



Gute Reise!

Der Energieträger
Wasserstoff nimmt
Fahrt auf

HALTBAR

Sensor prüft
Lebensmittel

GRIFFIG

Den optimalen
Reifen finden

STARTKLAR

Quantencomputer
auf dem Weg



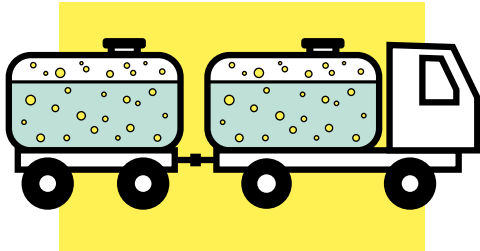
Ab in die Tonne

Von wegen Abfall – was aus der gelben Tonne wächst, ist alles andere als Biomüll oder Unkraut. Es ist *Sida hermaphrodita*. Die Biomasse der Grünpflanze lässt sich zum Heizen oder Herstellen von Verpackungen und Dämmmaterial nutzen. Moritz Nabel (r.) und Silvia Schrey vom Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-2) haben mehrere Stauden in Erde von ausgesprochen schlechter Qualität eingepflanzt. Sie wollen damit zeigen, dass *Sida* auch auf nährstoffarmem Boden gedeiht und Nahrungspflanzen wie Weizen keine wertvolle Anbaufläche wegnimmt. Der Vorteil der Tonnen: Darin umgibt die Pflanzen etwa die gleiche Menge Erde wie in einer Ackerfurche.

NACHRICHTEN

5

TITELTHEMA

Energie
auf Reisen

Speichern, transportieren,
verwerten – Wasserstoff kann die
Energiewende voranbringen.

8

FORSCHUNG

Alles frisch?



Druckbarer Sensor
soll Informationen aus dem
Kühlregal liefern.

14

Magnetwirbel –
Tor zur
Vergangenheit

Was Mineralien über
das Erdmagnetfeld verraten.

16

Ready to take off!

Quantencomputer – ein Gespräch
mit dem Physiker David DiVincenzo

18

Der Herr
der Reibung

Bo Persson berechnet,
warum Reifen rutschen.

20

Sechs Jahrzehnte
Forscherdrang

Eine Auswahl bemerkenswerter
Jülicher Fortschritte

22

Der Schatz
im Abwasser

Wie Biochemiker wertvolle
Moleküle bergen.

24

RUBRIKEN

Aus der Redaktion

4

Impressum

4

Woran forschen
Sie gerade?

17

2,2 plus

26

Gefällt uns

27

Forschung in einem
Tweet

28

Besonderer Stoff



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



1766 führte der Brite Henry Cavendish ein simples Experiment durch. Er tauchte Metalle in Salzsäure. Dabei wies er ein unbekanntes Gas nach. Erwärmte er es, gab es eine Stichflamme und einen lauten Knall. Cavendish war sich sicher: Seine „brennbare Luft“ musste Phlogiston sein – eine „Substanz der Wärme“, die in brennbaren Stoffen existiert, wie viele Forscher damals glaubten. Doch ein Jahrzehnt später widerlegte der Franzose Antoine Laurent de Lavoisier die Phlogistontheorie. Er gab dem Gas auch seinen endgültigen Namen: hydrogène, auf Deutsch „Wassererzeuger“ oder Wasserstoff, denn beim Verbrennen des Gases entsteht Wasser.

Heute wissen wir, dass Wasserstoff bereits kurz nach dem Urknall entstand – und das häufigste chemische Element in unserem Sonnensystem ist: 93 Prozent aller Atome sind Wasserstoffatome. Das Gas gilt zudem als Hoffnungsträger für die Energieversorgung, insbesondere für die Speicherung und den Transport von Energie – auch Jülicher Forscher arbeiten daran, wie unsere Titelgeschichte zeigt.

Und viele weitere Stoffe beschäftigen Jülicher Wissenschaftler: etwa Biotenside für die „grüne Chemie“, Mineralien, die Auskunft über die Erdgeschichte geben, und zarte Goldschichten, die verraten, ob Lebensmittel noch genießbar sind.

Viel Spaß mit diesem Lese-Stoff
Ihre effzett-Redaktion

Impressum

effzett Magazin des Forschungszentrums Jülich,
ISSN 2364-2327

Herausgeber: Forschungszentrum Jülich GmbH,
52425 Jülich

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

Autoren: Marcel Bülow, Dr. Frank Frick,
Christian Hohfeld, Matthias Lauerer, Katja Lüers,
Katharina Menne, Dr. Regine Panknin, Dr. Arndt
Reuning, Dr. Barbara Schunk, Ilse Trautwein,
Dr. Janine van Ackeren, Angela Wenzik, Erhard
Zeiss, Peter Zekert

Grafik und Layout: SeitenPlan GmbH,
Corporate Publishing Dortmund

Bildnachweis: Forschungszentrum Jülich (23 li.
o.); Forschungszentrum Jülich/Sascha Krecklau (2,
3 li. u. und Mi. u., 15 u., 17, 20); Forschungszentrum
Jülich/Ralf-Uwe Limbach (9, 24 u., 18-19, 28);
Forschungszentrum Jülich/Dr. Regine Panknin (7,
13); Forschungszentrum Jülich/Karl Peters (22
li.); Forschungszentrum Jülich/Florian Rubach (23
li. u.); Forschungszentrum Jülich/Wilhelm-Peter
Schneider (6 u.); A Capella Science (27 li.); FAU/
Kurt Fuchs (11); FAU/Georg Pöhlein (12); Ursula
Kaufmann (27 re.); mtkang/Shutterstock (4);
© Heiner Müller-Elsner/European XFEL (26);
© The Nobel Foundation (2007), Photo: Hans

Mehlin (23 re.); Oceloti/Shutterstock (3 li., 24-25
o.); SeitenPlan Illustrationen Titelstrecke; Smit/
Shutterstock (5 o.); Benjamin van der Spek/
Shutterstock (6 o.); Sergey Ryzhov/Shutterstock
(14-15 o.); Marc Ward/Shutterstock (3 Mi. o., 16);
Reprinted with permission from Nano Lett., DOI:
10.1021/acs.nanolett.6b01344. Copyright 2016.
American Chemical Society (5 u.)

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

Druck: Schloemer Gruppe GmbH

Auflage: 6.000



ATMOSPHÄRENFORSCHUNG

Nachtarbeit mit Nebenwirkung

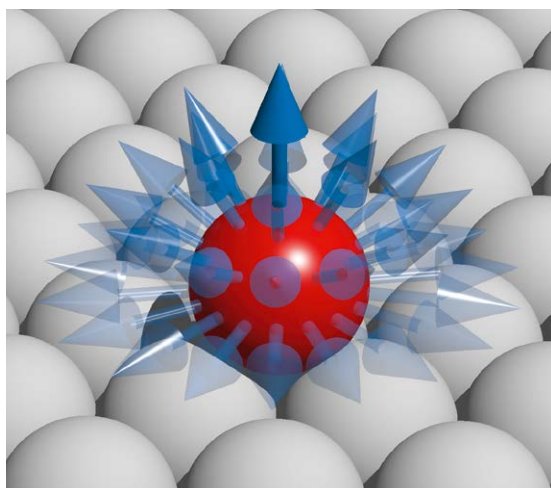
Wenn es Nacht wird, beginnt die Zeit der Nitraträdikale.

Die Gasmoleküle sammeln sich in der Atmosphäre – ungestört von Sonnenlicht, das sie am Tag zerstört – und beginnen ihre Arbeit: Sie reinigen die Atmosphäre von Kohlenwasserstoffen. Ein internationales Team aus Atmosphärenforschern hat nun herausgefunden, dass diese Nachtarbeit offenbar ungeahnte Nebenwirkungen hat: Die dabei gebildeten Verbindungen, sozusagen die Abfallprodukte der Reinigung, sorgen für mehr Partikel in der Luft. Ob- und wie die Partikel Luftqualität und Klima beeinflussen, wollen die Wissenschaftler nun untersuchen.

– INSTITUT FÜR ENERGIE- UND KLIMAFORSCHUNG –

MATERIALFORSCHUNG

Zittern unerwünscht



Winzige Nanomagnete gelten als Datenspeicher von morgen. Jülicher Physiker haben einen neuen Ansatzpunkt gefunden, um geeignete Materialien zu identifizieren: die sogenannte Nullpunktsenergie. Das ist die Energie eines Systems am absoluten Temperaturnullpunkt von -273,15 Grad Celsius. Die Forscher haben festgestellt, dass eine geringe Nullpunktsenergie besonders günstig ist. Dann zittern die magnetischen Momente von Atomen deutlich weniger als üblich. Stabile magnetische Momente sind wichtig, damit eine gespeicherte Information nicht verloren geht.

– PETER GRÜNBERG INSTITUT –



PHYSIKALISCHE CHEMIE

Leben aus der Lava

Heißes poröses Lavagestein und kühlendes Meerwasser: Diese Faktoren könnten vor mehr als drei Milliarden Jahren Geburtshelfer für die ersten Bausteine des Lebens gewesen sein. Jülicher Physikerinnen haben nachgewiesen, dass sich unter diesen Bedingungen ausreichend Formamid in den Hohlräumen des Lavagesteins ansammelt.

Aus dem kleinen Molekül könnten dann die Nukleinbasen entstanden sein.

Sie sind die Bausteine von DNS und RNS, jenen Makromolekülen, die die Erbinformationen speichern und verarbeiten.

– INSTITUTE OF COMPLEX SYSTEMS –

Bundespräsident zu Gast

Im September besuchte Bundespräsident Joachim Gauck das Forschungszentrum Jülich.

Bei seinem zweistündigen Aufenthalt informierte er sich über Fortschritte in der Hirn- und Alzheimerforschung sowie im Supercomputing. Außerdem experimentierte er im Schülerlabor „JuLab“ mit Kindern, Jugendlichen und Auszubildenden. Er zeigte sich beeindruckt von Grundlagenforschung und Interdisziplinarität und lobte das Forschungszentrum als „Leuchtturm der Wissenschaft und der Forschung“.



Das Schalten verstehen

Bereits seit drei Jahren sind erste memristive Speicher, kurz ReRAM, auf dem Markt. Die Schaltprozesse der kleinen, äußerst schnellen und energiesparenden Speicher sind jedoch nur unzureichend erforscht. Jülicher und Aachener Wissenschaftler haben nun ein mikroskopisches Verfahren entwickelt, mit dem sie auf der Nanoskala nachvollziehen können, was beim Schalten passiert. Das erleichtert das künftige Design von ReRAMs und macht die Schalteigenschaften gezielter einstellbar.

– PETER GRÜNBERG INSTITUT –



1.100

Stunden ...

... hat eine Silizium-Luft-Batterie aus Jülich Strom geliefert – eine so lange Laufzeit erreichte bis jetzt kein Akku mit dieser preiswerten und umweltfreundlichen Technologie. Bislang stoppte der Stromfluss oft nach nur wenigen Minuten. Jülicher Wissenschaftler haben die Ursache dafür entdeckt: Ständige Selbstentladungen der Batterie verbrauchen die Elektrolytflüssigkeit. Ein Pumpsystem füllt nun die Flüssigkeit immer wieder nach. Langfristig wollen die Jülicher Experten die Selbstentladungen durch Zusätze im Elektrolyt komplett verhindern.

– INSTITUT FÜR ENERGIE- UND KLIMAFORSCHUNG –

EFFIZIENT UND GÜNSTIG

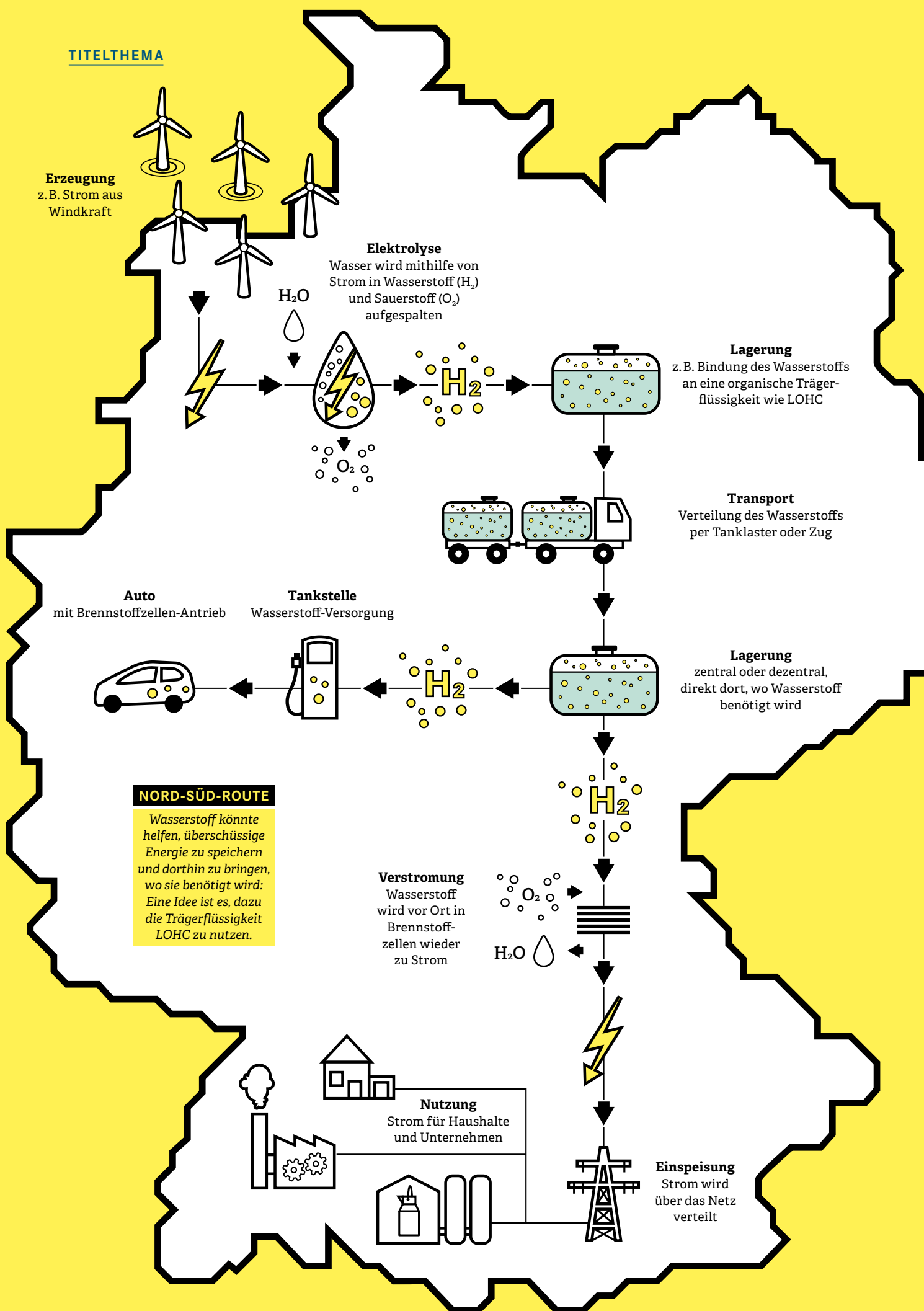
Terahertz-Quellen werden in Körperscannern an Flughäfen oder zur Qualitätskontrolle von Nahrungsmitteln eingesetzt. Ein neues Konzept eines internationalen Forscherteams ermöglicht Geräte, die effizienter sind und das Spektrum der Strahlung lückenlos nutzen. Solche Quellen wären zudem einfacher zu bedienen und günstiger in der Herstellung.

VERKLUMPUNG STOPPEN

Thrombozyten sind nicht nur für die Blutgerinnung wichtig, sondern offenbar auch direkt am Fortschreiten der Alzheimer-Krankheit beteiligt. Ein internationales Forscherteam hat festgestellt, dass sie die Bildung von Eiweißverklumpungen in Hirngefäßen fördern. Thrombozyten zu hemmen, könnte künftig eine bedeutende Rolle in der Therapie einnehmen.

BESSER VERTRÄGLICH

Neutronenforscher haben einen Weg gefunden, das Krebsmedikament Paclitaxel besser löslich zu machen – und zwar mit einer speziellen Trägersubstanz, die mit dem Medikament eine himbeerförmige Struktur bildet. Das ermöglicht kleinere Mengen Infusionslösung und könnte so Therapien besser verträglich machen. Paclitaxel wird etwa bei Brustkrebs verwendet.



Energie auf Reisen

80 Prozent des Stromverbrauchs sollen bis zum Jahr 2050 aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden. Doch Sonne und Wind stehen nicht rund um die Uhr zur Verfügung. Technologien zum Speichern der Energie sind gefragter denn je. Wasserstoff kann dabei wertvolle Dienste leisten. Jülicher Forscher haben alle Komponenten dieser Kette im Blick: Eine Reise durch Deutschland führt von der Wasserstoff-Erzeugung über die Lagerung bis hin zur Verwertung dieses Energieträgers.

Schwere Wolken ziehen über das flache Land. An dem böigen Herbsttag laufen die Windräder in der norddeutschen Tiefebene auf Hochtouren und liefern mehr Elektrizität, als Industrie und Haushalte benötigen. Um das Stromnetz stabil zu halten, müssten die Versorger einige der Anlagen abschalten. Dazu drehen sie die Rotorblätter in die sogenannte Fahnenstellung. Wertvolle Energie wird somit nicht genutzt. Doch genau diese Energie werden wir in Zukunft benötigen.

Rund 400 Kilometer südwestlich zückt Prof. Detlef Stolten seinen Füllfederhalter. Die grüne Tinte fließt aufs Papier, Kolonnen von Zahlen entstehen. Am Jülicher Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-3) hat der Experte ein Energieszenario durchgerechnet, das sich an den Vorgaben der Bundesregierung zur CO₂-Reduktion bis zum Jahr 2050 orientiert. In diesem Zeitraum sollen die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu 2010 um 80 Prozent sinken. „Die ambitionierten Ziele können nur dann erreicht werden, wenn die Stromerzeugung fast komplett auf erneuerbare Energien umgestellt wird“, so Detlef Stolten. Anders ausgedrückt: Das Abschalten etwa von Windkraftanlagen ist nicht nur unwirtschaftlich, es widerspricht den Zielen der Energiewende.

Es gibt allerdings zwei Probleme: Wind und Sonne liefern aufgrund ihrer unsteten Natur nicht

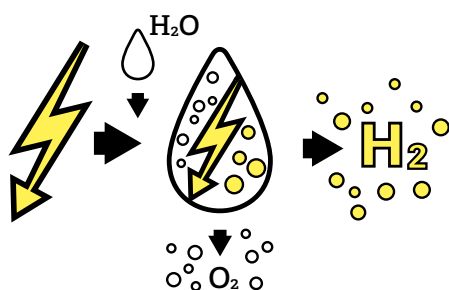


← Detlef Stolten arbeitet an Technologien und Konzepten für die Erzeugung, Speicherung und Verteilung von Wasserstoff.

gleichmäßig Energie, hohe Leistungsspitzen treten darüber hinaus in der Regel zu Zeiten auf, in denen dieser Strom nicht benötigt wird. Wissenschaftler verschiedenster Einrichtungen arbeiten an Lösungen, diese überschüssige Energie zu speichern, um sie zu nutzen, wenn beispielsweise kein Lüftchen weht oder dicke Wolken den Himmel bedecken. Eine Möglichkeit ist Wasserstoff.

Konkreter: die Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse. „Wasser steht nahezu unbegrenzt zur Verfügung. Es lässt sich mit Strom aus regenerativen Quellen in seine Bestandteile Sauerstoff

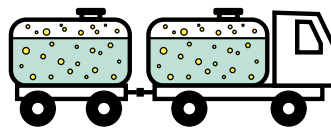
und eben Wasserstoff zerlegen. Und dieses Gas können wir schließlich wieder sauber zu Wasser verbrennen. So lässt sich ein geschlossenes Energiesystem aufbauen“, erklärt der Chemiker Prof. Peter Wasserscheid, der sich an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und am HI ERN, einer Außenstelle des Forschungszentrums Jülich, mit solchen Systemen beschäftigt. So könnte künftig neben jedem Windpark im hohen Norden eine Anlage mit einem oder mehreren Elektrolysegeräten stehen, die leise vor sich hin brummend Wasser zerlegen.



WASSERSPALTUNG

Effizient und preiswert

In Jülich arbeiten Forscher an der jüngsten Generation dieser Apparate, die perfekt zu den erneuerbaren fluktuierenden Quellen passen. Sogenannte PEM-Elektrolyseure enthalten eine gequollene Kunststoffolie in ihrem Inneren, eine Polymer-Elektrolyt-Membran. Sie funktionieren mit hohen Stromdichten, so dass sie auch große Mengen von Solar- oder Windenergie nutzen können und mehr Wasserstoff freisetzen als herkömmliche Elektrolyseure. Außerdem passen sie sich in Sekundenschnelle an abrupte Schwankungen im Stromnetz an. Allerdings: Der Wasserstoff aus den PEM-Elektrolyseuren ist vergleichsweise teuer, weil deren Effizienz noch verbessert werden muss. Im Projekt „Ekolyser“ suchen Forscher aus der Arbeitsgruppe von Detlef Stolten nach preiswerten Alternativen zu den Edelmetallen, mit denen die Kunststofffolien heutzutage noch beschichtet werden. Außerdem entwickeln sie Membranen, die den Strom besser leiten und gleichzeitig eine höhere Langzeitstabilität aufweisen als die konventionellen Materialien. Der Strom aus dem windreichen Norden ließe sich damit preiswert in Wasserstoff umwandeln, der zunächst einmal in unterirdischen Salzkavernen gespeichert werden könnte.



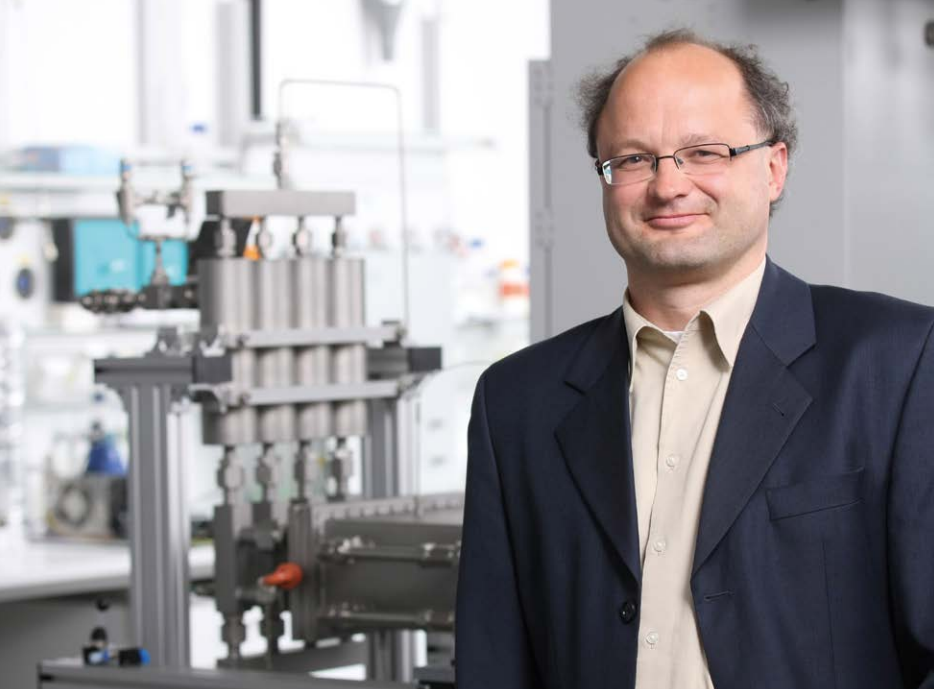
TRANSPORT

Pfandflaschen für ein Gas

Doch wie profitiert eine Molkerei im südlichen Bayern davon? Eine Möglichkeit ist es, den Wasserstoff im Norden zu lagern, bei Bedarf dort zu verstromen und dann als Strom in den Süden zu schicken. Das könnte über die langen Stromtrassen geschehen, die sich künftig quer durchs Land ziehen, wie etwa die geplante Strom-Autobahn von Schleswig-Holstein nach Bayern. Doch die Freilufttrassen sind umstritten. Leitungen unter der Erde, wie sie nun vor allem in Bayern geplant werden, sind deutlich teurer. Ein weiterer Ansatz könnte es sein, den Wasserstoff selbst auf die Reise zu schicken: entweder über spezielle Pipelines oder über das bereits bestehende Straßen- oder Schienennetz.

Das Team um Peter Wasserscheid hat ein Verfahren entwickelt, mit dem sich Wasserstoff sicher lagern und transportieren lässt: Die Forscher binden dazu den Wasserstoff an eine organische Trägerflüssigkeit („liquid organic hydrogen carrier“, kurz LOHC). Die ölige Substanz namens Dibenzyltoluol gehört zu den ungesättigten Kohlenwasserstoffen; unter den richtigen Bedingungen saugt sie den Wasserstoff förmlich in sich auf. Ein einziger Liter der Flüssigkeit kann mehr als 650 Liter Wasserstoff schlucken. Dabei entsteht eine schwer entflammbare, nicht explosive Verbindung, die Dieselkraftstoff ähnelt. Sie lässt sich bei Raumtemperatur problemlos lagern und transportieren. Mithilfe eines Katalysators wird der Wasserstoff bei Bedarf wieder abgespalten, um zum Beispiel Strom damit zu erzeugen.

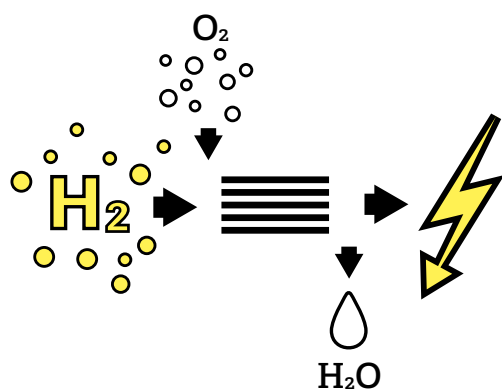
„Diese organische Flüssigkeit dient uns sozusagen als eine Pfandflasche für Wasserstoff. Denn sie kann immer wieder gefüllt und entleert werden“, erklärt Peter Wasserscheid. Mit der LOHC-Technologie lassen sich große Energiemengen über eine lange Zeit speichern und bei Bedarf wieder verbrauchen. Und sie bietet – neben Pipelines und Drucktanks – eine weitere Möglichkeit den Wasserstoff zu transportieren; wie nachhaltig und rentabel, muss sich noch zeigen: „So könnte



»LOHC dient uns als Pfandflasche für Wasserstoff. Denn es kann immer wieder gefüllt und entleert werden.«

↑ Peter Wasserscheid beschäftigt sich unter anderem mit Möglichkeiten, Wasserstoff chemisch zu speichern und zu transportieren.

man beispielsweise zwei Wochen lang überschüssigen Strom aus der Windenergie an der Nordsee in LOHC-Form speichern. Ein Tanklastler oder ein Zug könnte dann in Zukunft die mit Wasserstoff beladene Flüssigkeit im Norden abholen und quer durchs Land transportieren, etwa nach Nürnberg. Dort würde sie zunächst gelagert“, schildert Wasserscheid ein denkbare Szenario. Wenn dann an einem verregneten Tag die Photovoltaikanlage der bayrischen Molkerei nicht genug Strom liefert, könnte die Windenergie aus dem Norden die sonnenfreie Zeit überbrücken.



VERWERTUNG (I)

Der richtige Katalysator

In Nürnberg angekommen, hätte der nachhaltig erzeugte Wasserstoff nun bereits den größten Teil seiner Reise hinter sich gebracht. In der bayri-

schen Stadt könnten Anlagen stehen, welche die gespeicherte Energie wieder freisetzen. Sie kann dann über das normale Stromnetz nicht nur die Molkerei, sondern auch Fabriken und Wohnhäuser versorgen. Dazu gilt es, den Wasserstoff möglichst effizient zurückzuverstromen – mithilfe von Brennstoffzellen. Diese Module ähneln den Elektrolysegeräten, aber in ihnen läuft der entgegengesetzte Prozess ab: Wasserstoff und Sauerstoff reagieren zu Wasser und produzieren dabei Strom. Jülicher Forscher entwickeln und verbessern seit 20 Jahren verschiedene Typen von Brennstoffzellen. Dabei optimieren sie Materialien und chemische Verfahren, die sie in eigenen Prototypen testen. Ziel sind ein hoher Wirkungsgrad und lange Laufzeiten. Für die sogenannten Festoxid-Brennstoffzellen haben die Wissenschaftler bereits 95 Patente erhalten und mehrere Rekorde aufgestellt. Zuletzt im vergangenen Herbst: Da erreichte eine Brennstoffzelle dieses Typs weltweit erstmals eine Laufzeit von 70.000 Stunden. Das sind 8 Jahre.

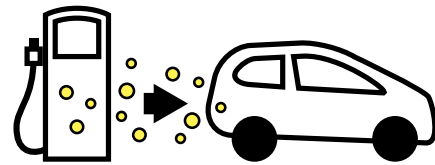
Mit der Gründung des HI ERN hat sich die Zahl der Brennstoffzellenexperten am Institut für Energie- und Klimaforschung noch einmal erhöht. Die Wissenschaftler in Bayern beschäftigen sich mit dem Herzstück der Brennstoffzellen: „Uns interessiert besonders, was am Katalysator auf den Elektroden geschieht. Dort laufen die entscheidenden chemischen Reaktionen ab“, sagt Prof. Karl Mayrhofer. Die Katalysatoren bestehen üblicherweise aus teuren Edelmetallen, etwa aus Platin. Um das wertvolle Material optimal auszunutzen, müssen die Forscher es fein auf der Elektrodenoberfläche verteilen – in Form von

Karl Mayrhofer →
entwickelt
Katalysator-
materialien für
Brennstoffzellen
und Elektrolyse-
geräte.



Nanopartikeln. „Wenn ich einen Ring aus Platin am Finger trage, dann hat er eine Oberfläche von 2 bis 3 Quadratzentimetern. Zerteile ich den Ring in Nanopartikel, habe ich immer noch die gleiche Menge Platin, aber eine enorme Anzahl von einzelnen winzigen Teilchen – und damit eine enorme Anzahl vieler kleiner Oberflächen. Addiere ich diese, ergibt sich eine Fläche so groß wie ein Fußballfeld. Da die chemischen Reaktionen in der Brennstoffzelle gerade an der Oberfläche des Katalysators ablaufen, steigere ich dadurch seine Aktivität um ein Vielfaches“, erklärt der Österreicher.

Doch nicht nur die Aktivität des Katalysators ist entscheidend für industrielle Anwendungen, sondern auch seine Stabilität. „Wir haben ein Katalysatormaterial entwickelt, das sowohl hochaktiv als auch langfristig stabil ist“, freut sich Karl Mayrhofer. Sein Team beobachtete, dass sich die katalytischen Nanopartikel auf dem Trägermaterial mit der Zeit zu immer größeren Teilchen zusammenballen – auf Kosten der aktiven Oberfläche. Die Forscher haben daraufhin ein Material entwickelt, das das unterbindet: Der Katalysator muss seltener erneuert werden, was sich positiv auswirkt auf die laufenden Kosten. „Wir betreiben hier zwar Grundlagenforschung, aber an anwendungsrelevanten Problemstellungen“, resümiert der Chemiker.



VERWERTUNG (II)

Ab auf die Straße!

Die Reise des Wasserstoffs muss aber nicht in Brennstoffzellen in der Anlage in Nürnberg enden. Entlang seines ganzen Weges warten weitere Abnehmer: Wasserstoff-Tankstellen – 34 gibt es

KÜNSTLICHE PHOTOSYNTHESE

Sonne statt Wind

Auch Regionen mit hoher Sonneneinstrahlung könnten einen Beitrag zur nachhaltigen Erzeugung des Energieträgers Wasserstoff leisten. Der Photovoltaikexperte Dr. Jan-Philipp Becker vom Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-5) ahmt dazu mit seinem Kollegen Bugra Turan einen Vorgang aus der Natur nach: die Photosynthese. „Anstelle eines Pflanzenblattes nutzen wir dazu eine Solarzelle. Sie sammelt das Sonnenlicht ein. Doch statt Strom erzeugt sie Wasserstoff. Wir können sie einfach in einen wässrigen Elektrolyten eintauchen, in die Sonne stellen – und kurz darauf beginnt das Gas zu blubbern.“

Mit einer konventionellen Siliziumzelle wäre das nicht möglich. Denn deren Spannung reicht dazu nicht aus. Die Bauelemente der Jülicher Forscher um Prof. Uwe Rau bestehen jedoch aus drei oder vier Einzelzellen, die nahtlos übereinander geschichtet sind. Dadurch steigt die Gesamtspannung über jene Grenze, die zum Aufspalten des Wassers erreicht werden muss. Solche Mehrfachstapelsolarzellen nutzen außerdem das Spektrum des Sonnenlichts besonders effizient aus. Denn jede Schicht erntet einen bestimmten Farbbereich, so dass nahezu die komplette Palette des weißen Mischlichtes abgedeckt ist. Das zeigt sich auch im Wirkungsgrad: Die Jülicher Stapelzelle besitzt einen Rekordwirkungsgrad von 9,5 Prozent. Knapp zehn Prozent der Sonnenenergie landen also am Ende im Wasserstoff. Der Wirkungsgrad vergleich-

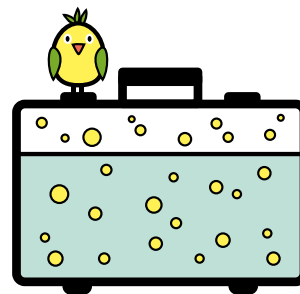
davon bereits in Deutschland. Denn Brennstoffzellen arbeiten nicht nur in stationären, sondern auch in mobilen Systemen, etwa als Treibstoff für Kraftfahrzeuge. Diese Bedeutung des Wasserstoffs für den Verkehrssektor unterstreicht Detlef Stolten: „Das Gas stellt die einzige realistische Möglichkeit dar, den Kohlendioxidausstoß im Pkw-Sektor drastisch zu reduzieren. Brennstoffzellenautos befinden sich bereits jetzt in der Markteinführung. Weltweit sind alle größeren Fahrzeughersteller auf diesem Gebiet aktiv.“

Auch in diesem Fall lässt sich die „Wasserstoff-Pfandflasche“ nutzen. Peter Wasserscheid erklärt: „Ich kann mir gut vorstellen, dass ein Tankfahrzeug an einer Raffinerie in Leuna beladen wird mit 20.000 Litern Diesel und mit 3.000 Litern LOHC. In beiden Fällen handelt es sich um Kohlenwasserstoffe, die an diesem Chemiestandort hergestellt werden können. Leuna hätte außerdem den Vorteil, dass es in der Nähe mehrere Windparks gibt.“ Dieselerzeugung, Großelektrolyse von Wasserstoff und die LOHC-Beladung könnten so gleichzeitig an einem Industriestandort erfolgen – und die Wärme, die bei der LOHC-Beladung erzeugt wird, sehr gut für andere Produktionsprozesse genutzt werden. Der Laster lädt dann an einer konventionellen Tankstelle beide Produkte ab: den Wasserstoff und den Diesel.“ So lässt sich die bestehende Infrastruktur für beides nutzen. Daraus ergeben sich Synergien. Alles, was solch eine Tankstelle benötigt, wäre ein zusätzlicher Tank und ein Container mit einer Anlage, die den Wasserstoff entsprechend der Nachfrage zurückgewinnt und komprimiert. Mit der Hydrogenious Technologies GmbH hat Peter

Wasserscheid ein Unternehmen mitbegründet, das Prototypen für LOHC-Anwendungen herstellt: „Wir bauen und verkaufen kommerzielle Prototypen. Unsere Nutzer sind aber bereit, sich an der Weiterentwicklung der Anlagen zu beteiligen, indem sie uns zum Beispiel praxisrelevante Daten liefern.“ Diese Phase will das Unternehmen Ende des kommenden Jahres abschließen. Dann könne jeder solche Anlagen mit entsprechender Garantie und Serviceangebot erwerben, so der Forscher.

„Bei der Wasserstofftechnologie handelt sich um einen Kreislauf, der einfach überzeugt“, fasst Peter Wasserscheid zusammen. Aus seiner Sicht bietet das Forschungszentrum Jülich dafür das optimale Umfeld. „Die Aktivitäten der verschiedenen Institute auf dem Gebiet der Wasserstoffforschung – Erzeugung, Speicherung, Verstromung – ergänzen einander ganz hervorragend.“ Die Umsetzung dieser Technologie ist also auf bestem Wege, im wahrsten Sinne des Wortes. Der Wasserstoff kann seine Reise antreten.

ARNDT REUNING



barer Mehrfachzellen auf Basis von Silizium lag bisher nur bei maximal 7,8 Prozent.

Gerade arbeiten Jan-Philipp Becker und seine Kollegen daran, die künstliche Photosynthese vom Labor in die Praxis zu überführen. Dazu haben sie eine Zelle entwickelt, die deutlich größer ist als die üblichen fingernagelgroßen Komponenten. Ihr Prototyp besitzt eine Fläche von 64 Quadratzentimetern. Er lässt sich mit weiteren Basiseinheiten zu Systemen verbinden, deren Ausdehnung konventionellen Solarmodulen in nichts nachsteht.



↑ Bugra Turan und Jan-Philipp Becker (r.) haben erstmals ein kompaktes, komplettes Design einer Anlage für die Elektrolyse durch Sonnenlicht entwickelt. Ihr Konzept ist bereits patentiert.



Alles frisch?

Ist der Joghurt noch gut? Und wie lässt sich das sofort erkennen? Bisher hilft den Verbrauchern dabei das Mindesthaltbarkeitsdatum. Dass es viel genauer geht, zeigt Dr. Alexey Yakushenko – mit einem elektrochemischen Sensor.

Auf Alexey Yakushenkos Handfläche schimmert es ein wenig. Der Glanz stammt von einem durchsichtigen, etwa 10 mal 10 Zentimeter großen Stück Plastikfolie. Oder besser gesagt, von der hauchdünnen Goldschicht, die sich dort spinnennetzförmig abbildet. Acht Sensoren sind aufgedruckt. „Das sind unsere Prototypen“, sagt der 30-jährige Physiker vom Peter Grünberg Institut (PGI), der seit zwei Jahren am Projekt „Fëdorov“ arbeitet. Jene filigranen Strukturen sind druckbare Funketiketten, die in Echtzeit anzeigen sollen, wie frisch Nahrungsmittel wirklich sind. Diese Druckbarkeit hat dem Projekt auch den Namen gegeben: „Fëdorov“ – nach Ivan Fëdorov, der im 16. Jahrhundert den Buchdruck in Russland vorantrieb.

An gedruckten Sensoren forschen die Wissenschaftler des PGI seit etwa vier Jahren. Yakushenko beschäftigte sich bereits in seiner Masterarbeit mit elektrochemischen Sensoren, die Signale aus Zellen auslesen. Zunächst dachte er allerdings an Anwendungen in der Medizin. Auf einer Fachmesse für druckbare Elektronik im Jahr 2011 war dem jungen Wissenschaftler die Idee für die Echtzeit-Frischeprüfung von Lebensmitteln gekommen. „So etwas gab es damals noch nicht“, erinnert sich Yakushenko. Das Ziel: „Wir haben vor, das Mindesthaltbarkeitsdatum zu ersetzen.“

Gemüse, Früchte, Brot oder Wurst: Nahrungsmittel, die nicht unbedingt verdorben sind, werden mit hohem Aufwand ver-

nichtet. Im Schnitt werfen die Bundesbürger pro Haushalt und Jahr fast 82 Kilogramm Lebensmittel weg, wie eine Studie der Universität Stuttgart aus dem Jahr 2012 zeigt. Anders ausgedrückt: Jedes achte Lebensmittel landet auf der Müllhalde. Ihr einziges Manko ist das Mindesthaltbarkeitsdatum.

Nicht jeder Bürger weiß, was dieser wichtige Aufdruck bedeutet. Damit garantieren die Hersteller nur, dass das Produkt bis zum aufgedruckten Datum zu 100 Prozent frisch und auch geschmacklich in Ordnung ist. Haltbar können die Güter aber deutlich länger sein.

SENSOR IN DER VERPACKUNG

Nun erkennt die Politik Handlungsbedarf. Der Bundesminister für Ernährung und Landwirtschaft Christian Schmidt betonte in einem Zeitungsinterview, dass die meisten Produkte erheblich länger verwendbar seien als auf den Verpackungen stehe: „Wir werfen massenweise gute Lebensmittel weg, weil die Hersteller zu große Sicherheitspuffer eingebaut haben.“ Hier kämen die innovativen Sensoren genau zur rechten Zeit.

Spannend ist, wie die neuartigen Frischedetektive funktionieren könnten. Bereits beim Hersteller wird jedem Lebensmittel ein Sensor beigelegt oder auf die Verpackung geklebt. Dieser kann verschiedene Frischeparameter bestimmen, etwa durch Messung des pH-Werts und des Sauerstoff- oder Ascorbin-

82

Kilogramm Lebensmittel
werfen die Bundesbürger
pro Haushalt und Jahr
im Schnitt weg.

säuregehalts in Flüssigkeiten oder gasförmigen Produkten. Der Sensor „schläft“ bis zu jenem Moment, in dem ihn ein Mitarbeiter mit einem kurzen, elektrischen Impuls durch einen drahtlosen Transponder aktiviert. Von selbst wird das Gerät nicht tätig. Seine Informationen sendet der Minisensor auf der Verpackung blitzschnell an das Handlesegerät – per Funk und in Echtzeit. Binnen Sekunden weiß der Mitarbeiter im Supermarkt, wie es um die Güte des Produkts steht. Ist es noch genießbar? Oder gibt es bereits Veränderungen, die sich negativ auf die Qualität der Butter oder des Joghurts ausgewirkt haben und die bedeuten, dass das Produkt nicht mehr verkauft werden darf?

Bevor der Sensor 2022 auf den Markt kommen soll, gilt es, die hohen Anforderungen der Hersteller und des Handels zu erfüllen. Denn jeder Chip darf nur etwa einen Cent kosten, damit die Produkte nicht spürbar teurer werden. Bereits heute laufen Gespräche mit einigen Produzenten, die die neuen Sensoren später – industriell und kostengünstig – drucken wollen. Yakushenko: „Dazu müssen wir spezielle druckbare Materialien, sogenannte funktionelle Tinten, entwickeln, die gewisse chemische oder biochemische Empfindlichkeit aufweisen. Gold als Träger allein reicht dafür nicht aus.“

Die reine Goldschicht, die derzeit die Prototypen ziert, ist für den Masseneinsatz ungeeignet. Ein kurzer Blick in die

Zukunft zeigt, was mit dem neuartigen Sensor möglich ist: Frische-Etiketten könnten mit einem intelligenten Kühlschrank „sprechen“, der dann die Rolle des Handscanners im Supermarkt übernimmt. Ist etwa die Milch in der Glasflasche schlecht geworden, würde der Kühlschrank prompt per Funk und der passenden Applikation beim Besitzer Alarm schlagen – und der wäre vor dem Konsum gewarnt.

AUSGRÜNDUNG GEPLANT

Auf dem Weg einer Idee bis in den Markt zählen neben der Inspiration des Forschers auch die Mittel, die für das Projekt bereitstehen. „Hier unterstützen wir als Forschungszentrum und auch die Helmholtz-Gemeinschaft unsere Wissenschaftler“, sagt Dr. Andrea Mahr vom Innovationsmanagement, „die Ausgründung von Firmen ist gewünscht und gerne gesehen.“ Just solch eine Gründung planen Yakushenko und sein Team für 2017. Eine Firmengründung selbst dauere nur einige Wochen, doch die Investorensuche, die Entwicklung des Geschäftsmodells und des Businessplans nehme viel Zeit in Anspruch. „Dabei helfen wir“, so Mahr. Das pfiffige Produkt, welches das Mindesthaltbarkeitsdatum eventuell verschwinden lässt, wird möglicherweise den gesamten Markt verändern. Denn neben der enormen Hilfe für Hersteller und Supermarktketten könnten die innovativen Etiketten flugs auch die Kosten im Handel senken – und nebenbei das bisher schlechte Gewissen der Bürger beruhigen.

MATTHIAS LAUERER



↑ Den Erfolg vor Augen: Alexey Yakushenko begutachtet die auf eine Folie aufgedruckten hauchdünnen Funketiketten.

Magnetwirbel – Tor zur Vergangenheit



Die Erde ist wie ein großer Magnet, dessen Magnetfeld sich immer wieder ändert. Wann und wie, lässt sich mit einem Elektronenmikroskop beobachten.

Das Magnetfeld, das unseren Planeten umspannt, schützt uns nicht nur vor kosmischer Strahlung. Vögel und Bienen nutzen es, um sich zu orientieren. Dazu folgen sie einem inneren Kompass, dem Magnetsinn. Doch das Erdmagnetfeld ändert sich fortlaufend – und zwar nicht nur in seiner Stärke: Mehrmals hat es sich im Laufe der Erdgeschichte sogar umgepolt, Nord- und Südpol haben ihren Platz getauscht. Mehr über solche Schwankungen verraten Millionen Jahre alte Magnetit-Mineralien.

Genauer gesagt, sind es winzige magnetische Nano-wirbel im Magnetit, die Einblicke in die Vergangenheit ermöglichen und mit ihren etwa 400 Nanometern gerade einmal so groß sind wie ein Virus. Die Wirbel sind wie historische Kompassnadeln. Sie sind in dem Zustand eingefroren, in dem sich das Erdmagnetfeld befand, als die Mineralien entstanden. So die Theorie, denn lange war unklar, wie verlässlich die aus den Mineralien gewonnenen Informationen sind: Haben sich die magnetischen Wirbel im Laufe der Zeit verändert, etwa aufgrund von Temperatur- und Druckschwankungen durch extreme Klimaänderungen oder vulkanische Aktivitäten?

UNERWARTET ROBUST

Bislang gab es dazu nur theoretische Überlegungen. Gemeinsam mit dem Team um Prof. Rafal Dunin-Borkowski vom Jülicher Ernst Ruska-Centrum (ER-C) für Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen konnte Dr. Trevor Almeida vom Imperial College London erstmals experimentell zeigen, dass die Wirbel unerwartet robust und damit durchaus verlässliche Informationsspeicher sind. „Sie ändern zwar bei erhöhter Temperatur ihre Stärke und Richtung, nehmen aber beim Abkühlen wieder ihren Ausgangszustand ein“, erklärt Rafal Dunin-Borkowski.

Um die Wirbel sichtbar zu machen, nutzten die Forscher eine besondere elektronenmikroskopische Methode, die Elektronenholografie. „Das funktioniert so ähnlich wie beim Magnetfeld eines Stabmagneten, das man mithilfe von Metallspänen sichtbar macht – allerdings arbeiten wir hier mit einer Auflösung im Nanometerbereich“, sagt Almeida. Dazu wird ein spezielles hochauflösendes Elektronenmikroskop benötigt, wie es das ER-C betreibt. Die natürlichen Temperaturschwankungen bei Klimaänderungen oder Vulkanausbrüchen stellten die Forscher nach, indem sie die Magnetit-Kristalle in speziellen Probenhaltern erhitzen und wieder abkühlten. Die größte Schwierigkeit dabei: Die winzigen Magnete hafteten bei hohen Temperaturen immer wieder zusammen, das kann die Magnetwirbel verändern und so die Messung verfälschen. „Aber nach viel Zeit am Mikroskop hatte ich genügend isolierte Magnetit-Partikel gefunden, mit denen ich experimentieren konnte“, sagt er.

Die Ergebnisse von Almeida und seinen Kollegen sind nicht nur für Geologen von Interesse – schwache magnetische Felder zu messen, ist auch für andere Fachgebiete von großer Bedeutung. „In der Informationstechnologie etwa spielen winzige magnetische Strukturen eine große Rolle. Hier kann die Elektronenholografie beispielsweise helfen, die physikalischen Grenzen der Datenspeicherung und -verarbeitung auszureizen“, sagt Dunin-Borkowski.

KATHARINA MENNE



Woran forschen Sie gerade, Herr Graf?

**Dr. Alexander Graf, Leiter einer BMBF-Nachwuchsgruppe
am Institut für Bio- und Geowissenschaften, Bereich Agrosphäre**

„Ich möchte herausfinden, wie wir mithilfe von Pflanzen und Böden den CO₂-Anstieg in der Atmosphäre verringern können. Im Augenblick wandeln sie rund ein Drittel unserer Emissionen in Biomasse um. Doch Klimawandel und Eingriffe des Menschen beeinflussen diesen Prozess. Ich messe, unter welchen Bedingungen Pflanzen und Böden wie viel CO₂ speichern und wieder abgeben. Solche Daten helfen bei der Verbesserung von Klimamodellen und geben uns inzwischen auch erste Anhaltspunkte, wie Landwirte Felder klimafreundlich bewirtschaften und zugleich deren Bodeneigenschaften verbessern können.“

Ready to take off!

Quantencomputer sind startklar. Das meint David DiVincenzo. Im Interview erläutert der Physiker, wozu sie dienen werden und inwieweit sie nützlich oder bedrohlich sind.



Prof. DiVincenzo, wie erklären Sie einem Laien wie mir, was ein Quantencomputer überhaupt ist?

Ein Bit, das Objekt der heutigen digitalen Informationstechnik, besteht aus der Zahl 1 oder der Zahl 0. Und ob das jeweilige Objekt eine 1 oder eine 0 ist, steht unzweifelhaft fest. Das ist wie bei diesem Kugelschreiber vor mir: Er liegt entweder zweifelsfrei hier oder – wenn ich ihn woanders hinlege – zweifelsfrei dort. In der Quantenwelt ist das anders: Dort kann ein Objekt gleichzeitig hier und anderswo sein. Das widerspricht unserer Alltagserfahrung und unserer Intuition – wie auch andere Aspekte der Quantenphysik. Daher ist der Quantencomputer, der auf den Gesetzen der Quantenphysik beruht, so schwer zu verstehen. Beispielsweise kann das Qubit, das Objekt beim Quantencomputing, gleichzeitig 0 und 1 sein. Unter anderem diese Eigenschaft lässt sich ausnutzen, um manche Aufgaben schneller zu lösen, als es mit Bits und digitalen Rechnern möglich ist.

Wird der Quantencomputer künftig also unsere heutigen Computer ablösen?

Das halte ich für unwahrscheinlich. Unsere digitalen Computer sind nahezu universell einsetzbar. In vielen Bereichen wird ein Quantencomputer keinen zusätzlichen Nutzen gegenüber einem solchen Computer haben. Doch wir Wissenschaftler sehen schon seit Längerem einige spezifische Anwendungen, in denen der Quantencomputer dem herkömmlichen Computer deutlich überlegen sein wird.

Welche Anwendungen sind das?

Erstens die Simulation von Materialien, da diese aus Atomen und Elektronen bestehen. Das sind Bausteine, die den Gesetzen der Quantenphysik gehorchen, daher werden wir ihre Eigenschaften mit Quantencomputern besser verstehen und

vorhersagen können als bislang. Zweitens könnten Quantencomputer zum Aufbau eines neuartigen Netzwerks dienen, in dem Daten sicherer ausgetauscht werden und Partner sicherer zusammenarbeiten als im digitalen Internet. Drittens wird ein Quantencomputer eine Reihe von komplexen mathematischen Problemen effizienter lösen können als bisherige Rechner. Das ist nicht nur für die reine Mathematik interessant, sondern zum Beispiel auch für die heute gängige Technik, um Daten zu verschlüsseln und zu entschlüsseln.

Stichwort Daten entschlüsseln: Aus diesem Grund gibt es Bedenken, dass Quantencomputer in den Händen von Geheimdiensten oder Kriminellen eine mächtige Waffe wäre. Was erwidern Sie?

Zunächst einmal ist das Internet auch heute schon keineswegs sicher – dazu bedarf es keines Quantencomputers. Richtig ist, dass die Verschlüsselungstechnik, die heute etwa beim Home-Banking und bei Messenger-Diensten eingesetzt wird, in rund zehn Jahren so unsicher sein wird, dass sie in den Ruhestand versetzt werden sollte. Doch es gibt eine gute Nachricht: Es existieren für solche klassischen Internetdienste bereits alternative Verschlüsselungsmethoden, die auch mit einem Quantencomputer nicht zu knacken wären. Diese Methoden werden in zehn Jahren hoffentlich auf breiter Front einsatzbereit sein. Zusätzlich bieten reine Quanten-Kommunikationsnetze langfristige Sicherheit. Es liegt in der Natur dieser Systeme, dass man jeden Lauschangriff bemerkt.

Schon Anfang der 1990er Jahre gab es Meldungen darüber, dass Forscher Quantencomputer auf Basis organischer Moleküle verwirklicht hätten. Wie weit ist man heute?



Die Experimente vor 20 Jahren waren gut geeignet, um Prinzipien der Quantenmechanik zu demonstrieren und einzelne Qubits herzustellen. Ich habe jedoch schon damals aufgrund von theoretischen Überlegungen vorhergesagt, dass sich Quantensysteme, die auf organischen Molekülen beruhen, nicht von einigen Qubits auf 100 oder noch mehr Qubits vergrößern lassen werden. Diese fehlende Skalierbarkeit bestätigte sich. Ende der 1990er Jahre kam dann unter Theoretikern die Idee auf, Qubits in Festkörpern zu verwirklichen. Was dann Anfang der 2000er Jahre auch gelang. Inzwischen gibt es Festkörper-Systeme, die meiner Meinung nach von derzeit fünf bis zehn auf deutlich mehr Qubits skalierbar sind: Der Quantencomputer ist „ready for take-off“.

Das US-Unternehmen D-Wave hat bereits einige Exemplare eines Gerätes verkauft, das es als Quantencomputer bezeichnet. Experten streiten darüber, ob es wirklich einer ist. Ihre Meinung?

Der D-Wave-Rechner hat gewisse Eigenschaften eines Quantencomputers. Ich würde ihn aber nicht als solchen bezeichnen. Unter anderem deshalb, weil sich seine Qubits nur für Nanosekunden (milliardstel Sekunden) in einem Zwischenzustand zwischen 0 und 1 befinden können. Daher wird er vermutlich selbst in künftigen Versionen nur sehr wenige Aufgaben effizienter lösen können als ein herkömmlicher Computer.

Sie beschäftigen sich als Theoretiker mit Quantencomputern. Was heißt das?

Anders als Praktiker bin ich nicht an eine Laborausstattung, eine Technik oder eine Methode gebunden. Und auch nicht an Supercomputer oder Codes, wie manche anderen Theoretiker. Mir reicht ein Stück Papier zum Schreiben, um Ideen zu

entwickeln. Dabei denke ich auch darüber nach, wie diese Ideen im Experiment nützlich sein können oder wie man sie anwenden kann.

Haben Sie ein Beispiel für eine solche Idee?

Bei heutigen Qubit-Experimenten setzt man Bauteile zur Signalverarbeitung ein, die schon in einem Buch aus den 1960er Jahren beschrieben sind. Je mehr Qubits in einem System verwirklicht sind, umso mehr von diesen zentimetergroßen Zirkulatoren werden benötigt. Als ich vor einiger Zeit wieder in dem Buch las, hatte ich die Idee zu einem alternativen Zirkulator, der nach einem völlig anderen Prinzip arbeitet. Sein großer Pluspunkt: Er ist kleiner als der herkömmliche und kann in großen Mengen in einen einzigen Chip integriert werden. Zusammen mit einem Postdoc arbeite ich diese Idee immer weiter aus. Ich habe darauf inzwischen ein Patent und zusätzlich einige Publikationen darüber geschrieben.

DAS INTERVIEW FÜHRTE FRANK FRICK.

Zur Person

Prof. David DiVincenzo gilt als Pionier im Bereich Quanteninformation. Mit seinem Namen ist unter anderem die Entwicklung von Kriterien verbunden, die ein Quantencomputer erfüllen muss, die sogenannten „DiVincenzo criteria“. Der Physiker ist Direktor des Jülicher Peter Grünberg Instituts, Bereich Theoretische Nanoelektronik (PGI-2), und lehrt an der RWTH Aachen am JARA-Institute for Quantum Information. Der US-Amerikaner wurde 2010 mit der Alexander von Humboldt-Professur ausgezeichnet, dem höchstdotierten internationalen Forschungspreis Deutschlands.



Der Herr der Reibung

Reifen sollen rollen – im Sommer wie im Winter. Doch kommt das Glatteis, verlieren die Gummis an Grip. Ein Fall für den Physiker Dr. Bo Persson, der sich nicht nur in der kalten Jahreszeit mit Reibung beschäftigt.

Eigentlich interessieren ihn Autoreifen überhaupt nicht, er fährt nicht mal gern Auto und die richtige Winterbereifung überlässt Bo Persson lieber

dem Kfz-Mechaniker seines Vertrauens. Dennoch gehört der theoretische Physiker vom Peter Grünberg Institut zu den international gefragtesten Experten, wenn es um Autoreifen geht. Große Hersteller wie Pirelli oder Continental fragen den bescheidenen, grauhaarigen Schweden mit den wachen Augen immer wieder um Rat. Und sogar die Königsklasse im Autosport, die Formel 1, hat kürzlich an seine Tür geklopft. Sie alle sind auf der Suche nach einer „Zauberformel“ für den optimalen Reifen: Der soll möglichst langlebig sein, mehr Grip besitzen und dennoch weniger Rollwiderstand leisten. Was für den Laien nach

↑ Bo Persson hilft mit seiner Forschung, den optimalen Autoreifen zu entwickeln.

»Das schon längst vorhandene Wissen über Reibung wird noch nicht berücksichtigt.«

der Quadratur des Kreises klingt, gehört für die Reifenforscher seit Jahrzehnten zu den größten Herausforderungen. Schließlich widersprechen sich „mehr Haftung“ und „leichterer Lauf“ grundlegend. Bei der Lösung dieses Zielkonfliktes hilft Persson weiter: Er entwickelt Modelle zur Vorhersage der Reifenhaftung. 2015 beispielsweise zeigte er zusammen mit südkoreanischen Kollegen, was auf molekularer Ebene bei der Reibung passiert und welche Faktoren bei der Vorhersage der perfekten Gummimischung eine Rolle spielen können. „Wir haben dabei erstmals die Scherkräfte berücksichtigt, die besonders dann zum Einsatz kommen, wenn Gummi langsamer über den Asphalt rutscht“, so der Forscher.

EIN ALLTÄGLICHES PHÄNOMEN

Seit über 20 Jahren beschäftigt sich der 64-Jährige mit Tribologie, der Lehre von Reibung und Verschleiß. Reibung tritt im Alltag überall auf: beim Gehen, Autofahren oder Staubsaugen, aber auch in nahezu jeder Technologie oder Anwendung der Industrie – etwa in Pumpen, Motoren, Dichtungen oder Implantaten. Schätzungen gehen davon aus, dass in den Industrieländern Reibung und Verschleiß jährlich Verluste in Höhe zwischen zwei und sieben Prozent des Bruttosozialprodukts verursachen – „und zwar nur, weil das schon längst vorhandene Wissen über Reibung noch nicht berücksichtigt wird“, ärgert sich Persson. Er selbst hat Anfang der 1990er Jahre seine Spektroskopie-Untersuchungen von Festkörperoberflächen im Ultrahochvakuum eingestellt, weil ihm das Thema zu wenig mit der Realität zu tun hatte. Stattdessen widmete er sich der Tribologie und schrieb 1995 das Buch „Sliding Friction – Physical Principles and Applications“. Inzwischen ist es ein Standardwerk, das in nahezu jeder wissenschaftlichen Veröffentlichung zum Thema zitiert wird.

Seitdem verfolgen auch die Reifenhersteller Perssons Überlegungen zur Reibung mit großem Interesse. Der italienische Konzern Pirelli rief ihn Ende der 1990er Jahre erstmals an und wollte mehr über den Zusammenhang von Reibung und Gummi, sprich über Autoreifen, erfahren. „Ich forschte dazu, entwickelte eine Theorie zur Haftreibung und schrieb innerhalb von nur zwei Monaten mein wichtigstes Tribologie-Paper“, so der Wissenschaftler, der über 400 Veröffentlichungen verfasst hat. Mit der sogenannten Persson-Theorie war es erstmals möglich zu berechnen und vorherzusagen, wie gut ein Reifen aus einer bestimmten Gummimischung auf dem

Asphalt haften wird – und zwar ohne dass vorab komplette Testreifen produziert werden mussten.

Doch Perssons Interesse fokussiert sich nicht allein auf Reifenhaftung. Gedanklich beschäftigt sich der Wahl-Jülicher genauso intensiv mit anderen Systemen, in denen Reibung eine Rolle spielt: Wie lässt sich der Inhalt einer Spritze möglichst reibungslos, also schmerzfrei, unter die Haut eines Patienten injizieren? Wie schließen Gummidichtungen möglichst dicht ab? Und warum ist Eis so rutschig? Mit seiner „Eisformel“ lässt sich erstmals die Reibung von Objekten auf einer Eisoberfläche bei verschiedenen Temperaturen und Geschwindigkeiten ausrechnen. Langfristig könnte es so möglich sein, Materialien wie Gummi oder Stahl für besonders glattes oder rutschfestes Verhalten auf Eis zu optimieren – vermutlich klopfen als nächstes die Eisschnellläufer bei dem Schweden an. Aktuell schreibt er an einem Buch über Reibungsphänomene im Nanobereich: „Electromagnetic Fluctuations at the Nanoscale“ erscheint in diesen Tagen.

DAS GLÜCK DES STILLEN DENKERS

Bei all der Themenvielfalt verknüpft der Physiker Grundlagenforschung, Beratung und Anwendung mit Herzblut. Bestimmte Probleme der Industrie wecken in ihm den Ehrgeiz, sie zu lösen. „Das klingt banal, ist es aber nicht. Nur mit einer gehörigen Portion Kreativität lassen sich die vielen Faktoren, die das Problem verursachen, unter einen Hut bekommen“, so Persson. Deshalb sitzt er am liebsten in seinem Büro, denkt nach, rechnet und schreibt Softwareprogramme, um Lösungen in Formeln zu bringen, und Forschungsanträge, um sie zu finanzieren. Zwischendurch reist er durch die Weltgeschichte, bevorzugt nach Japan, Südkorea und in die USA, berät Reifenhersteller oder präsentiert seine Forschungsergebnisse auf Konferenzen.

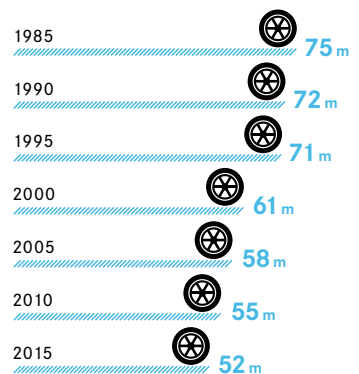
Dass er mal aufhören soll zu denken oder seinem Gehirn mit einem profanen Krimi Urlaub von wissenschaftlicher Kopfarbeit verschafft, ist für ihn kaum vorstellbar: „Picasso hat bis zu seinem Tod gemalt, so ist es bei mir mit dem Denken.“ Stellt sich die Lösung nicht ein, begleiten ihn die Gedanken – zu Hause, beim Einschlafen oder im Garten. Und plötzlich ist die Eingebung da, in einer Situation, in der er nicht damit gerechnet hat. Und dann? „Dann bin ich glücklich – zumindest für eine Weile. Bis das nächste Problem auftaucht.“

KATJA LÜERS

20

Jahre beschäftigt sich Bo Persson bereits mit der Lehre von Reibung und Verschleiß.

Bremsweg wird kürzer



In den letzten 30 Jahren hat sich der Bremsweg von Autos bei Nässe um ein Drittel verkürzt. Das ist auch ein Verdienst der immer besseren Reifen. Die Angaben beziehen sich auf den Bremsweg bei einer Geschwindigkeit von 100 km/h.¹

¹ Quelle: Stefan Torbrügge, Continental Reifen Deutschland GmbH, Die Reifen-Fahrbahn Wechselwirkung auf nasser Straße messen und verstehen, Symposium „Reifen & Fahrwerk 2015“, Wien, 2015

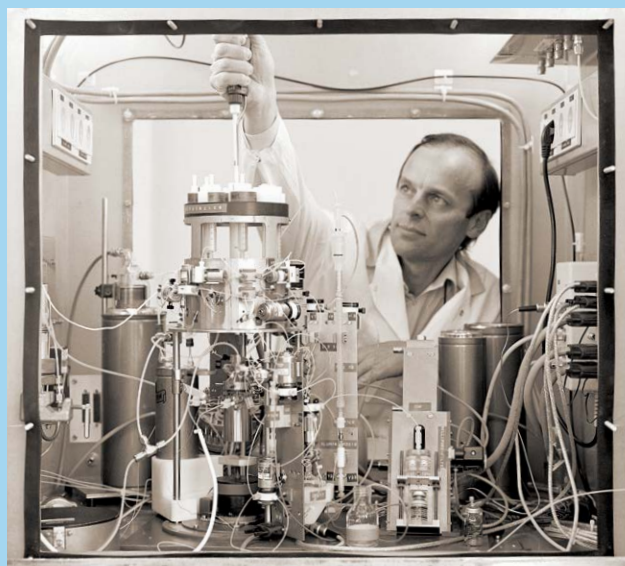
Sechs Jahrzehnte Forscherdrang

In 60 Jahren haben Jülicher Wissenschaftler gewaltige Mengen an Daten produziert. Sie haben diverse Ideen entwickelt, zahlreiche Patente angemeldet und viele grundlegende Erkenntnisse gewonnen – hier eine kleine Auswahl bemerkenswerter Forschung.

24.000

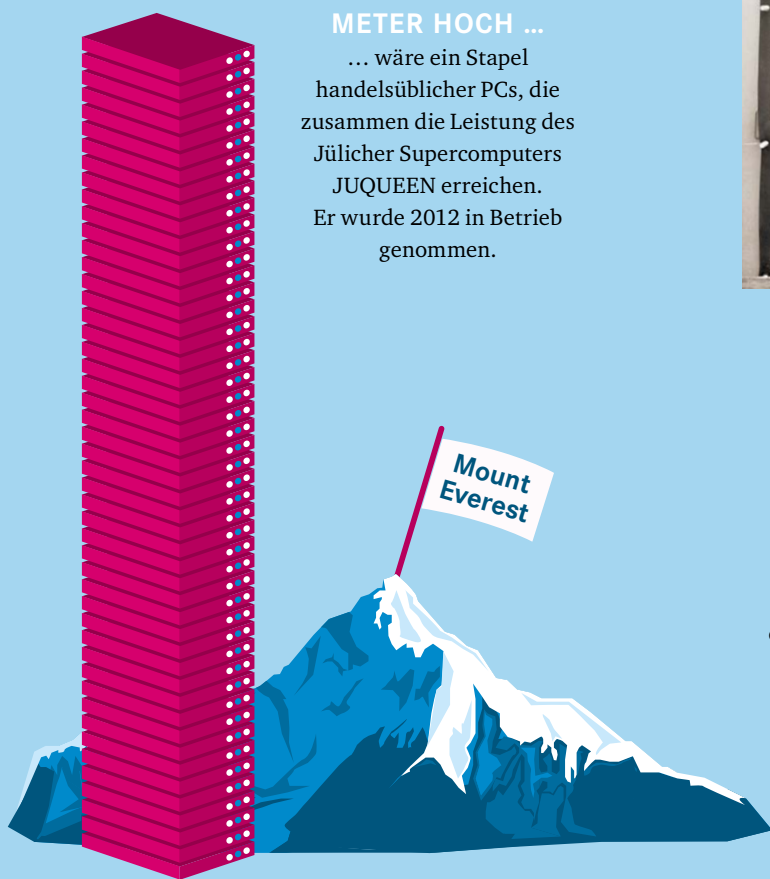
METER HOCH ...

... wäre ein Stapel handelsüblicher PCs, die zusammen die Leistung des Jülicher Supercomputers JUQUEEN erreichen. Er wurde 2012 in Betrieb genommen.



PIONIERARBEIT BIS HEUTE

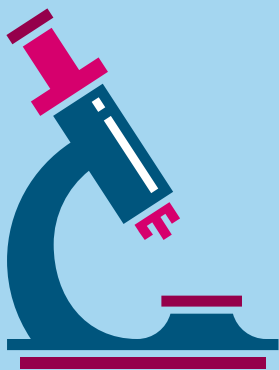
Die Positronen-Emissions-Tomografie (PET) macht mithilfe schwach radioaktiver Substanzen Tumoren und Entzündungen im Körper sichtbar, aber auch Plaque-Ablagerungen durch die Alzheimer-Krankheit. Jülicher Nuklearchemiker entwickeln bis heute Geräte und signalgebende Substanzen mit: Ende der 1970er Jahre standen in Europa nur drei PET-Prototypen – einer davon in Jülich. Mitte der 1980er Jahre vereinfachten die Jülicher die Synthese von FDG, einem radioaktiv markierten Zucker. Er ist seitdem die meist-genutzte Substanz in der PET-Diagnostik.





GROSSES HIRN – WINZIGE DETAILS

Jülicher Forscher erstellten 2013 zusammen mit kanadischen Kollegen das bisher genaueste Modell eines menschlichen Gehirns: „Big Brain“ zeigt die komplizierte Struktur des Gehirns mit einer Auflösung von 20 Mikrometern. Das entspricht etwa der Größe einer Nervenzelle.



MEGA-MIKROSKOP

Viele Jahre schränkten als unvermeidlich geltende Linsenfehler die Leistungsfähigkeit von Elektronenmikroskopen ein. Bis 1997 der Jülicher Physiker Prof. Knut Urban mit Kollegen aus Heidelberg und Darmstadt ein passendes Linsensystem entwickelte. Es verbesserte die Auflösung auf 50 milliardenstel Millimeter und ermöglicht, atomare Strukturen in größtmöglicher Genauigkeit zu untersuchen.



SPIONE DER LÜFTE

Was haben ein ehemaliges russisches Spionageflugzeug, ein Zeppelin und zehn Linienflugzeuge gemeinsam? Sie alle liefern zum Teil seit mehr als 20 Jahren Jülicher Klimaforschern Daten, um Prozesse in unserer Atmosphäre besser zu verstehen – etwa die Bildung von Wolken und ihr Einfluss auf das Klima, die Selbstreinigung in der Atmosphäre und den Einfluss kleinster Partikel auf unsere Luftqualität.

50

MIKROKELVIN ...

... lautete der Kälte-Weltrekord, den Jülicher Forscher 1978 erzeugten. Er lag 50 millionstel Grad über dem absoluten Nullpunkt von $-273,15$ Grad Celsius. So tiefe Temperaturen ermöglichen die Erforschung besonderer physikalischer Effekte wie etwa der Supraleitung.



NOBLER FORSCHERGEIST

Im Jahr 2007 erhielten der Jülicher Forscher Prof. Peter Grünberg (l.) und sein Pariser Kollege Prof. Albert Fert den Physik-Nobelpreis für die Entdeckung des sogenannten GMR-Effekts. Der GMR-Effekt ermöglichte es, die Speicherkapazität von Computerfestplatten zu verzehnfachen.

NEUTRONEN GEGEN VERSULZUNG

„Freudiges Ereignis um 23:42 eingetreten. Gratulieren! Heißt DIDO.“ So lautete ein Telegramm vom 14. November 1962 an Leo Brandt, Leiter des Landesamts für Forschung in Nordrhein-Westfalen. Kurz vor Mitternacht war der Forschungsreaktor DIDO „kritisch geworden“ – produzierte also konstant Neutronen. Fast 50 Jahre lang nutzten Wissenschaftler die lange Zeit stärkste Neutronenquelle Deutschlands, um Moleküle, Werkstoffe und lebende Materie zu untersuchen. Ergebnisse führten zum Beispiel zu Zusatzstoffen, die noch heute das Versulzen von Dieselmotoren im Winter verhindern.

Der Schatz im Abwasser

Sie sind gerne auf einer einsamen Insel versteckt oder im azurblauen Meer: Truhen voller Goldmünzen und Geschmeide. Jülicher Forscher finden ihre Schätze in weit- aus unwirtlicheren Gefilden: im Abwasser. Mit besonderen Methoden entdecken sie dort Biomoleküle – wertvoll für die Wissenschaft, aber auch für die Industrie.

Es stinkt zum Himmel: Abwasser ist meistens eine dunkle, übel riechende Brühe, die man möglichst schnell loswerden möchte. Doch Jülicher Forscher sehen die braune Suppe mit ganz anderen Augen: und zwar als wahre Fundgrube an Schätzen. Aber die Biochemiker um Prof. Karl-Erich Jaeger erwarten weder Goldmünzen noch wertvolles Geschmeide. Die Kostbarkeiten, die sie heben, sind gänzlich anderer Art – und dennoch wertvoll: nämlich Biomoleküle.

Doch was macht diese Moleküle so wertvoll? Ein Treiber der Suche und Hauptanwender ist die chemische Industrie: Sie sucht vor allem nach Enzymen, das sind Biomoleküle, die chemische Katalysatoren ersetzen können und daher auch als Biokatalysatoren bezeichnet werden. Da diese Enzyme aus der Natur stammen, warten sie mit zahlreichen Vorteilen auf: Sie ermöglichen Reaktionen in wässrigen Lösungen, arbeiten bei Raumtemperatur, einem neutralen pH-Wert und unter Normaldruck – und all das umweltverträglich. Reaktionen ohne Biomoleküle dagegen laufen oft unter harschen Bedingungen: Vielfach sind giftige Lösungsmittel nötig, hohe Drücke und hohe Temperaturen.

Ein wichtiges Ziel der chemischen Industrie besteht daher darin, möglichst viele Reaktionen durch den Einsatz solcher

Biomoleküle zu beschleunigen und sie umweltfreundlicher und effizienter zu gestalten. Man spricht dabei auch von „grüner“ Chemie. Zunehmend werden als Ausgangsstoffe auch nachwachsende Rohstoffe anstelle von Erdöl verwendet, aus denen etwa Bioplastik oder auch Grundchemikalien hergestellt werden können. Doch wie kommt man an die begehrten Juwelen im Schatz? „Zunächst einmal nimmt man Proben, beispielsweise einen Löffel Erde oder wie in unserem Fall Abwasser aus einem Schlachthof. In solchen Proben wimmelt es von Bakterien, die verschiedenste Biomoleküle produzieren. Welche, hängt natürlich vom Ort der Probenentnahme ab“, erklärt Jaeger. „Im Schlachthofabwasser erwarten wir unter anderem Biokatalysatoren, die zum Beispiel Fette spalten oder Proteine zerlegen können.“ Das sind die Goldstücke.

WER STELLT DIE „GOLDSTÜCKE“ HER?

Naheliegender wäre es, die Bakterien zu identifizieren, die diese Goldstücke produzieren, sie zu vermehren und so den Schatz zu heben. Das funktioniert aber leider nur selten: Im Abwasser tummeln sich unvorstellbar viele Bakterien – es ist zum einen unklar, welche davon die Goldstücke herstellen, und es gibt in der Regel auch zu wenige Bakterien von einer Art, um sie direkt isolieren zu können. Zum anderen lassen sich auch nur weniger als ein Prozent der Bakterien aus solchen Umweltproben im Labor kultivieren. „Über 99 Prozent der Bakterien gehen einem somit durch die Lappen – und damit natürlich auch die Biomoleküle, die sie produzieren“, so Jaeger.

Daher müssen die Forscher einen Umweg machen. Dafür nutzen sie ein vergleichsweise neues Verfahren, die Metagenomtechnik. Dabei isolieren die Forscher die DNS der Mikroorganismen direkt aus der Probe heraus. Diese kann dann analysiert und bei Bedarf vervielfacht werden. Anschließend

Hatten den richtigen Instinkt für ihre Schatzsuche: Karl-Erich Jaeger (l.) und Stephan Thies.





← Nicht alles, was im Abwasser landet, ist Dreck. Dort finden sich auch Biomoleküle, die für Wissenschaft und Industrie hochinteressant sind.

schleusen die Forscher verschiedene DNS-Stücke in leicht zu vermehrende Bakterien ein. Dabei nutzen sie häufig das Bakterium *Escherichia coli*, das als „Arbeitspferd“ der Molekularbiologen gilt und dann ebenfalls die Biomoleküle produzieren kann, für die die jeweils eingeschleusten DNS-Abschnitte den Bauplan liefern.

Zu diesem Zeitpunkt tappen die Forscher noch im Dunkeln, was diese Biomoleküle genau können. Spalten sie etwa wie erwartet Fette oder zerlegen sie Proteine? Dies untersuchen die Wissenschaftler nun systematisch – in Jülich mit einem Roboter. Er verteilt die Biomoleküle in Tausende Töpfchen mit verschiedenen Testflüssigkeiten. Über einen Farbwechsel zeigen die Flüssigkeiten dann die Moleküleigenschaften. Zerlegt ein Enzym etwa Fette, wird die vorher farblose Flüssigkeit beispielsweise in Töpfchen Nummer 3.752 gelb.

Der Haken an der Sache: Die Forscher finden nur das, wonach sie suchen – für alles andere sind sie quasi blind. Gibt es für ein bestimmtes Biomolekül oder eine bestimmte Eigenschaft keinen Test, so gibt es auch keine Möglichkeit, das Biomolekül zu finden. Man braucht also für jedes Juwel einen anderen Detektor.

WEITERE SCHÄTZE SICHTBAR GEMACHT

Einen solchen neuen Detektor haben die Jülicher nun angewendet – und damit weitere Goldstücke in der Schatzkiste sichtbar gemacht: die Biotenside. „Die Bedeutung dieser Biotenside ist nicht zu unterschätzen: Man könnte sagen, sie sind die Biomoleküle des 21. Jahrhunderts“, sagt Jaeger. So hat nicht nur die chemische Industrie starkes Interesse an ihnen – etwa als Zusatz zu Kosmetik und Waschmitteln, die biologisch

abbaubar sind –, sondern auch Erdölförderer. Denn pumpt man Biotenside in den Boden, erhöhen sie die Löslichkeit von Öl und sorgen dafür, dass es sich leichter fördern lässt. Anders als bisher eingesetzte Chemikalien belasten die Biotenside die Umwelt weniger stark, sind sie doch die biologischen Produkte verschiedener Bakterien, die ohnehin in den Boden gelangen.

„Ursprünglich waren wir auf der Suche nach Enzymen, die Öle und Fette spalten“, schildert Stephan Thies aus dem Team um Jaeger, das die Biomoleküle erforscht. Allerdings wandten die Forscher dabei nicht nur die bekannten Untersuchungsmethoden an, sondern auch – und das erstmalig – Tests, die Biotenside entlarven. Tenside sind Stoffe, die Fette und Öle lösen können, etwa in haushaltsüblichen Putz- und Spülmitteln. „In fettreichem Schlachthofabwasser nach Biotensiden zu suchen, die den dort lebenden Bakterien beim Lösen von Fetten und Ölen helfen, erschien uns aussichtsreich. Daher haben wir diesen Test dort angewandt: Damit ist es uns gelungen, erstmals die Herstellung solcher Biotenside in Abwasserbakterien aufzuspüren und die interessanten Biomoleküle zu isolieren“, freut sich Thies.

Noch klappt zwar eine riesige Lücke zwischen den Mengen, die die Forscher im Labor herstellen, und den über 100.000 Tonnen, die etwa Erdölförderer brauchten. Dennoch: Mit dem neuen Detektor für die Schatzsuche im Reich der Biomoleküle ist der erste Schritt getan, um den riesigen Pool an möglichen Biotensiden auszuschöpfen.

JANINE VAN ACKEREN

Vom Blitz getroffen



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 Hamburg.

Die zehn Partner des CSSB

- Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin
- Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY)
- Europäisches Laboratorium für Molekularbiologie (EMBL)
- Forschungszentrum Borstel
- Forschungszentrum Jülich
- Medizinische Hochschule Hannover
- Heinrich-Pette-Institut
- Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung
- Universität Hamburg
- Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

Licht im Tunnel: Die 3,4 km lange Röntgenlaseranlage European XFEL verläuft größtenteils unterirdisch.



Brillante Röntgenstrahlung in Hamburg soll sie ans Licht bringen: die molekularen Mechanismen von Krankheiten wie etwa Alzheimer. Jülicher Forscher sind mit dabei.

**2,2
plus**

Jede Sekunde blitzt es 27.000-mal. Doch nicht unter freiem Himmel, sondern unterirdisch in einer riesigen Anlage, die sich vom Gelände des Forschungszentrums DESY in Hamburg-Bahrenfeld bis in die drei Kilometer entfernte Stadt Schenefeld erstreckt. Ein Laser sendet die Röntgenlichtblitze aus, jeder davon milliardenfach leuchtstärker als das Röntgenlicht aus den besten herkömmlichen Quellen. Nächstes Jahr soll es so weit sein – dann nimmt der „European XFEL“ (X-ray Free Electron Laser) den Betrieb auf. Die Macher sprechen vom „Licht der Zukunft“, weil die weltweit einmalige Leistungsstärke der Röntgenquelle völlig neue Forschungsmöglichkeiten bietet. Unter anderem können Wissenschaftler mit ihr komplexe Moleküle, Katalysatoren und Zustände im Inneren von Sternen untersuchen.

Um den direkten Zugang zum XFEL zu haben, engagieren sich die Strukturbiochemiker des Jülicher Institute of Complex Systems (ICS-6) mit einer Abteilung vor Ort. Deren Leiter, Prof. Jörg Labahn, ist vor zwei Jahren von Jülich nach Hamburg gegangen: „Mich reizt die dort einzigartige Verbindung

zwischen hochbrillanten Röntgenquellen und angewandter Gesundheitsforschung“, sagt Labahn. Er analysiert mithilfe von

Röntgenstrahlung den Aufbau von Proteinen in der Zellmembran, die etwa bei Krebs, Alzheimer und Fuchsbandwurm-Infektionen eine Rolle spielen. Mit seinen fünf Mitarbeitern arbeitet er im 2014 gegründeten Centre for Structural Systems Biology (CSSB). Die zehn Partner dieses Zentrums wollen gemeinsam die Angriffsmechanismen von Krankheitserregern bis hinunter auf die Ebene der Atome entschlüsseln.

Dass ein neues, hochmodernes Gebäude für das CSSB erst in Kürze bezogen werden kann und der XFEL noch nicht fertig ist, bremst das Team um Labahn nicht. Zum einen nutzt es die bereits vorhandene Speicherring-Röntgenstrahlungsquelle PETRA III. „Zum anderen entwickeln wir für unsere Proben ein Verfahren, um sie dann tatsächlich am XFEL vermessen zu können. Denn die Anforderungen an ein Probesystem dort sind vollkommen andere als bislang“, erläutert Labahn.

FRANK FRICK





GEFÄLLT UNS

WISSENSCHAFTSPODCASTS

Forschung für die Ohren

Immer mehr Wissenschaftspodcasts bieten einen verständlichen, spannenden und unterhaltenden Einblick in die Welt der Forschung. Damit interessierte Hörer nicht den Überblick verlieren, haben wissenschaftsbegeisterte Podcaster einen Online-„Reiseführer“ erstellt. Auf ihrer Webseite stellen sie empfehlenswerte Angebote rund um Wissen und Forschung vor. Unter den 40 Podcasts ist auch der Resonator der Helmholtz-Gemeinschaft. Einfach mal Reinhören.

– WWW.WISSENSCHAFTSPODCASTS.DE –



A-CAPPELLA-SCIENCE

Wissenschaft zum Mitsingen

Brille, Stoppelbart und Laborkittel – das nerdige Aussehen von Tim Blais ist kein Zufall. Der Kanadier hat ein ungewöhnliches Hobby: Er verwandelt aktuelle Popsongs in lehrreiche Videos über Wissenschaft. So wird zum Beispiel aus „All About That Bass (No Treble)“ mit „All About That Base (No Acid)“ ein Lied über die chemischen Eigenschaften von Säuren und Basen. Bei seinen A-cappella-Kreationen singt er nicht nur, sondern erzeugt sämtliche Instrumente mit seiner Stimme und seinem Körper selbst. Sein YouTube-Kanal „A Capella Science“ hat mittlerweile über 5 Millionen

Videoviews – Tendenz steigend.

– WWW.YOUTUBE.COM/USER/ACAPELLASCIENCE –



KUNST TRIFFT WISSENSCHAFT

Eine passende Atmosphäre

Licht, Nebel und verschiedene Klänge empfangen im Juni die Besucher des Düsseldorfer NRW-Forums. Auf sie wartete eine ungewöhnliche Begegnung mit dem Reich der Wolken: eine Mischung aus Erleben und Erfahren, die ihnen die Jülicher Atmosphärenforscherin Anja Costa und der Düsseldorfer Künstler Ben J. Riepe boten. Costa erklärte mithilfe vieler Bilder, wie Wolken entstehen und warum sie so wichtig für das Klima sind. Riepe sorgte mit singenden und tanzenden Körpern, einem künstlich erzeugten Wetter und vielen Effekten für die passende Atmosphäre. Sein abwechslungsreiches Kunstprojekt „UUUUU(topia)“ war Teil der dreimonatigen Ausstellung „Planet B – 100 Ideen für eine neue Welt“ im NRW-Forum.

– WWW.FZ-JUELICH.DE/UTOPIA –

FORSCHUNG IN EINEM TWEET

Supercomputer von morgen sind interaktiv: Wir testen Pilotsysteme, die speziell für die Hirnforschung entwickelt wurden. #HumanBrainProj



Prof. Dirk Pleiter

prüft mit Kollegen, wie leistungsfähig die Systeme JULIA von Cray sowie JURON von IBM und NVIDIA sind. Simulationen am Supercomputer interaktiv zu steuern, gilt als Grundlage für die künftige Hirnforschung. Das stellt die Rechnertechnologie vor neue Herausforderungen. In JULIA und JURON kommen Komponenten zum Einsatz, die es noch nicht auf dem Markt gibt.

www.fz-juelich.de/hbp-pcp