Forscher auf einem einzigen Mikrochip die Netzwerk-Pfade so nachbilden, wie sie im Gehirn vorkommen. Sie können so die chemische Kommunikation beobachten und die „Unterhaltung“ beeinflussen: „Indem wir beispielsweise



↑ „Was passiert, wenn die Kommunikation im Gehirn schief läuft?“ Dr. Bernhard Wolfrum und sein Team suchen Antworten.

Technik für die Sinne



Proteine dazugeben, die mit der Nervenkrankheit in Verbindung gebracht werden, könnten wir messen, wie die Zelle reagiert und Rückschlüsse auf die Ursachen der Krankheit ziehen“, erklärt der Physiker. Auch mögliche Wirkstoffe im Kampf gegen Parkinson sollen über das elektrochemische System getestet werden.

Fest steht: Am Institut für Bioelektronik gibt es viele Ansätze und Wege, um die Unterhaltung von Nervenzellen besser zu verstehen. Und es gibt vor allem Wissenschaftler, die genau hinhören und dadurch in naher Zukunft das eine oder andere Teilchen im großen „Neuronen-Puzzle“ an die richtige Stelle rücken werden.

KATJA LÜERS



CYBORG-ALLTAG (3)

Cyborg-Verein

„Hallo, ich bin ein Cyborg“: Der Ostfrieser Enno Park hat in Berlin den ersten deutschen Cyborg-Verein gegründet. Die Mitglieder glauben an eine Zukunft, in der Technik die Menschen optimiert. Park selbst ist gehörlos. Seit einigen Monaten erlaubt ihm ein Cochlea-Implantat, wieder hören zu lernen.

Prof. Andreas Offenhäusser forscht seit über 20 Jahren an der Schnittstelle von Biologie und Mikroelektronik. Der Physiker ist Direktor des Peter Grünberg Instituts/Institute of Complex Systems, Bereich Bioelektronik. Für ihn ist der Mensch ein phänomenaler Allrounder, gegen den Cyborgs kaum eine Chance haben.

Der Cyborg, ein Mischwesen aus Mensch und Maschine: für Sie Spinnerei oder nahende Zukunft?

Es wird sicher künftig Bereiche geben, in denen die Technik die sensorischen Systeme des Menschen verstärkt und verbessert. Aber: Der Mensch ist als Allrounder phänomenal gut. Dass es beispielsweise ein Retina-Implantat geben könnte, das das menschliche Auge übertrifft, kann ich mir nur schwer vorstellen.

Implantate im Kopf, Magneten im Finger: Die Technisierung des Menschen ist nicht mehr aufzuhalten. Was treibt Sie an?

Ich sehe unsere Aufgabe darin, Technologien zu entwickeln und bereitzustellen, die greifen, wenn sensorische Systeme ausfallen. Uns geht es also darum, Defizite zu beheben, nicht den Menschen zu optimieren.

Sie beschäftigen sich seit Jahrzehnten mit dem Thema. Was erwarten Sie für die Zukunft?

Der technische Fortschritt ist rasant. Als ich anfang zu studieren, haben Wissenschaftler erst begonnen, über Retina-Implantate zu sprechen. Inzwischen ist die Forschung schon sehr weit fortgeschritten. Das Cochlea-Implantat fürs Ohr ist bereits ein toller Erfolg. Insofern bin ich davon überzeugt, dass in nicht allzu ferner Zukunft Blinde sehen und Taube hören können.

DAS GESPRÄCH FÜHRTE KATJA LÜERS

Lizenz zum Schmieren

Entstanden ist Prof. Martin Müsers neueste Publikation aus einer Idee, die ihm während seiner Forschungen zur Reibung gekommen ist. Die Idee ist simpel, könnte aber eine Revolution der Schmiermittel einleiten – und die Lebensdauer von Geräten und Maschinen erheblich verlängern. Vorbild dafür war die Natur.

Kniegelenke und Ellenbogen, Festplatten, Küchenmixer und CD-Spieler, Turbinen, Pumpen und Kugellager – alle diese Dinge haben eines gemeinsam: In ihnen gibt es Reibung. Knochen, bewegliche Bauteile oder Oberflächen treffen aufeinander. Ein Schmiermittel verhindert, dass diese sich dabei kaputt scheuern. Während die Technik dafür Öl verwendet, nutzt die Natur eine wässrige Lösung.

Weshalb die Natur die bessere Wahl getroffen hat, erklärt Prof. Martin Müser, Leiter der Arbeitsgruppe „Computational Materials Physics“ am Jülich Supercomputing Centre (JSC): „Öl verursacht eine stärkere Reibung als Wasser. Und da Reibung zu Abrieb führt, erhöht sich so der Verschleiß.“

Wissenschaftler wollen schon lange auch Geräte mit Wasser schmieren, doch das gelang ihnen bisher nicht. Denn Wasser entweicht, wenn der Druck steigt. Sobald zwei Oberflächen aufeinander zustreben, entfließt es, und die Oberflächen berühren sich. Öl dagegen versteift sich und bleibt an Ort und Stelle.

Die Natur bedient sich eines Tricks, um wässrige Lösungen etwa in den Kniegelenken dennoch als Schmiermittel zu nutzen: „Auf den Knorpeln im Knie wachsen sogenannte Polymerbürsten. Das sind zu Ketten angeordnete Zucker-Moleküle, die so geladen sind, dass sie Wasser anziehen. Das Wasser will entweichen, wenn es unter Druck gerät, aber es kann nicht“, erläutert Müser.

Gemixt schmiert besser: Prof. Martin Müser hat ein Wasser-Öl-Gemisch entwickelt, das die Reibung von Bauteilen um den Faktor 100 reduzieren könnte.



Ingenieure könnten zwar ebenfalls Polymerbürsten auf Bauteilen anbringen, doch das führt zu einem neuen Problem: „Die Bürsten berühren und verhaken sich und nutzen sich ab. Im Knie wachsen sie nach, in Geräten bedeutet das, dass anstatt der Bauteile die Bürsten verschleifen. Die Wartungskosten würden nur in die andere Tasche wandern“, so der Physiker.

GEMISCHTE BÜRSTEN

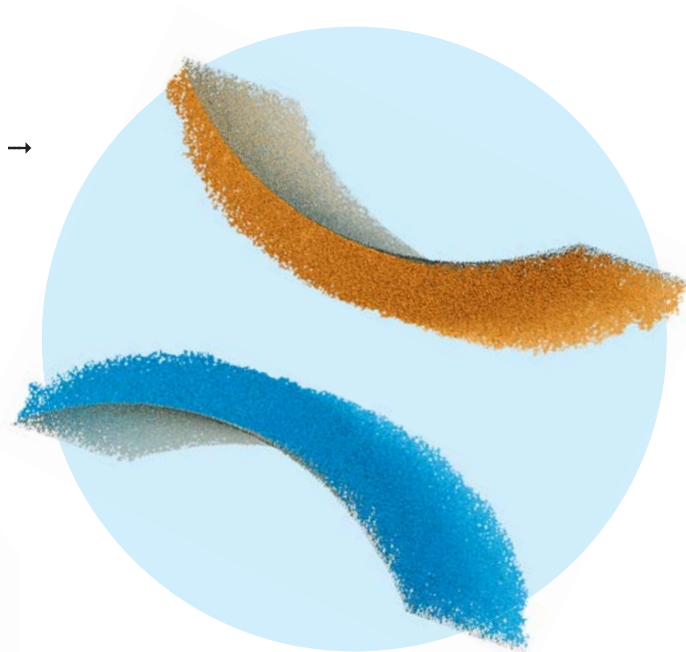
Das große Thema von Müsers Forschungen ist die Reibung. „Die Reibung ist noch sehr viel weniger verstanden, als man gemeinhin denkt. Man kennt viele der mikroskopischen Mechanismen, die dahinter stecken, weiß aber zu wenig über deren Zusammenspiel.“ Während Müser an solchen grundsätzlichen Fragen arbeitet, kam ihm eine Idee, die das Problem mit den Polymerbürsten lösen kann.

„Wissenschaftlich ist das eher ein dünnes Brett. Sie werden lachen, wie einfach es geht“, verspricht er, „man muss lediglich zwei verschiedene Arten von Polymerbürsten verwenden: Die einen sind hydrophil, also wasseranziehend, während die anderen hydrophob, also wasserabweisend sind und Öl anziehen. Wenn man dann eine Art Salatdressing – eine Wasser-Öl-Mischung – als Schmiermittel verwendet, bildet sich eine Grenzschicht, die verhindert, dass sich die Bürsten berühren. Das ist alles.“





Die Computersimulation zeigt: Dank des Schmiermittels berühren sich die beiden Oberflächen mit den Polymerbürsten nicht.



REIBUNG RADIKAL REDUZIERT

Um zu beweisen, dass die Idee funktioniert, haben Müser und seine Mitarbeiterin Sissi de Beer die Polymerbürsten im Einsatz auf Supercomputern simuliert. Die virtuellen Oberflächen, die sie untersuchten, waren 100 Nanometer groß. Das klingt wenig, ist aber für eine fast atomgenaue Simulation sehr viel. Noch rechenintensiver war es, das Zusammentreffen der Oberflächen in realistischen Zeitintervallen zu simulieren. „Eine Reibung läuft physikalisch gesehen relativ langsam ab, in etwa 100 Nanosekunden. Da man je Nanosekunde tausend Zeitschritte in den Simulationen berechnen muss, hatten die Computer sehr viel zu tun.“

Müser und de Beer haben fast eineinhalb Jahre lang die Simulationen wiederholt und dabei Parameter wie Temperatur, Material und Geschwindigkeit variiert. Das Ergebnis: Die Reibung lässt sich um den Faktor 100 gegenüber der herkömmlichen Schmierung mit Öl senken. Um das Ergebnis zu verfestigen, hat de Beer die virtuellen Experimente an der niederländischen Universität Twente in einem Labor mit echten Materialien wiederholt. Das Resultat blieb dasselbe. Wenn man Bauteile mit unterschiedlichen Polymerbürsten ausstattet und eine Wasser-Öl-Mischung als Schmiermittel verwendet, sinkt die Reibung auf ein Hundertstel.

Für alle Geräte und Maschinen, die Fabrikhallen und Haushalte bevölkern, verspricht das eine längere Lebenserwartung.

CHRISTOPH MANN

Wäsche mit OH-Effekt

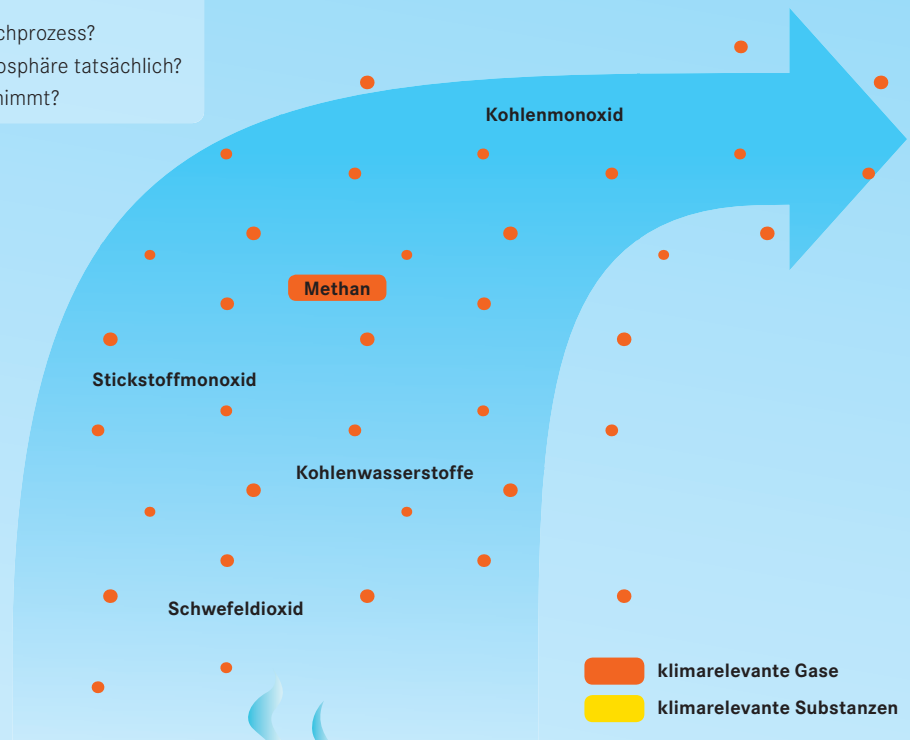
Im Himmel ist immer Washtag. Besonders fleißig dabei: das sogenannte Hydroxyl-Radikal – kurz OH-Radikal. Dieses Molekül dient als „Waschmittel“ und sorgt dafür, dass sich die Atmosphäre selbst von Schadstoffen reinigen kann. Bisher schien dieser Prozess weitgehend verstanden. Das hat sich in den vergangenen Jahren geändert. Anlass sind Messungen der Jülicher Klimaforscher: In bewaldeten Regionen gibt es bis zu zehnmal mehr OH-Radikale in der Atmosphäre, als klassische Modelle vorhersagen.

DIE NEUEN FRAGEN

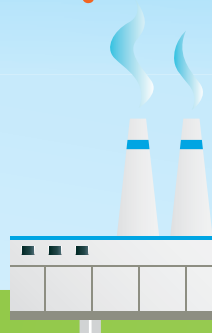
- Woher kommt das zusätzliche Waschmittel?
- Welche unbekannten Vorgänge gibt es im Waschprozess?
- Wie groß ist die Selbstreinigungskraft der Atmosphäre tatsächlich?
- Was passiert, wenn die Luftverschmutzung zunimmt?

DIE NEUEN ERKENNTNISSE

- Unerwartete Neubildung von OH aus Abbauprodukten des Isoprens. Isopren ist einer der bedeutendsten atmosphärischen Kohlenwasserstoffe, der von Wäldern emittiert wird.
- Quelle für OH ausgeschlossen, die bis dahin als sicher galt: salpetrige Säure (HONO). HONO entsteht vorwiegend über Ballungsgebieten aus Stickoxiden.



Industrie und Verbrennung



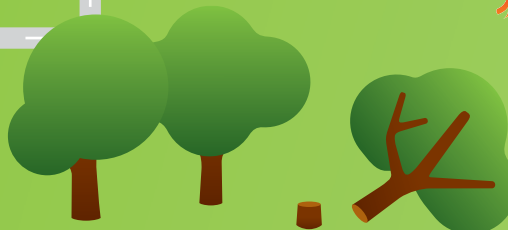
Biogene Quellen



Wald- und Savannenbrände



Rodung



DIE ENERGIEQUELLE

Die Sonne liefert die Energie für den gesamten Waschprozess

OH



DAS WASCHMITTEL

- bildet sich vorwiegend aus Ozon, Wasserdampf und Sonnenlicht
- ist nur in winzigen Konzentrationen vorhanden:
Im globalen Jahresmittel beträgt das Verhältnis OH zu Luft 1:25 Billionen
- reagiert mit fast allen Spurengasen in der Luft
- wird beim Abbau der Spurengase größtenteils recycelt

DIE MESS-PLATTFORMEN

des Instituts für Energie- und Klimaforschung

Zeppelin NT: kann in der entscheidenden Luftschicht (bis 1.000 m) messen und fliegen

Saphir: 300 m³ große Atmosphärensimulationskammer zur Überprüfung von chemischen Modellen

Saphir Plus: Pflanzenkammer gekoppelt an Saphir berücksichtigt den Einfluss von pflanzlichen Emissionen



App Store
(iPad/iOS)



Google Play
(Android)

Details zur Chemie des Waschgangs erfahren Sie in der Tabletausgabe der effzett.



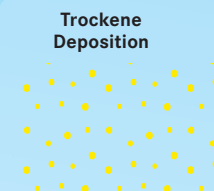
DER WASCHVORGANG ...

OH wandelt Spurengase zu wasserlöslichen Substanzen um. Diese können durch Niederschlag aus der Atmosphäre entfernt werden.



... UND BEISPIELHAFTE WASCHPROGRAMME

Spurengas	Prozentualer Abbau durch OH-Radikale	Atmosphärische Lebensdauer	Ferntransport innerhalb der Lebensdauer
NO ₂	50%	1–2 Tage	ca. 1.000 km
CO	90%	2–3 Monate	Erdhalbkugel
CH ₄	90%	8 Jahre	gesamte Erdkugel



≈ 1.000 m

DAS ZIEL

Die richtigen Maßnahmen treffen, um Luftqualität und Klima zu verbessern

OH ist direkt oder indirekt an Hunderten von chemischen Prozessen beteiligt, die gleichzeitig ablaufen und miteinander verzahnt sind. Nur wenn Forscher diese Zusammenhänge verstehen, können sie die Konsequenzen von Maßnahmen einschätzen. Denn nicht alles, was die Luftqualität verbessert, hilft auch dem Klima. Beispiel Feinstaub: Ihn zu verringern, verbessert die Luftqualität – gleichzeitig nimmt die globale Erwärmung zu, da das Sonnenlicht weniger abgeschirmt wird.



Neues Wissen über Eiweiß

Ohne sie läuft in unserem Körper nichts. Nicht einmal den Körper selbst gäbe es. Eiweiße – in der Fachsprache Proteine – mischen überall mit.

Sie strukturieren unseren Organismus und sorgen unter anderem für einen reibungslosen Ablauf von Stoffwechsel, Immunabwehr und Signalweiterleitung: Proteine. Jedes einzelne Protein ist für seine spezielle Aufgabe maßgeschneidert gebaut: aus einer langen Kette von Aminosäuren, die sich mit System zu einem wohldefinierten Knäuel aufwickeln. Darin gibt es Nischen und Höhlen, aber auch frei bewegliche und starre Bereiche, die Bewegungen wie in kleinen Motoren ermöglichen. Kleinste Fehler in der Architektur der Moleküle können Krankheiten verursachen, etwa Parkinson oder Alzheimer.

Forscher arbeiten daher intensiv daran, die Struktur der Riesenmoleküle aufzuklären und ihre Funktion zu verstehen. Die große Herausforderung: Methoden zu entwickeln, die Atom für Atom die dreidimensionale Struktur enthüllen und zeigen, wie sich diese ändert, wenn die Proteine als molekulare Maschinen arbeiten.

> 100.000

verschiedene Proteine
finden sich im
menschlichen Körper

34.350

Aminosäuren bilden
das größte menschliche
Protein Titin

13

Prozent Eiweiß enthält
ein Hühnerei nur – denn
es besteht zu drei
Vierteln aus Wasser

Drei Einblicke der besonderen Art sind Jülicher Forschern gelungen:

#1 SPRUNGHAFT

Eine sehr kurzlebige Struktur, die zu jedem gegebenen Zeitpunkt im Schnitt nur bei einem von zehn Molekülen auftritt, haben Jülicher Forscher zusammen mit Kollegen aus Grenoble beobachtet. Sie hatten mit einer neuentwickelten Methode das Protein Ubiquitin untersucht. Es kommt in fast allen Organismen vor und spielt beispielsweise beim Abbau fehlerhafter Proteine eine Rolle. Bisher schien Ubiquitin in zwei leicht unterschiedlichen Strukturen zu existieren: mal fand sich die eine, mal die andere. Tatsächlich bestehen beide Strukturen parallel: Teile des Proteins können umklappen und das Molekül kann zwischen zwei Strukturen hin- und herspringen.

#2 SCHIESSEN UND RECHNEN

Eiweiße mit kleinen Atombausteinen – den Neutronen – zu beschießen ist eine weitere Methode, ihre Struktur und ihre Bewegungen zu entschlüsseln. Die Ablenkung der Neutronen beim Aufprall auf das Protein gibt dabei Auskunft über dessen Bau. Durch die geschickte Kombination der Ergebnisse einer solchen Messung mit möglichen Strukturmodellen im Computer haben Jülicher Forscher die Dynamik eines Proteins aus dem Gehirn von Wirbeltieren aufgeklärt, des Basischen Myelinproteins (MBP). Es ist in wässriger Umgebung sehr flexibel. Die neuen Ergebnisse zeigen, dass das Molekül im Kern jedoch kompakt ist und nur an den Enden frei beweglich.

#3 SCHOCKGEFROREN

Eiskalt erwischt haben Forscher ein Protein mit dem langen Namen Cytochrom-c-Peroxidase (CCP). Das eisenhaltige Eiweiß spielt eine zentrale Rolle bei der Entgiftung von Zellen: Es baut schädliches Wasserstoffperoxid ab, das während des Stoffwechsels in der Zelle entstehen kann. Dieser Abbau verläuft in mehreren Schritten, bei denen das Protein immer wieder seine Struktur ändert. Den ersten Schritt hat ein Team aus englischen, Münchner und Jülicher Forschern nun beobachtet: Bei minus 173 Grad Celsius haben sie CCP in Aktion schockgefroren und dann mit Neutronen beschossen. So fanden sie heraus, wie das Eisentatom des Proteins den Sauerstoff aus dem Peroxid bindet und konnten ein jahrzehntelanges Rätselraten um diesen Zustand beenden. Ihre Ergebnisse lassen sich auch auf ähnliche Enzyme übertragen, die beispielsweise Medikamente abbauen.



Woran forschen Sie gerade, Herr Tsai?

Dr. Chih-Long Tsai, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Energie- und Klimaforschung, Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren

„Aktuell forsche ich in Jülich an einem neuen Typ von Lithium-Ionen-Batterien. Die Ionen wandern darin durch eine dünne Keramikschicht. Eine solche Festkörperbatterie ist sehr sicher, weil sie ohne brennbare Flüssigkeiten auskommt. Außerdem altert sie sehr langsam. Damit ist sie wie geschaffen für Elektroautos und andere Leistungsspeicher. Momentan versuchen wir, die Energiedichte durch neue Materialmischungen und verbesserte Herstellungsverfahren zu erhöhen.“



Augen-Blick bitte!

Andere Kulturen – andere Sitten

In westlichen Kulturen wird ein direkter Blickkontakt meist als vertrauensbildend empfunden. Wegschauen dagegen wird als Desinteresse oder Unsicherheit interpretiert. In anderen Kulturen gelten andere Sitten. So wird ein intensives In-die-Augen-Schauen in Asien als unhöflich angesehen.

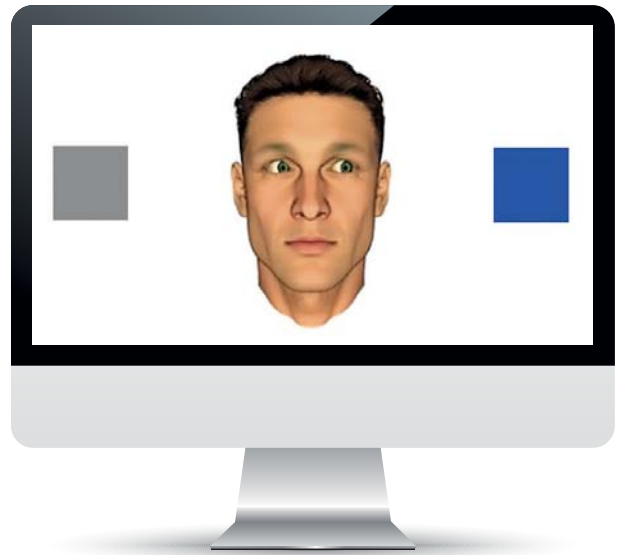
„Was für ein niedlicher Hund!“ – eine kurze Bemerkung, und schon ist das Gespräch mit der neuen Nachbarin in vollem Gange. Wir Menschen tauschen uns gern aus. Beim Smalltalk, gemeinsamen Joggen oder Karten spielen. Warum eigentlich?

Wer tratscht, wird belohnt – und zwar im Gehirn. Was einfach klingt, ist schwierig nachzuweisen. Den Jülicher Forschern Prof. Kai Vogeley aus dem Institut für Neurowissenschaften und Medizin (INM-3) und seinem Kollegen Dr. Ulrich Pfeiffer ist es aber gelungen. In einer umfangreichen Studie untersuchten die beiden Jülicher unter anderem, was bei Sozialkontakten im Gehirn geschieht: „Die Krux beim Erforschen von sozia-

len Aktivitäten besteht darin, dass Menschen in diesen Momenten meistens reden, gestikulieren und sich bewegen“, berichtet Vogeley. „Was dabei im Gehirn passiert, können wir mit dem Magnetresonanztomografen (MRT) aber nur messen, wenn die Versuchsperson im wahrsten Sinne des Wortes stillhält.“ Zusammen mit Ulrich Pfeiffer kam er daher auf die Idee, die Hirnaktivität bei sozialem Austausch über Blicke zu messen. Denn Blickkontakte spielen eine große Rolle, wenn wir uns unterhalten oder gemeinsam Dinge tun.

„Unsere Augen suchen immer Kontakt, wenn wir andere Menschen treffen, ganz gleich, ob wir Fußball spielen, Freunde sehen oder mit der Verkäuferin an der Kasse plaudern“, erklärt Pfeiffer. Intensives In-die-Augen-Schauen, Augenverdrehen oder Wegschauen sagt manchmal mehr als Worte. Das Messen der Hirnaktivität über

» Bitte dem Avatar zunächst einige Sekunden in die Augen schauen und danach neben seinem Gesicht ein blaues Quadrat ins Visier nehmen. «



Augenbewegungen funktioniert mit Hilfe des sogenannten „Gaze-Contingent Eye-Tracking“ im Magnetresonanztomografen. Wissenschaftler können so das Erleben sozialer Kontakte über Blickkontakte simulieren und messen.

MENSCH ODER MASCHINE?

Tatkräftige Unterstützung erhielten die Forscher durch Paul. Der junge Mann ist ein Avatar, eine künstliche Figur, die nur im Versuchsaufbau im Institut für Neurowissenschaften und Medizin auf dem Bildschirm existiert. Von dort schaut er sein Gegenüber ernsthaft an – bereit, über Blickkontakt mit den Versuchspersonen zu kommunizieren oder auch nicht.

Anja* ist eine der Probandinnen, die in Pauls intensive-grüne Augen blickt. Dabei liegt sie auf dem Rücken in der schmalen Röhre eines MRT. Auf dem Kopf trägt sie eine Art Helm, vollgestopft mit Technik, auf den Ohren Kopfhörer, die die lauten MRT-Geräusche dämpfen. Anja sieht Paul durch eine Helm-Öffnung in einem Spiegel, der über ihrem Gesicht montiert ist. Ein Bildschirm direkt in der Röhre würde die Messung stören. „Bitte dem Avatar zunächst einige Sekunden in die Augen schauen und danach abwechselnd links und rechts neben seinem Gesicht ein blaues Quadrat ins Visier nehmen“, lautet die Ansage der Wissenschaftler. Gesagt, getan. Manchmal folgt der Avatar den Blicken der Probandin – und manchmal nicht. Parallel dazu wird die Hirnaktivität gemessen. Nach fünf Durchläufen dann die Frage: „Wurde das animierte Gesicht soeben von einem Menschen oder einem Computer gesteuert?“ – „Hm, ich glaube, das war ein Mensch“, resümiert die 23-Jährige.

„Je häufiger der Avatar im Versuchsdurchlauf den Blicken der Probanden nachgeht, desto kooperativer und damit menschlicher wird er

eingeschätzt“, fasst Ulrich Pfeiffer die Studienergebnisse zusammen. Gleichzeitig war im MRT bei den Probanden eine deutlich höhere Hirnaktivität im „sozialen Gehirn“ und im Belohnungssystem – dem medialen orbitofrontalen Kortex und dem ventralen Striatum – zu erkennen. Wissenschaftlich bekannt ist, dass dadurch mehr Botenstoff Dopamin ausgeschüttet wird, der Wohlbefinden auslöst. Gingen die Versuchspersonen indes von einem computergesteuerten Durchlauf aus, blieb es in diesen Hirnregionen vergleichsweise ruhig.

SCHON IN DER STEINZEIT WICHTIG

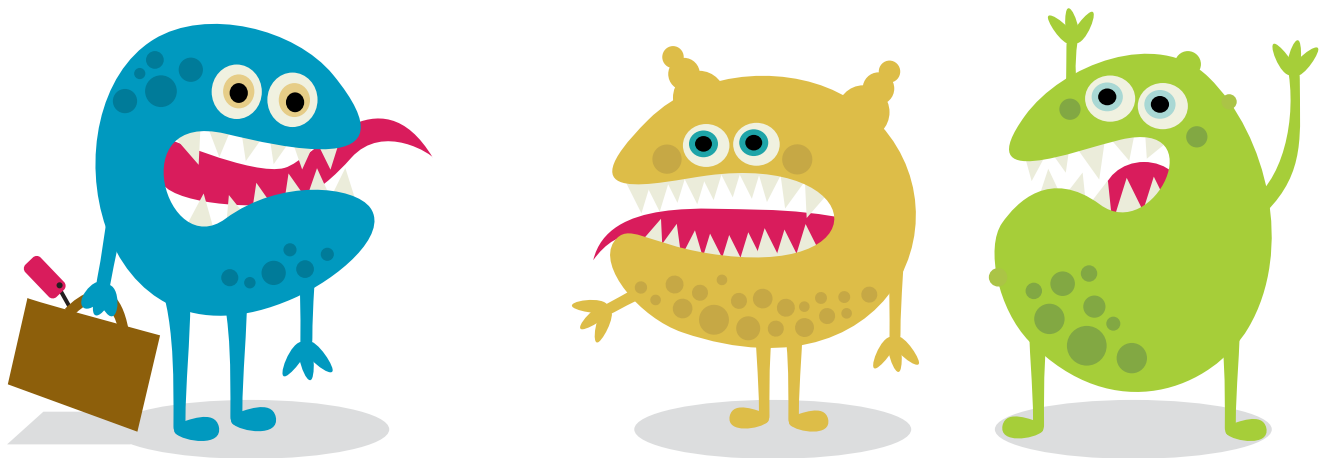
Wenn Menschen sich austauschen und Dinge gemeinsam machen, tut dies also erwiesenermaßen gut. Kai Vogeley macht einen Sprung in die menschliche Entwicklungsgeschichte. Für ihn ist die Aktivität im Belohnungssystem bei Blickkontakten auch evolutionär zu erklären: „Schon in der Steinzeit war es bedeutsam, nicht allein, sondern gemeinsam auf die Jagd zu gehen und sich gegenseitig über Blicke vor einem gefährlichen Tier oder einer anderen Gefahr zu warnen.“ Dieses Verhalten unterscheidet den Homo sapiens unter anderem von seinen genetisch engen Verwandten, beispielsweise den Schimpansen. Möglicherweise hat die Evolution den Menschen dafür auch körperlich optimiert. „Wir besitzen als einzige Spezies eine weiße Netzhaut, die einen starken Kontrast zur Pupille darstellt und so deren Bewegungen auch aus größerer Entfernung erkennen lässt. Schimpansenaugen dagegen haben eine dunkle Netzhaut. Statt nonverbaler Kommunikation steht bei dieser Affenart vermutlich die Tarnung im Vordergrund.“

Training für Autisten

Menschen mit einer Autismus-Spektrum-Störung können soziale und emotionale Signale schwer einschätzen. Daher wirken ihre Reaktionen oft nicht angemessen. Blickkontakte mit dem jeweiligen Gegenüber erfolgen häufig gar nicht oder wirken starr. Das „Gaze-Contingent Eye-Tracking“-Verfahren bietet den Betroffenen möglicherweise einen neuen therapeutischen Ansatz, an dem auch jülicher Wissenschaftler forschen. Der Blickkontakt zu anderen Menschen und darüber auch die Hirnaktivität im Belohnungssystem ließen sich trainieren.

Neue Spezies im Teilchenzoo

Ein Experiment am Jülicher Teilchenbeschleuniger COSY hat kürzlich belegt, dass Quarks auch im Sechserpack existieren. Damit ist ein weiteres Puzzlestück gefunden für das Bild, das sich Physiker vom Aufbau der Welt machen. Zuvor hatten Forscher Quarks stets nur zu dritt in einem Teilchen beobachtet – oder als Quark-Antiquark-Kombination.



Was ist bemerkenswert an der Entdeckung?

Physiker beschreiben in einer umfassenden Theorie, dem sogenannten Standardmodell, alle Grundbausteine der Materie und die dazwischen wirkenden Kräfte. Gemäß dem Standardmodell besitzen Quarks eine elektrische Ladung. Daneben ordnet das Modell den Quarks eine sogenannte Farbladung zu, um die Kräfte – Fachsprache: Wechselwirkungen – zwischen den Quarks zu erklären. Es gibt drei Arten von Farbladungen, die als rot, grün und blau bezeichnet werden.

Bislang haben Physiker nur Teilchen beobachtet, deren Farbladungen sich entsprechend der klassischen Farblehre zu Weiß addieren. Ein Beispiel dafür sind die sogenannten Baryonen, zu denen auch Protonen und Neutronen zählen: Sie bestehen aus jeweils drei Quarks, deren Farbladungen rot, grün und blau sich zu weiß – also farbneutral – kombinieren.

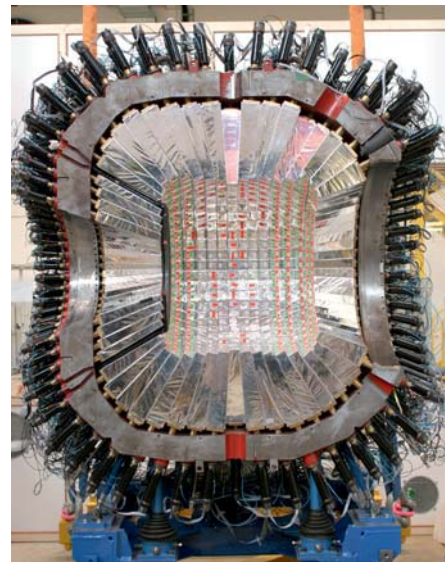
Quarks verbinden sich aber nicht nur zu Dreierformationen, sondern bilden auch Mesonen, die aus Quark-Antiquark-Paaren bestehen. Ein Antiquark hat die gleiche Masse wie sein

korrespondierendes Quark, aber bei den Ladungen besitzt es das entgegengesetzte Vorzeichen. Mesonen sind ebenfalls farbneutral: Die Antiquarks kommen in Antirot, Antigrün und Antiblau vor. Kombiniert mit den entsprechenden Quarks ergibt sich Weiß.

Theoretisch sind noch weitere farbneutrale Teilchen denkbar, die mehr als drei Quarks oder mehr als ein Quark-Antiquark-Paar enthalten. Doch jahrzehntelang wurden keine derartigen Teilchen gefunden. Nun aber konnte ein Team von mehr als 120 Wissenschaftlern aus acht Ländern – WASA-at-COSY-Kollaboration genannt – am Jülicher Teilchenbeschleuniger nachweisen, dass ein Bindungszustand aus sechs Quarks existiert. Diesen hatte es erstmals 2011 bei einem anderen Experiment beobachtet. Der Zustand dauert allerdings nur eine hunderttrilliardstel (0,000 000 000 000 000 000 000 01) Sekunde an. Diese Zeitspanne ist so kurz, dass Licht darin gerade einmal eine Strecke zurücklegt, die dem Durchmesser eines kleinen Atomkerns entspricht.

Was folgt aus dem Nachweis?

„Zumindest eines der exotischen Teilchen, die vom Standardmodell vorhergesagt werden, gibt es tatsächlich“, sagt der Jülicher Kernphysiker Volker Hejny von der WASA-at-COSY-Kollaboration. Mit anderen Worten: Die Wissenschaftler haben eine weitere Bestätigung für das Bild gefunden, das sie sich von der Welt, der Materie und deren Entstehung machen. Der Quark-Sechserpack wurde künstlich im Teilchenbeschleuniger erzeugt. Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass er natürlicherweise zum Beispiel bei der Sternentstehung im Universum vorkommt und bei kosmischen Ereignissen eine Rolle spielt.



Was sind Quarks überhaupt?

Alle Stoffe unserer Welt enthalten chemische Elemente, die aus Atomen aufgebaut sind. Atome besitzen einen Kern aus Protonen und Neutronen sowie eine Hülle aus Elektronen. Protonen und Neutronen wiederum bestehen jeweils aus drei Quarks. Ungebundene – freie – Quarks wurden noch nie beobachtet. Quarks sind nach heutigem Wissen nicht weiter teilbar und somit Elementarteilchen. Verschiedene Arten von Quarks und weitere Elementarteilchen fassen Forscher auch unter dem Begriff „Teilchenzoo“ zusammen.

Was ist ein Teilchenbeschleuniger?

Physiker lassen in Beschleunigern Protonen und andere Teilchen mit annähernder Lichtgeschwindigkeit aufeinanderprallen. Der Quark-Sechserpack ist nur über seine Zerfallsprodukte nachweisbar, also über das, was von ihm nach der hunderttrilliardstel Sekunde übrig bleibt. Diese Folgeprodukte spüren die Wissenschaftler mittels Präzisionsmessungen und enorm komplexer Geräte auf, den Detektoren. Die WASA-at-COSY-Kollaboration nutzt für ihre Experimente den WASA-Detektor (Bild), der ursprünglich in Uppsala, Schweden, im Einsatz war und nun seit acht Jahren am Jülicher Teilchenbeschleuniger COSY beheimatet ist.

FRANK FRICK



Die Chemie der Angst

Angst rettet Leben. Übersteigerte Angst macht krank. Jülicher Forscher sind biologischen Ursachen dieser psychischen Störung auf der Spur. Im Visier: Rezeptoren, die eine wichtige Rolle bei der Signalübertragung im Gehirn spielen.



↑ **Prof. Andreas Bauer (52) untersucht neurochemische Prozesse im Gehirn. Dazu zählen die Entstehung von Angst, aber auch Erkrankungen wie Alzheimer.**

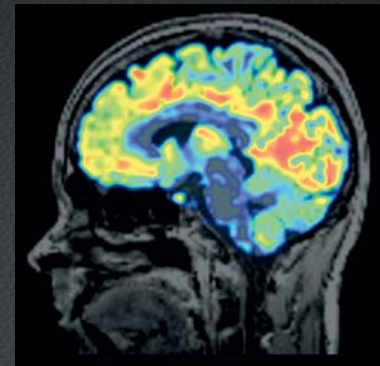
Die Hände werden feucht. Die Schläfen pochen. Das Herz rast. Der Atem stockt. Die Knie werden weich. Wenn uns die Angst packt, überwältigen uns nicht nur Gefühle. Dabei ist Angst an sich nichts Schlimmes. Sie ist sogar überlebenswichtig, denn ähnlich wie der Schmerz warnt sie uns vor Gefahren. Doch manche Menschen empfinden anders. Sie erleben Furcht und deren körperlichen Symptome intensiver als gesunde Menschen. Dinge, die für die meisten anderen überhaupt nicht zum Fürchten sind, werden als lebensbedrohlich wahrgenommen. Auslöser für solche Panikattacken können enge Räume, Schmutz oder gar die Angst vor der Angst sein. „Angststörungen beeinträchtigen das Alltagsleben erheblich“, erklärt Prof. Andreas Bauer vom Jülicher Institut für Neurowissenschaften und Medizin. In Deutschland sind schätzungsweise 1,5 Millionen Menschen davon betroffen. Das macht Angststörungen zur häufigsten psychischen Störung neben Depressionen.

UNKLARE URSACHEN

Wie Angststörungen genau entstehen, ist jedoch unklar. „Vermutlich löst eine Kombination von verschiedenen Ursachen die Störungen aus“, so der Jülicher Experte. Das können beispielsweise

körperliche Erkrankungen, einschneidende Erlebnisse sowie Alltagsstress in Beruf oder Familie sein. Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor ist das menschliche Nervensystem. Haben wir Angst, befindet sich das autonome Nervensystem – also das System, das Herz, Atmung und innere Organe kontrolliert – in einem Zustand der Erregung. Neurowissenschaftler nehmen an, dass chemische Veränderungen im Gehirn dafür sorgen, dass das Nervensystem überreagiert und Angstattacken ausgelöst werden.

Was konkret im Gehirn passiert, untersuchen Forschergruppen auf der ganzen Welt. Das Team um Andreas Bauer beschäftigt sich mit sogenannten Adenosinrezeptoren. Diese Moleküle spielen eine wichtige Rolle bei der Signalübertragung zwischen Nervenzellen. Was sie besonders spannend macht: Bei gesunden Menschen wird eine Panikattacke ausgelöst, wenn die Rezeptoren künstlich blockiert werden. „Bestimmte genetische Varianten in Adenosinrezeptoren sind außerdem ein Risikofaktor für neurologische und psychiatrische Krankheiten, also auch für Angststörungen. Diese Gen-Veränderungen beeinflussen die Konzentration und Funktion der Rezeptoren“, beschreibt Andreas Bauer.



Unerwartete Dichte

Forscher aus Jülich, Münster und Würzburg haben hohe Konzentrationen von Adenosin-A1-Rezeptoren im Gehirn von gesunden Menschen gefunden, die ein genetisches Risiko für Angststörungen besitzen. In den roten Bereichen fiel die Konzentration am höchsten, in den blauen am geringsten aus. Bestimmte genetische Varianten von Adenosinrezeptoren sind seit längerem als genetischer Risikofaktor für Angststörungen bekannt.

SCHUTZMECHANISMUS IM HIRN?

Wie sich die genetischen Veränderungen tatsächlich auf die Konzentration der Adenosinrezeptoren auswirken, untersuchten die Jülicher Neurowissenschaftler gemeinsam mit Forschern der Universitäten Münster und Würzburg. Dazu machten sie mit Hilfe der Positronen-Emissionstomografie Aufnahmen von den Gehirnen einer rund 30-köpfigen Testgruppe. Darunter waren Personen sowohl mit genetischem Risiko für Angststörungen als auch ohne. Bei keinem der Probanden war zu diesem Zeitpunkt schon einmal eine Angststörung aufgetreten.

Das Ergebnis: In den Gehirnen dieser beiden Gruppen fanden die Forscher einen deutlichen Unterschied. Die Träger des Risikogens hatten in allen untersuchten Hirnbereichen große Mengen eines bestimmten Adenosinrezeptors, des sogenannten Adenosin-A1-Rezeptors. Die Konzentrationen waren deutlich höher als bei den Probanden, die kein Risikogen in sich tragen.

„Wir vermuten, dass es sich bei der erhöhten Konzentration um einen Kompensations- oder Schutzmechanismus handelt, der den Ausbruch von Angststörungen verhindert“, sagt Bauer.

Bislang hat die Forschung noch keine genaue Erklärung, warum nicht alle Träger des Risikogens auch eine Angststörung zeigen. „Dazu würde passen, dass Angststörungen erst bei Menschen ab etwa 30 Jahren verstärkt auftreten. Die Produktion der Adenosinrezeptoren nimmt nämlich mit zunehmendem Alter ab und damit – so unsere Annahme – auch der Schutzmechanismus“, mutmaßt Bauer.

Um ihre Thesen zu überprüfen, wollen die Forscher nun Risikogenträger untersuchen, die bereits unter einer Angststörung leiden. Bei ihnen sollten sie – ihrer Theorie nach – nur geringe Konzentrationen des schützenden Rezeptors finden. Bestätigen sich die Vermutungen, könnte der Adenosin-A1-Rezeptor künftig als Indikator für eine drohende Angststörung dienen. Und nicht nur das: Lässt sich die Konzentration dieser Rezeptoren künstlich steuern, eröffnen sich neue Forschungsansätze, um Medikamente gegen diese Störungen zu entwickeln.

CHRISTIAN HOHLFELD

69.100.000

Menschen leiden
in Europa unter Angst-
störungen

22.700.000

davon unter spezifischen
Phobien, etwa vor engen
Räumen, dem Fliegen
oder dem Zahnarzt

Jülicher Forscher an der Quelle

Im bayrischen Garching steht ein Eldorado der Materialforschung. Es wird wesentlich durch Wissenschaftler des Jülich Centre of Neutron Science mitgeprägt.



2,2 Quadratkilometer misst der Campus des Forschungszentrums. Jülicher Wissenschaftler sind aber weit über den Campus hinaus aktiv. Wo sie überall forschen, stellen wir Ihnen regelmäßig an dieser Stelle vor. Diesmal geht es nach Süddeutschland.

**2,2
plus**

Dirnismaning und Hochbrück: So zünftig haben in Oberbayern Stadtteile zu heißen. Doch in der 17.000-Einwohner-Stadt Garching, an München grenzend, gibt es neben diesen Stadtteilen auch noch ein ganzes Viertel mit dem sachlichen Namen „Hochschul- und Forschungszentrum“. Tatsächlich handelt es sich dabei um ein Eldorado für Forscher aus aller Welt, die hier zumeist für einige Tage wissenschaftliche Schätze heben. Rund 70 Frauen und Männer haben sich im Auftrag des Forschungszentrums Jülich dauerhaft in Garching niedergelassen und unterstützen viele dieser Wissenschaftler mit modernsten Geräten und jahrzehntelanger Erfahrung.

Der Grund für die Expeditionen der Materialforscher nach Garching: Dort steht Deutschlands stärkste Quelle für Neutronen. Diese elektrisch neutralen Kernbausteine sind ideale Sonden, um Atome und ihre Bewegungen in Stoffen zu erkunden. Das Heinz Maier-Leibnitz Zentrum – benannt nach dem Physiker, unter dessen Leitung das „Atom-Ei“ in den 1950er Jahren gebaut wurde – kümmert sich darum, dass die Nutzer optimal mit der Quelle arbeiten können. Dafür

stehen an der Gemeinschaftseinrichtung von Technischer Universität München und den Helmholtz-Zentren in Jülich und Geesthacht zurzeit 25 hochspezialisierte Instrumente zur Verfügung. Mit ihnen entschlüsseln die Wissenschaftler die Geheimnisse von Materialien, die besondere Eigenschaften besitzen. Mit der Kenntnis dieser Geheimnisse können sie neue, leistungsfähigere Funktionswerkstoffe entwickeln. Das Team vom Jülich Centre of Neutron Science (JCNS) betreibt und betreut elf der Instrumente allein oder in Kooperation mit Partnern. „Einige davon haben wir nach dem Abschalten der Jülicher Neutronenquelle FRJ-2 (auch DIDO genannt) im Jahr 2006 nach Garching gebracht und weiterentwickelt. Andere haben wir neu aufgebaut. Zwei weitere Instrumente sind zurzeit im Bau“, erläutert Dr. Alexander Ioffe, Leiter der Garchinger JCNS-Außenstelle.

NICHT NUR FÜR DEN EIGENBEDARF

Zwei Drittel der Messzeit an den Geräten nutzen externe Forscher. Zuvor müssen sie eine Gruppe unabhängiger Experten von der wissenschaftlichen Qualität ihres Forschungsvorhabens überzeugen. Das restliche Drittel der Zeit ist für die Jülicher Wissenschaftler selbst reserviert, die vor allem magnetische Nanomaterialien und weiche Materie wie Kunststoffe und Proteine untersuchen. Diese Eigenforschung treibt die Jülicher Forscher zusätzlich an, die Qualität der Instrumente ständig zu verbessern. Optimale Geräte locken dann wiederum weitere Expeditionen in die bayrische Region, die Wissenschaftler bereits um viele Einsichten bereichert hat. Und das ist keine Legende wie die von Eldorado, sondern Wirklichkeit.

Die Jülicher Forscher Dr. Olaf Holderer und Dr. Oxana Ivanova am Neutronen-Spin-Echo-Spektrometer, einem der elf Jülicher Geräte in Garching.



FRANK FRICK



GEFÄLLT UNS



JUBRÄU

Jülicher gewinnen Brauwettbewerb

„Mojito“ heißt die exotische Kreation, mit der Jülicher Biotechnologen den fünften internationalen Brauwettbewerb der Technischen Universität Hamburg (TUHH) gewonnen haben. Das Team „JuBräu“ aus Studierenden und Doktoranden setzte sich gegen 17 Mitbewerber durch und bewies großes Geschick bei einem der ältesten biotechnologischen Prozesse: Das Siegerbier besticht durch den typischen süß-sauren Mojito-Geschmack und ähnelt damit dem aus Kuba stammenden Cocktail. Den Geschmack brachte das Team über Spezialmalze, eine Auswahl an Hopfen und eine besondere Steuerung des Gärprozesses in das Bier. Für die erfrischende Note sorgen eingekochte Blätter der Mojito-Minze.

– WWW.FZ-JUELICH.DE/JUBRAEU –

PENGUIN WATCH

Freiwillige Forscher gesucht

Pinguine haben einfach etwas, das werden die meisten von Zoobesuchen bestätigen können. Um ihr Leben in der Natur besser zu verstehen, ist ein internationales Forscherteam in die Antarktis gereist und hat Nistplätze der flugunfähigen Seevögel fotografiert. Dabei sind so viele Aufnahmen entstanden, dass die Wissenschaftler bei der Auswertung um Hilfe bitten: Auf der Website „Penguin Watch“ können Interessierte die Bilder anschauen und darauf Tiere und deren Eier markieren. Mit diesen Daten wollen die Forscher erfahren, welche Nistplätze bei Pinguinen beliebt sind und wie sich die Größe von Kolonien verändert. Bisher haben über 7.000 „Hobbyforscher“ bei dem Projekt geholfen und mehr als 550.000 Bilder ausgewertet.

– WWW.PENGUINWATCH.ORG –



TEILCH-O-MAT

Welches Teilchen passt zu uns?

Wie wir Menschen haben physikalische Teilchen bestimmte Eigenschaften: Unter ihnen gibt es Leichtgewichte, Rampensäue oder Quasselstrippen. Doch welches Teilchen ähnelt der eigenen Persönlichkeit? Antworten gibt der „Teilch-o-mat“. Anhand von zehn Fragen ermittelt das Programm, ob wir einem Proton gleichen oder vielleicht der Charakter eines Higgs-Teilchens besser zu uns passt. Der „Teilch-o-mat“ gehört zum Teilchenzoo, einem Projekt des Forschungszentrums DESY und des Universum® Bremen. Videos und Teilchen-„Steckbriefe“ erklären die unterschiedlichen Eigenschaften physikalischer Teilchen.

– TEILCHENZOO.DESY.DE –

FORSCHUNG IN EINEM TWEET

Wir möchten mit einer Minute
Rechenzeit 15 Minuten in die
Zukunft blicken. Im besten Fall
retten wir so Leben. #Basigo



Dr. Armel Ulrich Kemloh Wagoum

arbeitet daran, die Evakuierung großer Menschenmengen optimal zu steuern. Er entwickelt dazu Modelle, die anhand von Daten aus aktuellen Videoaufnahmen berechnen, welche Wege Fußgänger nehmen werden und wo es eng werden könnte. Die Daten für seine Modelle erhält er aus Experimenten mit bis zu 1.000 Teilnehmern wie etwa dem Großversuch „Basigo“.

www.basigo.de