

UMWELTZONEN

Das haben  
sie gebracht

15

KERNFUSION

Vom Traum zur  
Wirklichkeit?

16

ALEXANDER GERST

Auf dem  
Sprung ins All

28

# HELMHOLTZ PERSPEKTIVEN

DAS MAGAZIN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT | NR 03 | MAI – JUNI 2014

[www.helmholtz.de/perspektiven](http://www.helmholtz.de/perspektiven)

## Die Organformel

Wie Zellforschung die Medizin verändert



HELMHOLTZ  
| GEMEINSCHAFT

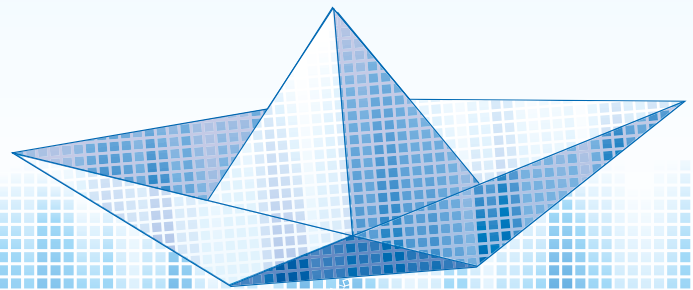


Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

wissenschaft • im dialog

# MS Wissenschaft

im Wissenschaftsjahr 2014 – Die digitale Gesellschaft



## DIGITAL Die Ausstellung auf dem Frachtschiff UNTERWEGS

**Eine Ausstellung über digitale Technologien, aktuelle Ideen aus der Forschung  
und die Auswirkungen der digitalen Revolution auf die Gesellschaft**

**Auf Tour durch 38 Städte in Deutschland und Österreich:** Berlin, Potsdam, Magdeburg, Dessau, Haldensleben, Bremen, Nienburg/Weser, Oldenburg, Papenburg, Münster, Datteln, Dortmund, Oberhausen, Duisburg, Bonn, Andernach, Cochem, Trier, Mettlach, Saarbrücken, Saarburg, Bernkastel-Kues, Koblenz, Gernsheim, Mannheim, Wiesbaden, Frankfurt/Main, Miltenberg, Lohr/Main, Würzburg, Schweinfurt, Bamberg, Linz, Krems/Donau, Wien, Deggendorf, Regensburg, Forchheim

**6. Mai – 28. September 2014**

Täglich 10–19 Uhr

**Eintritt frei!**

Informationen: [www.ms-wissenschaft.de](http://www.ms-wissenschaft.de) und [www.digital-ist.de](http://www.digital-ist.de)



Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Bildung und Forschung

Wissenschaftsjahr 2014

**DIE DIGITALE  
GESELLSCHAFT**



# → HELMHOLTZ extrem

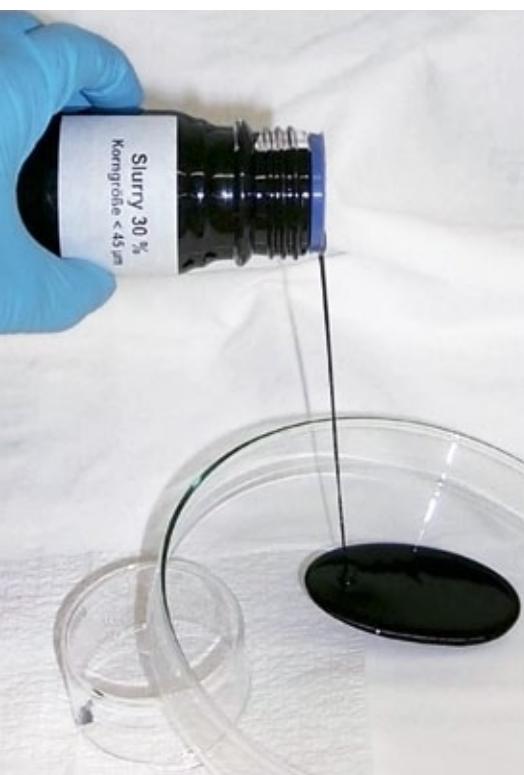
Diesmal: Der appetitlichste Geruch von Forschung

In der Versuchshalle riecht es kräftig nach Räucher-schinken – als machten die Forscher gerade Brotzeit. Das appetitanregende Aroma hängt jedoch Tag und Nacht in der Halle am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), wenn Forscher versuchen, trockene Pflanzenreste wie Stroh in Kraftstoff umzuwandeln. Dabei entsteht ein Geruch nach Geräuchertem – ganz ohne Schinken.

In der „bioliq“ genannten Versuchsanlage erforschen die Karlsruher Wissenschaftler, wie aus Restbiomasse möglichst effizient Energie gewonnen werden kann. Darin enthalten sind Lignin und Zellulose. Lignin besteht aus festen Molekülketten und ist zusammen mit der Zellulose für das Verholzen pflanzlicher Zellen verantwortlich. Geschätzte 20 bis 30 Prozent der Trockenmasse verholzter Pflanzen bestehen aus Ligninen. Sie sind neben Zellulose und Chitin die häufigsten organischen Verbindungen auf der Erde. Wie aber entsteht aus

trockenen Pflanzen nun Kraftstoff? Im ersten Schritt wandelt sich die Biomasse unter hohen Temperaturen und Sauerstoffausschluss in einen rohölartigen Energiebrei um. Daraus wird Gas hergestellt, das noch von Störstoffen gereinigt wird. Im letzten Schritt setzen die Wissenschaftler die Gasmoleküle zu maßgeschneidertem Bio-Benzin zusammen. Die einzelnen Schritte wurden bereits erfolgreich getestet; in diesem Jahr nun läuft in der Pilotanlage erstmals der gesamte Prozess ab. Aus Strohballen werden so hochwertige und motorenverträgliche Designerkraftstoffe. Der industriellen Fertigung steht dann nichts mehr im Wege. Nun wollen die Forscher noch testen, ob sich beispielsweise auch Kerosin für Flugzeugantriebe umweltfreundlich herstellen lässt. Wer weiß, vielleicht entsteht dabei ja der Duft nach Würstchen. ■

Angela Bittner



Alle Ausgaben von  
HELMHOLTZ extrem:  
→ [www.helmholtz.de/  
extrem](http://www.helmholtz.de/extrem)

Hier riecht es lecker Das Herzstück der Versuchsanlage, in der der rohölartige Energiebrei entsteht. Bild: KIT



## Impressum

Helmholtz Perspektiven  
Das Magazin der Helmholtz-Gemeinschaft  
perspektiven@helmholtz.de  
www.helmholtz.de/perspektiven

Herausgeber Helmholtz-Gemeinschaft  
Deutscher Forschungszentren e.V.  
Büro Berlin, Kommunikation und Medien  
Jan-Martin Wiarda (V.i.S.d.P.)  
Anna-Louisa-Karsch-Str. 2 · 10178 Berlin  
Fon +49 30 206329-57 · Fax +49 30 206329-60

**Bildnachweise** Titel: Fraunhofer IGB, Stuttgart;  
S. 4: Kim Keibel; S. 5: Dirk Mahler/Fraunhofer IGB,  
Justin Marshall, H. Schmitt/Fotolia, Volker Rohde/  
IPP, Peter Hirth/laif, André Künzelmann/UFZ;  
S. 21: jannoon028/shutterstock; S. 22-24: Jindrich  
Novotny; S. 26/27: Elinalee/shutterstock; S. 28:  
NASA; S. 32: André Künzelmann/UFZ; S. 35: DESY

**Chefredakteur** Andreas Fischer  
**Artdirektion** Kathrin Schüler  
**Redaktionelle Mitarbeit** Kristine August, Angela  
Bittner, Saskia Blank, Marike Frick, Justus Hartlieb,  
Marc Hasse, Henning Krause, Harald Krug, Claus-  
Michael Lehr, Katharina Ober, Lilith Paul, Andreas  
Unger, Rudolf Zentel  
**Gestaltungskonzept** Kathrin Schüler, Grafikdesign  
**Druck/Vertrieb** mediabogen, Berlin

ISSN 2197-1579

**Papier** Balance Silk® (hergestellt aus 60 % Recy-  
clingfasern und 40 % FSC®-Zellstoffen, FSC®-  
zertifiziert, verfügt über das Umweltlabel EU-Blume,  
zertifiziert nach ISO 14001 Umweltmanagement)

Liebe Leserinnen und Leser,

eine nagelneue Bauchspeicheldrüse für den Diabetes-Patienten oder, statt einer Spenderniere, vielleicht eine ungebrauchte direkt aus dem Labor? Gezüchtete Ersatzteile für den menschlichen Körper sind ein Jahrhunderte alter Traum. Es muss jedoch nicht immer gleich ein ganzes Organ sein, um dem Körper unter die Arme zu greifen. Manchmal reichen frische Zellen oder einzelne Bauteile, die den Körper zur Selbstheilung anregen. Dabei haben alle Ansätze eines gemein: die Natur als Vorbild. Wir haben mit drei Forschern gesprochen, die den Körper im Labor auf ganz unterschiedliche Weise imitieren und mit ihren Entwicklungen erkrankte Organe wieder in Schwung bringen könnten. Das hat uns so fasziniert, dass wir das Thema zur Titelgeschichte gekürt haben.

In dieser Ausgabe widmen wir uns auch einem anderen großen Traum: einer unerschöpflichen Energiequelle, die immer verfügbar ist, keine Rückstände produziert und weitestgehend ungefährlich ist. Die Sonne hat diesen Traum für sich realisiert, sie betreibt Kernfusion. Seit Jahrzehnten versuchen Forscher, auf diese Weise auch auf der Erde Energie zu gewinnen. Obwohl bislang erfolglos, glauben Forscher und Geldgeber fest daran. Soziologen, Fusionsforscher und Politiker erklären uns, ob es sich lohnt, an diesem Traum festzuhalten.

Wissenschaftliche Experimente im Schulunterricht sind beliebt – in Großbritannien sind sie jedoch in die Kritik geraten. Die Schüler lernten nicht genug dabei und die Benotung sei ungerecht. Inzwischen hat die britische Prüfungsbehörde Konsequenzen ergriffen. Wir haben nachgefragt, wie es in Deutschland um den Unterricht zum Anfassen steht.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen!

**Ihr Andreas Fischer**

*Chefredakteur*

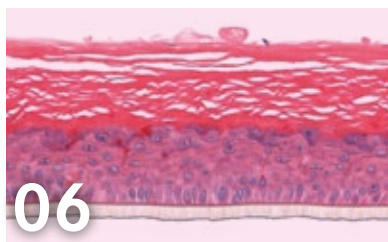


**Abonnement**

Möchten Sie die Helmholtz Perspektiven kostenlos beziehen? Dann schreiben Sie eine Mail an: [perspektiven@helmholtz.de](mailto:perspektiven@helmholtz.de)

# Inhalt

## TITELTHEMA



06

### Die Nachmacher

Wie Forscher die Natur im Labor nachbauen und damit den Körper zur Selbstheilung bewegen wollen

## +++ TELEGRAMM +++



12

Die Farbenpracht der Paradiesvögel  
+++ Kieler Förde trainiert Seepocken  
für Klimawandel +++ Hilfe zur Selbst-  
hilfe gegen Hepatitis B +++ Erdbeben  
in Chile war exakt vorhergesagt +++  
Neuer 3D-Atlas zeigt Metallbelastung im  
Ozean +++ und weitere Meldungen +++  
Termine

34

Personalien

## FORSCHUNG

03

### Helmholtz extrem

Diesmal: Der appetitlichste Geruch  
von Forschung



15

### Nachgefragt!

Diesmal: Was haben die Umweltzonen  
eigentlich gebracht?



16

### Das Sonnen-Prinzip

Warum Forscher und Geldgeber am  
Traum der Kernfusion festhalten

21

### Faule Muskeln

Eine Geschichte aus dem Journal  
für ungelöste Fragen

28

### „Das Schwierigste? Russisch lernen!“

Ein Gespräch mit Alexander Gerst vor  
seinem Flug ins All

## BILDUNG



25

Das forschende Klassenzimmer  
Debatte um das Experimentieren  
im Schulunterricht

## STANDPUNKTE

22

### Wie viel Nano ist gut für uns?

Zwei Blickwinkel: Claus-Michael Lehr  
und Harald Krug

24

### Bundesmittel für die Hochschulen!

Ein Kommentar von Marc Hasse über  
Fördergelder, auf denen das Bundes-  
bildungsministerium sitzen bleibt

## PORTRÄT



32

### Aus 100 mach 8

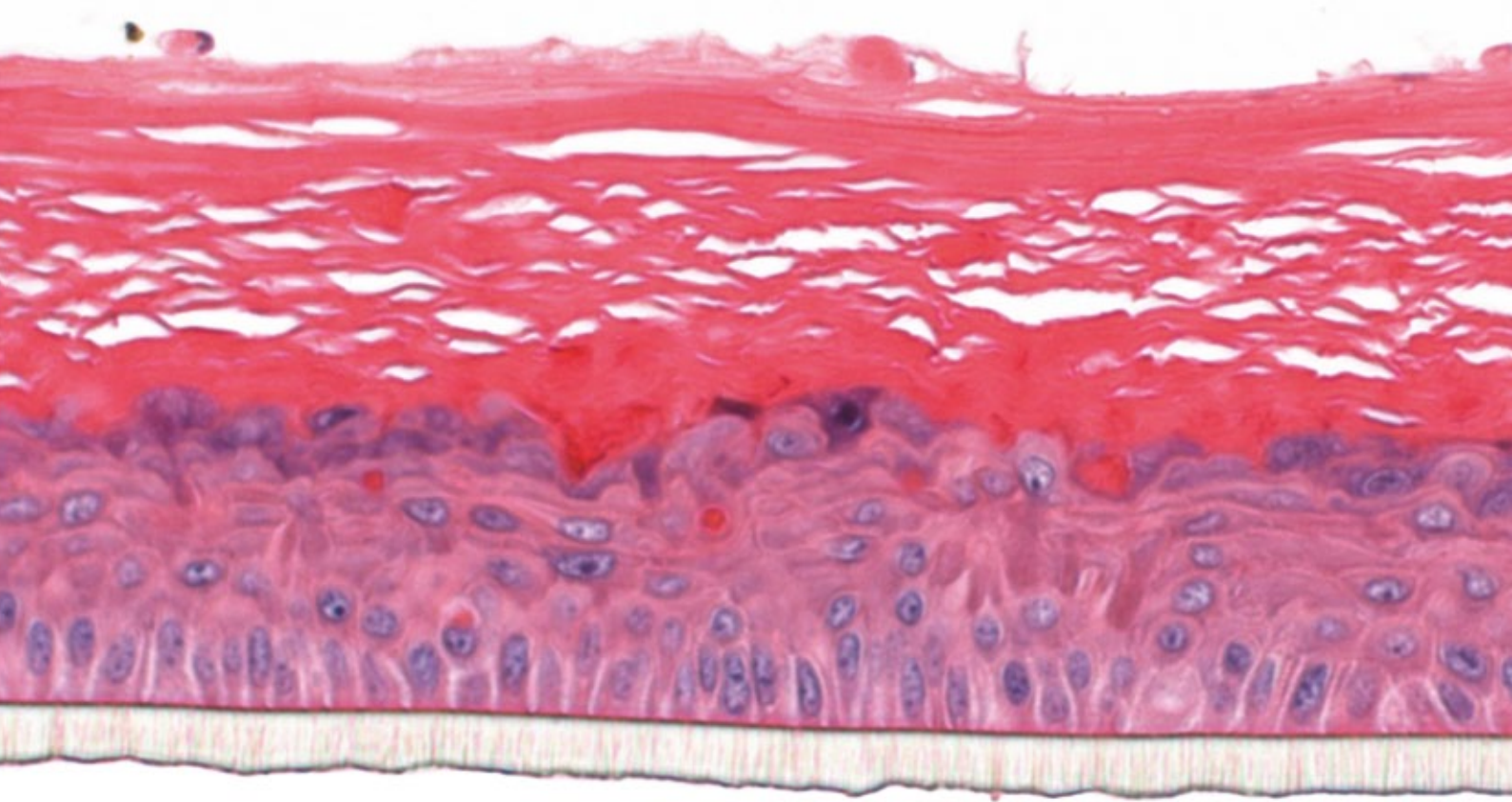
Der Ausbildungspreisträger  
Paul Jähne im Porträt

## KLEINE FORSCHER

35

Schokokuss XXL



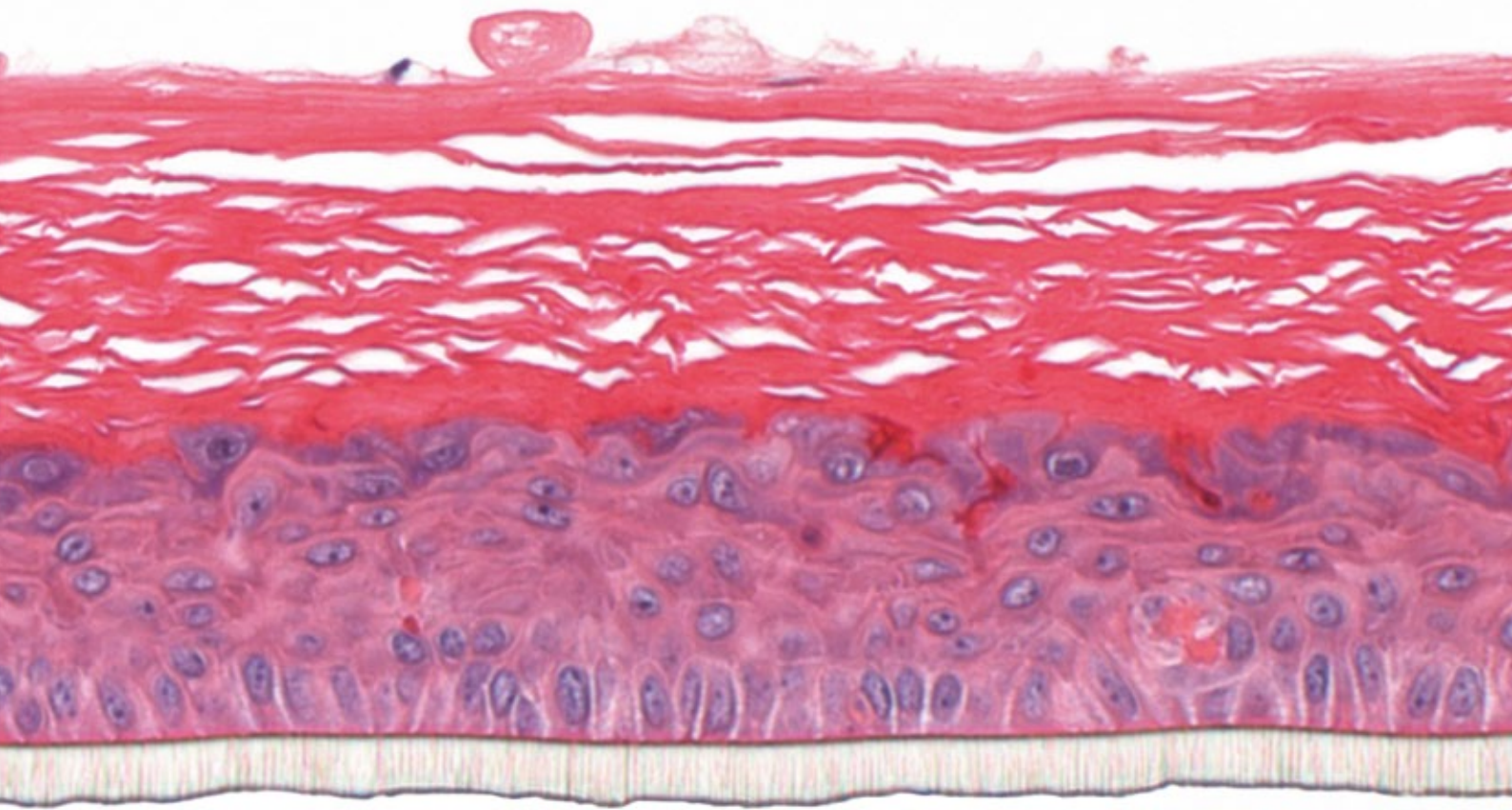


# Die Nachmacher

Sie beobachten, wie's der Körper macht – und imitieren die Natur dann in Labor und Petrischale, bauen gar ganze Organe nach. Was mancher gruselig finden mag, begeistert medizinische Forscher: Sie suchen nach neuen Therapien für Krankheiten

Es gibt sie, die ganz großen Momente in der Forschung, nach jahrelanger Kleinstarbeit, nach unzähligen Rückschlägen. Etwa dann, wenn zum ersten Mal einem Patienten eine Luftröhre eingesetzt wird, die außerhalb seines Körpers aus eigenen Zellen gezüchtet wurde – und wenn dieser Patient nur wenige Stunden nach der OP schon wieder sprechen kann. Wenn er kaum Medikamente braucht. Wenn er nach nur wenigen Tagen das Krankenhaus wieder verlassen kann.

Erlebt haben das die Biologin Heike Walles und ihre Mitarbeiter von der Universität Würzburg. Einen Monat lang hatten sie etwa acht Zentimeter Luftröhre für den Patienten nachgezüchtet. „Wir brauchten dafür Zellen, die sich gut außerhalb des Körpers vermehren lassen“, sagt Walles. „In diesem Fall kamen sie aus dem Oberschenkel des Patienten. Und wir hatten eine passende Trägerstruktur, ein Stück Schweinedarm, das vom Menschen getragen wird.“ Das Gewebe aus dem



**Aus der Hautfabrik** Gewebeschnitt durch ein automatisiert hergestelltes Hautstück. Bild: Fraunhofer IGB

Labor hatte sogar ein Blutgefäßsystem, mit dem es an den Blutkreislauf des Patienten angeschlossen werden konnte. Der Körper bildete dann um das Transplantat zusätzliche Zelltypen und wurde dadurch zur Regeneration angeregt. Ein Traum für jeden Zellforscher.

Teile des Körpers im Labor zu züchten, Zellen in der Petrischale zu verändern und dann wieder einzusetzen – das klingt ein bisschen nach Science-Fiction. Doch unzählige Wissenschaftler forschen seit Jahren daran, weil sie sich große Heilungschancen für viele Krankheiten versprechen. Erfolge gibt es bislang nicht nur bei Luftröhren, sondern auch Gallenblasen und Epithelzellen der Haut. Auch für die Behandlung von Volkskrankheiten wie Diabetes erhofft man sich Fortschritte. Der Großteil der Arbeit besteht allerdings nicht aus den Erfolgsmomenten – sondern aus mühevoller Separieren, Ausprobieren, Analysieren.

Francesca Spagnoli etwa forscht seit mehr als fünf Jahren im Labor, damit Diabetikern zukünftig mit einer so genannten Zelltherapie geholfen werden kann. Dabei werden außerhalb des Körpers gezüchtete Zellen in geschädigtes Körpergewebe injiziert, wenn die Originalzellen nicht mehr ordentlich arbeiten. „Die neuen, gesunden Zellen sollen wie eine Art Arzneimittel wirken, indem sie die Aufgaben zerstörter oder nicht funktionierender Zellen übernehmen“, erklärt Spagnoli, Forscherin am Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC) Berlin-Buch, einem Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft.

Bei Diabetes sind so genannte Beta-Zellen in der Bauchspeicheldrüse betroffen. Sie sollten eigentlich das lebensnotwendige Hormon Insulin produzieren. Weil sie nicht mehr funktionieren, kann der Körper kein Insulin herstellen und den Blutzuckerspiegel nicht regulieren. Patienten ➤





**Umstritten** Alexis Carrel hat zu Beginn des 20. Jahrhunderts Pionierarbeit im Kultivieren von Zellen geleistet, was vielen seiner Zeitgenossen aber nicht geheuer war. Bild: picture alliance / Everett Collection

müssen das Hormon deshalb spritzen. Eine komplette Bauchspeicheldrüse oder die insulinproduzierenden Teile des Organs zu transplantieren, ist keine realistische Behandlungsmöglichkeit – hauptsächlich, weil es nicht genügend Spender gibt. „Außerdem ist es ein sehr heikles Verfahren, Teile der Bauchspeicheldrüse zu isolieren. Und auch ihre Transplantation ist im Vergleich zu anderen Organen schwierig“, sagt Francesca Spagnoli. Eine Lösung könnten körpereigene Beta-Zellen des Diabetes-Patienten sein, die im Labor gezüchtet werden. Nur wie?

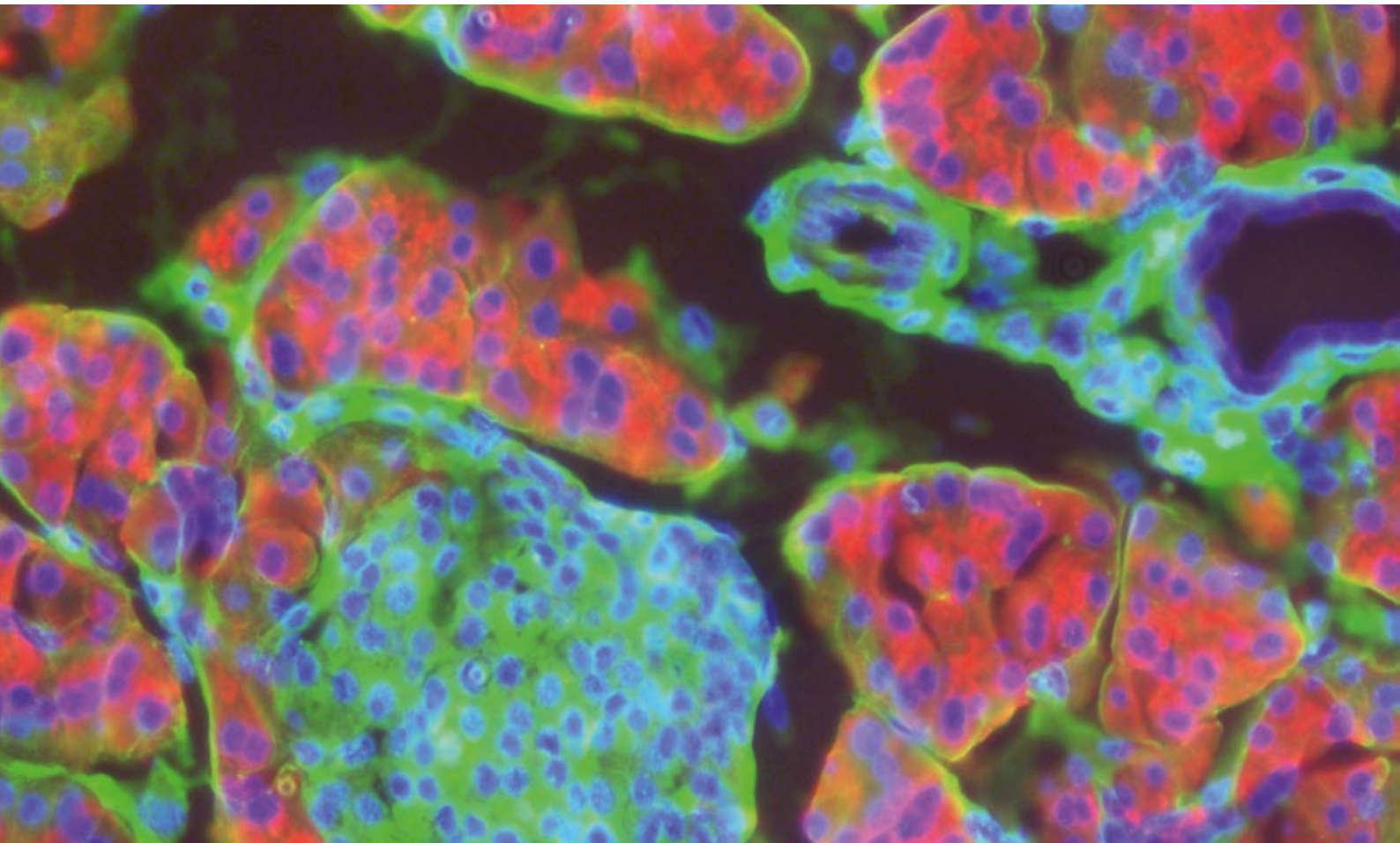
Außerhalb des Körpers Zellen, Gewebe oder Organe zu kultivieren ist kein neues Ziel. Als einer der Pioniere auf diesem Gebiet gilt Alexis Carrel. Der Franzose, der 1912 den Medizinnobelpreis für seine Verdienste im Bereich der Organtransplantation und dem Nähen von Blutgefäßen bekam, experimentierte ab 1911 in seinem New Yorker Labor mit Zellen des Herzens von Hühnerembryonen. Er wollte zeigen, dass er sie außerhalb des Körpers am Leben erhalten und vermehren konnte. Im Jahr 1912 veröffentlichte er in einem Aufsatz, dies sei gelungen. Seine Zeitgenossen waren geteilter Meinung über diesen Fortschritt. „Es gab damals zwei Arten von Reaktionen“, sagt

Norbert Paul, Wissenschaftler an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. „Zum einen wurden alte Ängste von Monstrositäten aus dem Labor wieder wach. Zum anderen machte sich Anfang des 20. Jahrhunderts, dem Zeitgeist entsprechend, auch Begeisterung über die wissenschaftlich-technologische Beherrschbarkeit der Natur und der Grundlagen menschlichen Lebens breit.“ Norbert Paul ist Experte für Geschichte, Konzepte und ethische Dimensionen der Regenerativen Medizin – einer Sammlung von Therapien und Therapieansätzen, die die Selbstheilungskräfte des Körpers nutzen. Bei der Behandlung von Erkrankungen und Verletzungen wird dabei auf das Potenzial lebender Zellen gesetzt.

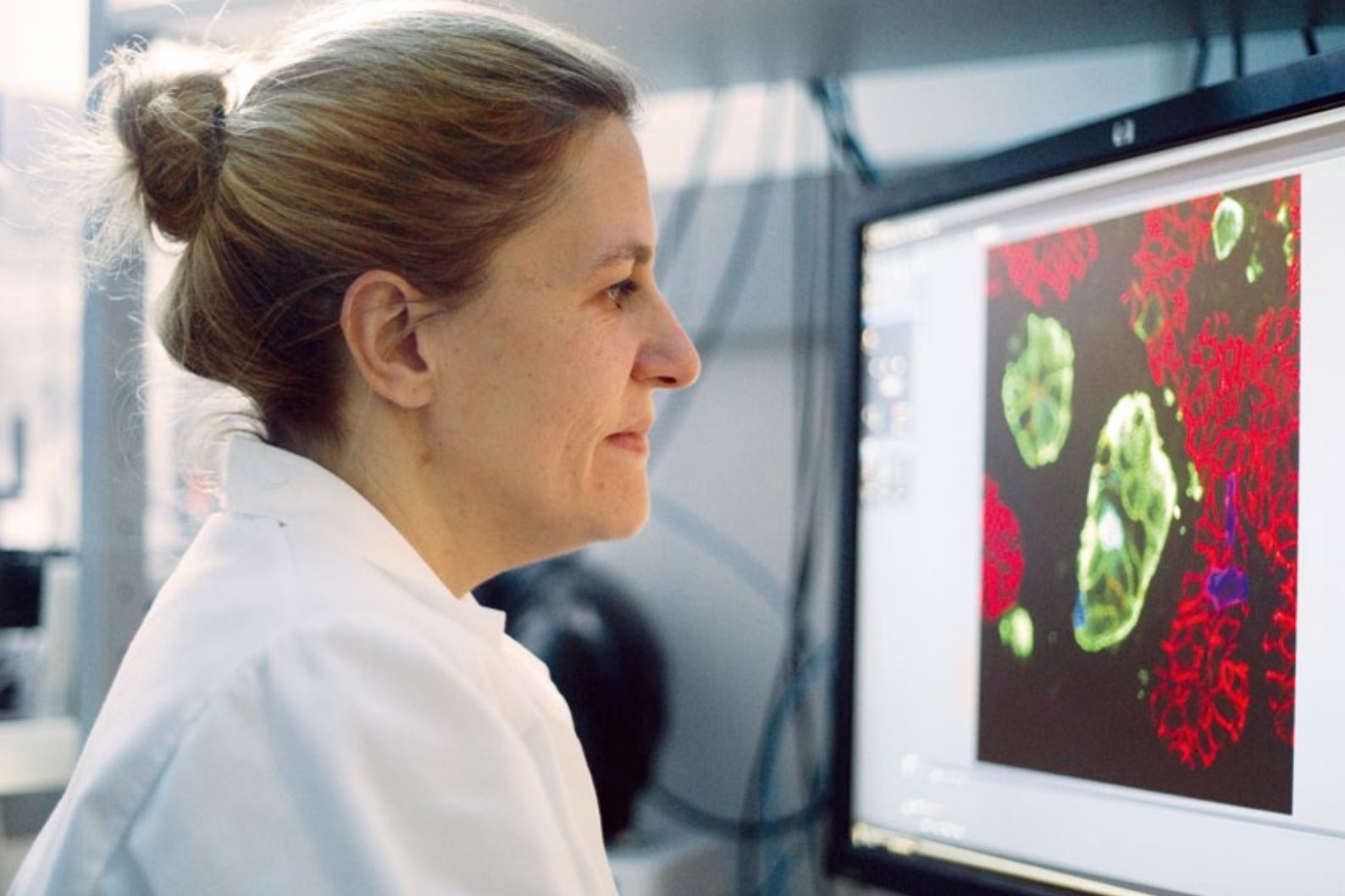
### „Die Natur als Vorbild: Vielfach kann der Körper sich selbst helfen“

Eine Zelle zu vermehren, heißt jedoch noch lange nicht, dass auch einfach ein neues Organ gezüchtet werden kann. Die Leber etwa besteht aus rund 60 verschiedenen Zelltypen. „Man hat lange Zeit nicht beachtet, wie wichtig die Co-Kultur ist, dass also unterschiedliche Zelltypen gemeinsam gezüchtet

**Buntes Treiben** Zellen der Bauchspeicheldrüse eines Mausembryos im Fluoreszenzlicht. Bild: F. Spagnoli/MDC







**Treibt den Körper an** Francesca Spagnoli möchte die Bauchspeicheldrüse von Diabetes-Patienten mit frischen Zellen in Schwung bringen. Bild: Arne Sattler

werden müssen, da sie sich gegenseitig stimulieren“, sagt die Biologin Heike Walles, die an der Universität Würzburg auch Regenerative Medizin lehrt. Außerdem müssten die Zellen versorgt werden. Auch das sei schwieriger als früher angenommen.

Bei der Kultivierung von Zellen für eine Diabetes-Therapie kommt hinzu, dass man erst einmal mehr Wissen über einen entscheidenden Moment braucht: den Moment, in dem in einem Embryo aus so genannten Vorläuferzellen entweder Bauchspeicheldrüsen- oder Leberzellen entstehen. Dieser Schlüsselmoment ist das Fachgebiet von Francesca Spagnoli vom MDC. Geforscht werde dabei an Mäusen, sagt Spagnoli: „Die Gene, die die Bildung der Bauchspeicheldrüse kontrollieren, sind bei Mäusen und Menschen sehr ähnlich.“ Etwa drei Wochen nach der Befruchtung entwickeln sich beim Menschen die Vorläuferzellen weiter – bei Mäusen nach nur acht Tagen. Doch woran entscheidet sich, ob eine bestimmte Vorläuferzelle später einmal zu einer Bauchspeicheldrüse wird oder zu einer Leber? Um diese Frage zu beantworten, isolierten Spagnoli und ihre Kollegen im Labor bestimmte Zellen von

Mausembryonen. Die in den Zellkernen enthaltene RNA – Kopien des Erbmateri als – lösten sie heraus und untersuchten dann tausende von Genen. „Wir konnten ein Gen identifizieren, das entscheidend dafür ist, ob sich aus einer Vorläuferzelle eine Leber- oder eine Bauchspeicheldrüsenzelle entwickelt.“ Im nächsten Schritt wurden Leberzellen im Labor gezielt zu Vorläuferzellen umprogrammiert, die sich dann schließlich zu neuen Beta-Zellen entwickeln konnten. Mäuse mit Diabetes, denen man diese Zellen einsetzte, produzierten wieder etwas Insulin. „Im nächsten Schritt wollen wir versuchen zu beweisen, dass das Reprogrammieren auch mit menschlichen Leberzellen funktioniert“, sagt Francesca Spagnoli. Ein solcher Erfolg wäre eine gute Basis für neue Therapien: „Leberzellen zu gewinnen ist medizinisch recht einfach“, erklärt Spagnoli. „Man kann eine Biopsie machen und dabei kleine Teile der Leber entnehmen, ohne dem Patienten zu schaden.“ Denn kein anderes Organ könne sich so gut regenerieren wie die Leber.

Dass der Körper sich vielfach selbst helfen kann, dient Wissenschaftlern wie Francesca Spagnoli als Vorbild. Das große Ziel: die Prinzipien

der Regeneration zu verstehen, Prozesse zu analysieren – und dann außerhalb des Körpers die Natur quasi zu imitieren. Manche Organe besitzen eine besonders gute Fähigkeit zur Selbstheilung: neben der Leber etwa der Darm, die Knochen oder die menschliche Haut. Aber auch hier gibt es Grenzen: zum Beispiel bei sehr großflächigen Verbrennungen der Haut, die noch tiefer als die Haarwurzeln reichen. „Dort sitzen die Hautzellen, die die Regeneration anstoßen und die nun nicht mehr funktionieren“, sagt Heike Walles. In einem solchen Fall wird Gewebe aus körpereigenen Zellen nachgebaut – mithilfe so genannter Bioreaktoren. „Man kann sich diese wie eine Kammer vorstellen, die so ausgestaltet sein muss, dass sie alle Reize enthält, die auch im Körper gegeben sind“, sagt Walles. Obere Hautschichten etwa brauchten Kontakt mit der Luft, um zu verhornen.

Die Regenerative Medizin kann schon vieles leisten. Doch Walles, die dem Deutschen Ethikrat angehört, kennt auch die ethischen Probleme, die entstehen können: „Oft sind das teure Behandlungsformen. In einer alternden Gesellschaft könnte es sein, dass nicht alle Patienten solche Therapien bekommen können.“ Diskutiert werden

müsse deshalb, wie man dem demografischen Wandel mit den neuen Therapieformen gerecht werden könne. So geht das Deutsche Diabetes-Zentrum davon aus, dass im Jahr 2030 unter den 55- bis 74-Jährigen allein 3,9 Millionen Diabetes vom Typ 2 haben werden – das wären über 1,5 Millionen Patienten mehr als heute.

Kann die Gesellschaft es sich leisten, die Kosten für immer individuellere Therapien für immer mehr ältere Menschen zu tragen? Solche Fragen bringt jeder große Erfolgsmoment in der medizinischen Forschung mit sich – auch bei der Entwicklung von Zellen und ganzen Organen außerhalb des Körpers. Trotzdem geht für Wissenschaftler wie Heike Walles nichts über das Glück, das sich einstellen kann, wenn einem Patienten mit schwieriger Krankheitsgeschichte geholfen werden konnte. Etwa der Mann, der als erster eine Luftröhre transplantiert bekam. Er erzählte Walles nach seiner Entlassung, wie glücklich er sei, weil er nun einfach wieder mit seinem Hund spazieren gehen könne. Heike Walles sagt: „Das war ein bewegender Moment.“ ■

**Katharina Ober**



**Brutkästen für Organe**  
In Bioreaktoren züchtet Heike Walles Gewebe.  
Bild: Uniklinikum Würzburg, Lehrstuhl TE & RM



# „Für diese Forschung braucht man einen langen Atem“

Ein Blitzgespräch über Biomaterialien und die Selbstheilung des Körpers mit dem Materialforscher Marc Behl

Gesunde, körpereigene Zellen sind wichtig für die Heilung vieler Krankheiten. Aber auch die Matrix, die die Zellen umgibt, spielt eine große Rolle bei der Gesundheit. Eine solche Matrix, eine Art Trägergerüst, kann mittlerweile durch so genannte Biomaterialien nachgeahmt werden. So entwickeln Wissenschaftler vom Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG) ein selbst-auflösendes OP-Netz, mit dem Leistenbrüche verschlossen werden.

*Beim Wort „Biomaterialien“ denkt der Laie erst einmal an körpereigenes Gewebe. Sie aber arbeiten mit künstlichen Polymeren. Wie passt das zusammen?*

Ganz allgemein bezeichnet der Begriff Biomaterialien alle Materialien, die in Kontakt mit dem Körper kommen und dafür verträglich sein müssen. Die Polymere bieten den Vorteil, dass sich viele Funktionen einfach integrieren lassen. So können wir polymerbasierte Biomaterialien beispielsweise abbaubar gestalten. In Abhängigkeit von der beabsichtigten Anwendung sollen sich manche Materialien von selbst auflösen, nachdem der Körper sich regeneriert hat, andere sollen möglichst lange im Körper bleiben.

*Wie schnell können von Ihnen erforschte und entwickelte Biomaterialien bei Patienten angewendet werden?*

Die Materialien, die wir entwickeln, sind zwar für den klinischen Einsatz gedacht, werden derzeit aber noch nicht angewendet. Von der Entwicklung bis zur Anwendung des Materials in der Klinik können 10 bis 20 Jahre vergehen. Das liegt daran, dass es sehr hohe Sicherheitsanforderungen an die Materialien gibt, um eine Schädigung der Patienten auszuschließen. Zunächst müssen sie daher mit einfacheren



Marc Behl ist stellvertretender Leiter des HZG-Instituts für Biomaterialforschung und leitet die Abteilung Aktive Polymere. Bild: HZG

Tests erprobt werden, beispielsweise in Zellkulturen. Dann wird an Tiermodellen die Kompatibilität und Funktionalität untersucht. Erst wenn auch diese Tests erfolgreich waren, können die Materialien klinisch getestet werden.

*Wie könnten Biomaterialien Patienten in Zukunft konkret helfen?*

Beispielsweise in Form von künstlichen Blutgefäßen oder Stents für Herzpatienten. Allerdings gibt es bei künstlichen Gefäßen mit einem Durchmesser unter vier Millimetern derzeit noch Inkompatibilitäten, die zu Thrombosen führen können. Die Herausforderung ist es, Materialien für künstliche Blutgefäße zu entwickeln, die die Funktionen der natürlichen übernehmen und gleichzeitig von Blutgefäßzellen besiedelt werden. Idealerweise hat sich zu einem späteren Zeitpunkt das Material ganz aufgelöst, während das nachgewachsene Gefäßgewebe die Funktion übernommen hat. Biomaterialien könnten aber auch als Gerüststrukturen dazu beitragen, dass sich Knochen wieder selbst aufbauen, wenn etwa ein Bruch zu groß ist, um von selbst zu heilen. Dann ist ein Gerüst nötig, an dem sich neue Knochenzellen ansiedeln können. ■

Interview: Katharina Ober

**Bildergeschichte  
zum Thema  
aus der Ausstellung  
„Ideen 2020“:  
→ [www.helmholtz.de/  
biomaterialien](http://www.helmholtz.de/biomaterialien)**



**Anziehende Werbung** Die Männchen der Blaunack-Strahlenparadiesvögel locken mit ihrem farbenprächtigen Gefieder Weibchen an. Bild: Justin Marshall

Balztanz-Video  
des Blaunack-  
Strahlenparadiesvogels:  
→ [www.helmholtz.de/  
gefieder](http://www.helmholtz.de/gefieder)

# Telegramm

Forschung +++ Forschungspolitik +++ Termine

## Die Farbenpracht der Paradiesvögel

Wie einen Ballettrock spreizt der männliche Blaunack-Strahlenparadiesvogel seine schwarzen Körperfedern ab, wenn er ein Weibchen für sich gewinnen möchte. Gleichzeitig zeigt er der Umgarnten sein buntes Brustgefieder. Die Federn schillern dabei mal orange, mal gelb, mal grün oder blau. Die Nackenfedern präsentiert das Tier hingegen spiegelnd silbrig. Doch wie kommt diese enorme Farbigkeit zustande? Wissenschaftler vom Forschungszentrum Jülich und der Universität Groningen haben die komplexen optischen Eigenschaften der Nacken- und Brustfedern des Paradiesvogels am Computer simuliert. Dabei fanden sie heraus, dass winzige Strukturen in den Federn das Sonnenlicht reflektieren und so das Farbspiel hervorrufen.

Die Brust- und Nackenfedern enthalten regelmäßig angeordnete Schichten von Melaninkörnchen – Millionstel Millimeter kleine Farbstoffe. An jeder einzelnen Schicht werden die Sonnenstrahlen reflektiert, wobei sich bestimmte Wellenlängen des zurückgeworfenen Lichts überlagern. Je nachdem, welcher Wellenlängenbereich auf ein betrachtendes Auge trifft, nimmt es andere Farben wahr. Die unterschiedliche Farbigkeit an Nacken und Brust des Paradiesvogels liegt darin begründet, dass die Melaninkörnchen in den Brustfedern kleiner und weniger dicht angeordnet sind als in den Nackenfedern. Hinzu kommt, dass die Brustfedern von einem dünnen Proteinfilm umgeben sind – auch das verändert die Farben. Außerdem wirkt sich der Winkel des einfallenden Lichts auf die Reflexionen aus. Erst durch die Bewegungen beim Balztanz entsteht in den Augen der Weibchen ein Farbspiel, das den Werber einzigartig und attraktiv macht.



## Kieler Förde trainiert Seepocken für Klimawandel

Seepocken – kleine Krebstiere, die sich am Untergrund festsaugen – reagieren in der Kieler Förde auf viel Kohlenstoffdioxid im Wasser wesentlich unempfindlicher als ihre Artgenossen vor der Westküste Schwedens. Zu diesem Ergebnis kamen Wissenschaftler des GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel. Die  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Kieler Förde ist stellenweise jetzt schon so hoch, wie Klimaforscher sie für offene Ozeane in mehr als 100 Jahren voraussagen. Daher vermuten die Forscher, dass die Kieler Seepocken durch die schon heute variierenden Umweltbedingungen besser an den Klimawandel und die damit einhergehende Ozeanversauerung angepasst sein werden.



**Gut im Training** Kieler Seepocken. Bild: Christian Pansch/GEOMAR

## Forscher helfen Leberzellen gegen Hepatitis B

Zusammen mit internationalen Partnern haben Wissenschaftler des Helmholtz Zentrums München einen Weg gefunden, wie sie Hepatitis B-Viren (HBV) in befallenen Leberzellen abbauen können. Weltweit leiden mehr als 240 Millionen Menschen an einer chronischen HBV-Infektion, allein in Deutschland sind es rund 500.000. Medikamente können den Virus zwar in Schach halten, aber nicht eliminieren. Sein Erbmaterial harrt in den Leberzellen der Patienten aus und kann immer wieder aktiv werden, um neue Viren zu bilden. Die Münchner Forscher behandelten HBV-infizierte Zellen mit verschiedenen körpereigenen Abwehrstoffen und aktivierten zusätzlich einen Zellrezeptor. Darauf produzierten die Zellen verstärkt bestimmte Proteine, die das Erbmaterial des Virus ausfindig machten und abbauten.

## Erdbeben in Chile war exakt vorhergesagt

Das Starkbeben, das am 2. April dieses Jahres die Region um den chilenischen Ort Iquique erschüttert hat, wurde von den Seismologen genau dort bereits erwartet. „In einem untermeerischen Graben entlang der Küste taucht der Pazifikboden unter den Kontinent und baut dabei Spannung auf, die sich durch Erdbeben entlädt“, sagt Onno Oncken vom Helmholtz-Zentrum Potsdam (GFZ). „Im Verlauf von rund 150 Jahren bricht dabei der

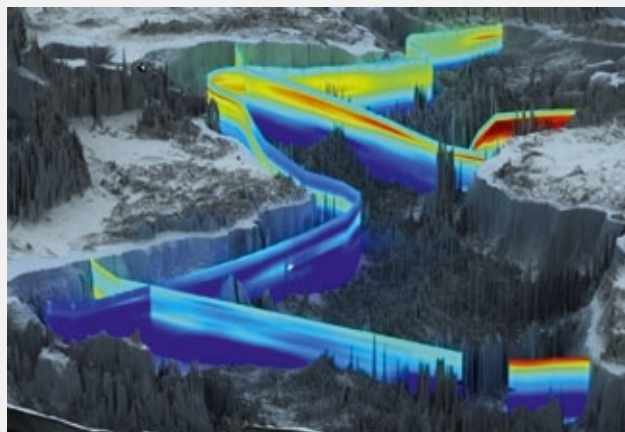
gesamte Plattenrand vom Süden in Patagonien bis nach Panama im Norden mit großen Erdbeben einmal komplett durch.“ Dieser Zyklus war schon durchlaufen – mit der Ausnahme eines letzten Segments westlich von Iquique. Allerdings hat sich Anfang April die Spannung der Erdkruste noch nicht vollständig entladen. Seismologen haben vor Ort zahlreiche Messstationen errichtet, um die Vorgänge in der Erdkruste zu erfassen und neue Erkenntnisse zum Erdbebenrisiko zu sammeln.



**Erdbebenspion** Aufbau einer geodynamischen Beobachtungsstation in Chile. Bild: Bernd Schurr/GFZ

## Neuer 3-D-Atlas zeigt Metallbelastung im Ozean

Ein digitaler, dreidimensionaler Atlas zeigt in einer bislang einzigartigen Detailschärfe, wie sich Eisen, Cadmium, Blei und Spuren anderer Metalle in den Weltmeeren verteilen. Über 30 Institute aus zehn Ländern arbeiten an dem Projekt GEOTRACES, um Quellen, Senken und Verbreitungswege dieser Stoffe zu analysieren. An diesem Projekt sind auch Forscher des Alfred-Wegener-Instituts, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, und des GEOMAR beteiligt. Erste Zwischenergebnisse zeigen zum Beispiel, wie sich Blei in 500 bis 2.000 Metern Tiefe durch den Atlantik zieht: Dort schwimmt vermutlich ein großer Teil des Bleis, das vor der Einführung bleifreien Benzins in Nordamerika und Europa aus den Auspuffrohren unserer Autos quoll.



**Belastung in 3D** Verteilung von Blei im Atlantik mit besonders hoher Konzentration in den roten und gelben Bereichen. Bild: R. Schlitzer /AWI

## Ärzte können Neuigkeiten über Krebs abrufen

Der Krebsinformationsdienst (KID) des Deutschen Krebsforschungszentrums hat sein Angebot erweitert. Nun versorgt er auch medizinisches Fachpersonal, dem im klinischen Alltag oft die Zeit für eigene Recherchen fehlt, mit neuesten wissenschaftlichen Daten über Krebserkrankungen. Dazu hat der KID eine neue Servicenummer und Email-Adresse eingerichtet, über die er Fachkreisen individuell zugeschnittene, wissenschaftlich fundierte Informationen zur Verfügung stellt. Patienten, Angehörige und Interessierte berät der KID bereits seit 1986.

→ [www.krebsinformationsdienst.de](http://www.krebsinformationsdienst.de)

---

## EU-Datenschutzreform

**Helmholtz-Büro Brüssel:** Das europäische Datenschutzrecht soll moderner und einheitlicher werden. Mit diesem Ziel hatte die Kommission bereits 2012 einen neuen Entwurf vorgestellt, den das Europäische Parlament im vergangenen März verhandelte. Obwohl sich die überarbeitete Verordnung in erster Linie nicht an die Wissenschaft richten wird, könnte sie dennoch weitreichende Auswirkungen haben – insbesondere für die biomedizinische Forschung: Die so genannte EU-Datenschutzgrundverordnung regelt die Verarbeitung personenbezogener Daten und bezieht sich auch auf Patienten- und Probandendaten. Davon abhängige Projekte wie etwa Kohorten könnten künftig wegen datenschutzrechtlicher Einschränkungen nicht mehr möglich sein, da das Parlament bestimmte Ausnahmen geändert hat, die für die Forschung galten.

## Russischer Wissenschaftsfonds veröffentlicht erste Ausschreibungen

**Helmholtz-Büro Moskau:** Der Russische Wissenschaftsfonds plant 2014 insgesamt fünf Ausschreibungen zur Förderung der international orientierten, exzellenten russischen Forschung. Der russische Staatshaushalt stellt im Jahr 2014 rund 228 Millionen Euro zur Verfügung, die Summe soll bis 2015 auf bis zu 344 Millionen Euro steigen. Auch ausländische Forscher werden zur Teilnahme eingeladen. Die erste und zweite Ausschreibungsrunde sind bereits abgeschlossen. Im Fokus stehen in den jetzt anstehenden Förderrunden die Gründung neuer Labore, die Unterstützung internationaler Forschergruppen an russischen Forschungs- und Bildungseinrichtungen und Preise für russische Wissenschaftler mit herausragenden Forschungsergebnissen.

## China plant massiven Ausbau der Großforschung

**Helmholtz-Büro Peking:** China kündigt eine neue Nationale Roadmap großer Forschungsinfrastrukturen an. Bis 2030 sollen insgesamt 32 große Anlagen für Forschung und Entwicklung gebaut

und in Betrieb genommen sein. Laut der chinesischen Regierung sollen so technologische Durchbrüche in Schlüsselbereichen realisiert werden, um die wirtschaftliche und soziale Entwicklung der Volksrepublik voranzubringen und zur nationalen Sicherheit beizutragen. In diesem Zusammenhang steht die im Februar eröffnete vierte Forschungsstation Chinas in der Antarktis. Auch plant China, einen neuen Teilchenbeschleuniger zu bauen, um die Higgs-Bosonen weiter zu erforschen. Dieser Elektron-Positron-Collider soll die 60-fache Energie des bislang in Peking betriebenen haben. Er könnte bei Bedarf auch in einen Proton-Proton-Collider umgebaut werden, der dann die siebenfache Energie des Beschleunigers am CERN hätte. ■

Saskia Blank

---

## Termine

25.05.2014

### Helmholtz-Humboldt-Sonntagsvorlesung

„Digitale Gesellschaft – Wie Facebook, Twitter und Co. die Welt verändert haben“:

Gemeinsame Vorlesung der Helmholtz-Gemeinschaft und der Humboldt-Universität zu Berlin mit anschließender Diskussion

14 Uhr, Senatssaal der Humboldt-Universität, Unter den Linden 6

→ [www.helmholtz.de/sonntagsvorlesung](http://www.helmholtz.de/sonntagsvorlesung)

02.06.2014

### Helmholtz&Uni

Diskursveranstaltung zum Zusammenspiel von Universitäten und der außeruniversitären Forschung

Universität Potsdam

→ [www.helmholtz.de/helmholtz&uni](http://www.helmholtz.de/helmholtz&uni)

02.06.2014

### Ideen 2020 – Ein Rundgang durch die Welt von morgen

Eröffnung der Wanderausstellung

Berlin, Ludwig-Erhard-Haus

→ [www.ideen2020.de](http://www.ideen2020.de)

Nächste Stationen: 25.06.2014 Leipzig, 14.07.2014 Cottbus

23.06.2014

### REVOLUTION

Die Wissensshow zur Digitalen Gesellschaft

19:30 Uhr, Urania, Berlin

→ [www.wissensshow.net](http://www.wissensshow.net)

Nächste Shows: 07.07.2014 München, 24.07.2014 Saarbrücken





Alle Ausgaben von  
Nachgefragt!  
→ [www.helmholtz.de/  
nachgefragt](http://www.helmholtz.de/nachgefragt)

**Feinstaub-Alarm** Fahrzeuge stoßen gesundheitsschädliche Staub- und Rußpartikel aus. Bild: H. Schmitt/Fotolia, A. Künzelmann/UFZ

# Nachgefragt!

Diesmal: Was haben die Umweltzonen eigentlich gebracht?

Seit 2008 haben 48 deutsche Städte und Regionen Umweltzonen eingerichtet: Dort dürfen nur schadstoffarme Autos mit Umweltplakette fahren. Die Umweltzonen sollen den Feinstaub in der Luft und so das Krankheitsrisiko der Anwohner reduzieren. Annette Peters, Direktorin des Instituts für Epidemiologie II am Helmholtz Zentrum München, erklärt, was die Umweltzonen bewirken:

„Die Umweltzonen haben den Feinstaub und den elementaren Kohlenstoff in der Luft eindeutig reduziert. Das nachzuweisen, ist nicht so einfach: Wenn das Wetter wechselt, schwanken die Messwerte – Inversionswetterlagen führen zum Anstieg des Feinstaubes. Wind, Regen und Schnee dagegen säubern die Luft. Daher messen wir den Feinstaub auch außerhalb der Umweltzonen und kürzen dann die natürlichen Schwankungen raus. So haben wir nachgewiesen, dass die Feinstaubpartikel, die einem gesetzlichen Grenzwert unterliegen, in den Umweltzonen um fünf Prozent abgenommen haben. Das klingt nicht viel. Aber schauen wir uns den Anteil des Feinstaubes an, der als gesundheitsschädlich

gilt: Dieser wurde um bis zu 30 Prozent reduziert. Ein toller Erfolg! Eine treibende Kraft beim Einführen der Umweltzonen war der inzwischen emeritierte Epidemiologe Erich Wichmann. Feinstaub reizt nicht nur die Atemwege, sondern löst auch Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder sogar Lungenkrebs aus. Im Labor und bei Patientenstudien haben wir herausgefunden, dass vor allem ultrafeiner Staub und Dieselruß den Körper schädigen. Diese Partikel sind nur etwa drei Tausendstel Millimeter klein und dringen tief in Lunge und Blutbahn ein. Leider gilt für diese Partikel kein gesetzlicher Grenzwert. Wäre das der Fall, hätte man gleich viel bessere Argumente für die Umweltzonen. Denn bislang ist deren positiver Effekt nur auf der Feinstaubebene sichtbar. Um eine Verbesserung der Gesundheit bei den Bewohnern nachweisen zu können, bestehen die Zonen noch nicht lange genug. Im Raum Augsburg haben wir deshalb mit Untersuchungen begonnen, die den ultrafeinen Staub und Langzeit-Gesundheitsstudien miteinander vergleichen.“

Nachgefragt hat **Andreas Fischer**





**Ein etwas anderer Ofen** Im Plasmagefäß der Fusionsanlage ASDEX Upgrade erforschen Wissenschaftler, unter welchen Bedingungen Kernfusion in größeren Anlagen Energie erzeugen könnte. Bild: Volker Rohde/IPP





# Das Sonnen-Prinzip

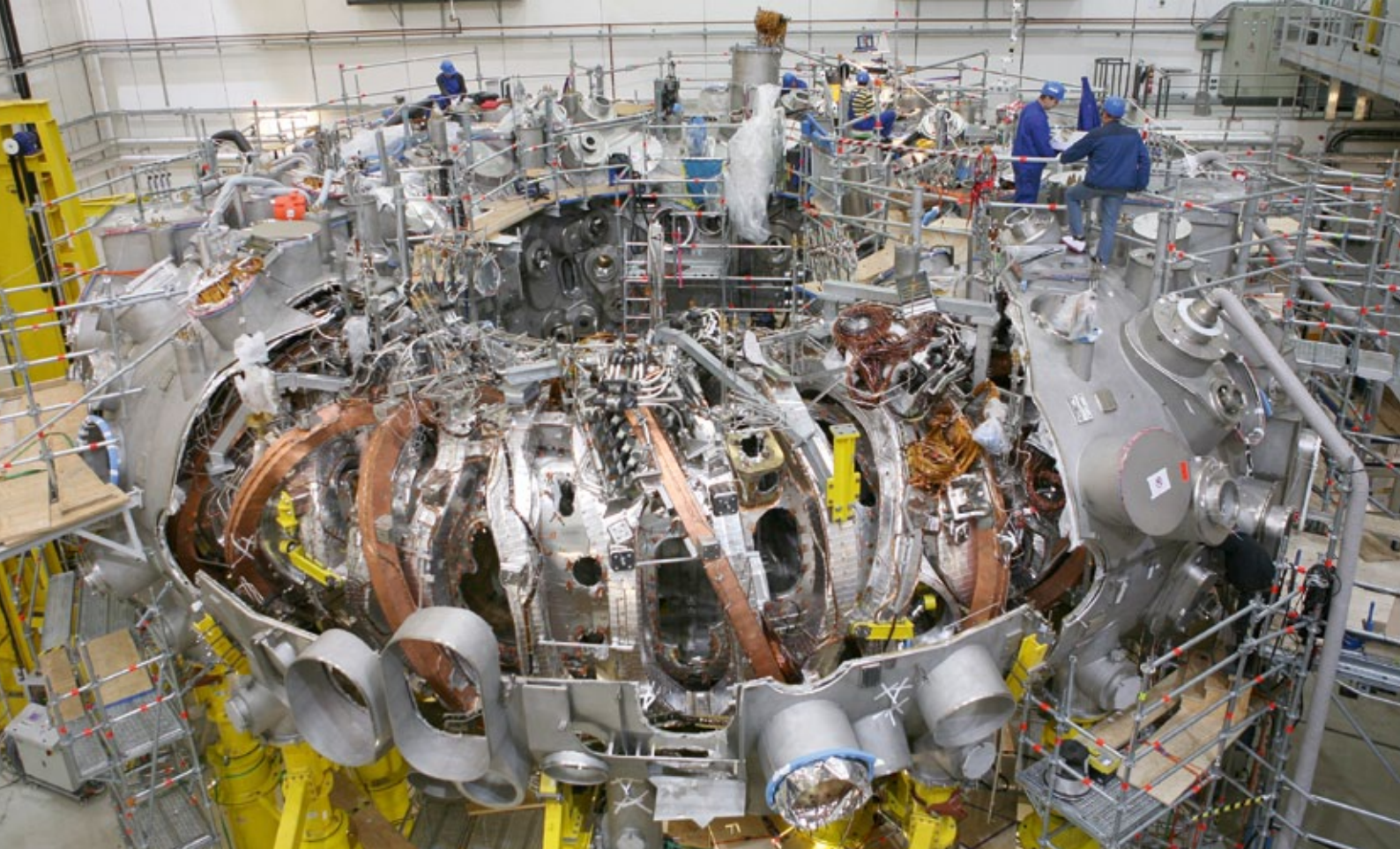
Eine praktisch unerschöpfliche Energiequelle, sauber und sicher: Das soll sie eines Tages sein, die Kernfusion. Doch der Durchbruch wird seit 50 Jahren immer wieder verschoben. Die Geschichte über einen Traum und den Durchhaltewillen von Wissenschaft und Politik

Mit Prognosen kennt Isabella Milch sich aus. Wann Kernfusion denn nun endlich Energie erzeugen werde, so wurden sie und ihre Kollegen über die Jahre hinweg immer wieder gefragt. Die Antworten: mal zuversichtlich, mal vorsichtig, mal skeptisch, auch mal pessimistisch. „Es gab ein Konzert vieler Stimmen“, sagt Pressesprecherin Milch, seit 1985 Mitarbeiterin am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in Garching, das der Helmholtz-Gemeinschaft angehört. In den Anfängen der Fusionsforschung in den 1950ern hieß es bei einigen: 30 Jahre noch. Immerhin war deutlich weniger Zeit zwischen der

ersten Kernspaltung und Kernenergiegewinnung verstrichen. Dann entdeckte man „Bohm-Diffusion“, „Instabilitäten“ und „Mikroturbulenzen“ – die Teilchen taten eben nicht genau, was von ihnen erwartet wurde. „Das Ergebnis war miese Stimmung auf den Konferenzen“, sagt Isabella Milch. Trotzdem bekam man die Probleme in den Griff. Und wie ist die Stimmung heute? „Keiner hier zweifelt daran, dass es gelingen kann“, sagt Milch. „Aber niemand kann garantieren, dass es gelingen *wird*.“

Die Logik hat sich kaum geändert: Weil es gelingen *kann*, fließt seit Jahrzehnten Geld in die ➤





**Bald in Betrieb** Alle fünf Module der Forschungsanlage Wendelstein 7-X sind montiert, es fehlt nur noch das letzte Stück der Außenhülle. Bild: Anja Ullmann/IPP

Fusionsforschung. Doch weil niemand garantieren kann, dass es gelingen wird, gibt es Politiker, die finden, es müsse bald damit Schluss sein. Politiker wie Kai Gehring, Sprecher für Hochschule, Wissenschaft und Forschung der Grünen-Bundestagsfraktion. Gegenüber den *Helmholtz Perspektiven* zieht er Bilanz: „Der Beitrag, den die Kernfusion in diesen entscheidenden Jahren zur Klimaretung leisten kann, liegt eindeutig bei Null. Für uns sind Technologien im Rahmen der Energiewende erfolgreich, die vor 2050 risikoarm und nachhaltig, zu finanzierbaren Kosten verfügbar und global leicht exportierbar sind.“ Gehring berichtet von einer besonderen physikalisch-politischen Größe: „Seit Jahrzehnten wird die Verfügbarkeit der Energie aus Kernfusion in die Zukunft verschoben: Nur noch 30 bis 40 Jahre, so heißt es in schöner Regelmäßigkeit. Das bezeichnet man – selbst innerhalb der Fusionsgemeinschaft einigermaßen zynisch – als Fusionskonstante. Im Ergebnis steht den immensen Investitionen bisher kein greifbarer Nutzen gegenüber.“

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung sieht das anders: Es lobt die deutschen Fusionsforschungsinstitute für ihre Arbeit „auf höchstem internationalem Niveau“ und sieht „optimale Möglichkeiten für eine Zusammenarbeit zwischen der Forschung und der deutschen Industrie“.

Hat die Forschung nun versagt? Isabella Milch meint: nein. Sie erzählt, welche Erfolge bisher errungen werden konnten: „Die Fusionsforscher wissen, wie man das Plasma aufheizt, aus dem Energie gewonnen werden soll. Sie haben die Messtechnik für das berührungsfreie Beobachten des Plasmas entwickelt. Sie kennen die passenden Strukturen des Magnetfelds. Und sie haben gezeigt, dass damit Fusion möglich ist.“ Jetzt muss noch gezeigt werden, dass man auch tatsächlich Energie gewinnen kann.

**„Kernfusion ist die einzige bekannte Energiequelle, die die Menschheit noch nicht erschlossen hat“**

Eine große Halle im Max-Planck-Institut in Garching: Hier steht die Forschungsanlage. Von außen ist sie kaum zu erkennen. Um sie herum verstellen Sonden, Vakuumpumpen, Schläuche, Kupferkabel und Stahlträger den Blick – alles, was nötig ist, um Dichte, Licht und Temperatur zu messen. Das Innere wirkt wie die Kulisse eines Science-Fiction-Films, mit dessen Kulissenbauern die Phantasie durchgegangen ist: In einem etwa mannshohen Torus von der Form eines Donuts sind alle Wände mit silberfarbenen Wolframplatten ausgekleidet, in der Mitte

befindet sich eine Art Säule. Im Inneren schwebt bei Versuchen das Plasma, ein außerordentlich dünnes Gemisch aus normalem Wasserstoff und Deuterium. Den echten Kraftwerksbrennstoff aus Deuterium und Tritium hat in Europa bislang nur das große Gemeinschaftsexperiment JET eingesetzt. Das Plasma besteht aus ionisierten Atomen, deren Kerne sich abstoßen – eigentlich. Heizt man sie aber auf und jagt sie mit riesiger Geschwindigkeit aufeinander, können sie ihre Abstoßung überwinden und zu einem Kern verschmelzen. Dadurch wird Energie freigesetzt. Das Problem: Bisher muss für all das noch zu viel Energie eingesetzt werden.

Außer in Garching betreibt das Max-Planck-Institut auch in Greifswald Kernfusionsforschung: Dort laufen die Vorbereitungen für den 2015 geplanten Betrieb der Forschungsanlage „Wendelstein 7-X“. Zudem wird am Forschungszentrum Jülich und am Karlsruher Institut für Technologie geforscht – all das unter dem Dach der Helmholtz-Gemeinschaft und in Kooperation mit dem weltweiten Projekt ITER, in dem die EU, USA, Russland, Japan, Südkorea, Indien und China zusammenarbeiten. Das nächste Ziel: das Plasma für etwa sechs Minuten zum Brennen zu bringen, so dass circa 500 Megawatt produziert werden, etwa zehn Mal mehr, als vorher investiert wurde. „Das soll bis Ende der 2020er Jahre gelingen“, sagt Isabella Milch. Bis 2050 soll das Projekt DEMO Prototypen von Kraftwerken hervorbringen, in denen das brennende Plasma dauerhaft Energie erzeugt. „Möglicherweise

gehen dann die teilnehmenden Länder wieder eigene Wege“, sagt Milch. China etwa plant schon jetzt zwei bis drei unterschiedliche Kraftwerkstypen. „Das ist schon beeindruckend. Man kann das auch mit einem gewissen Neid betrachten.“

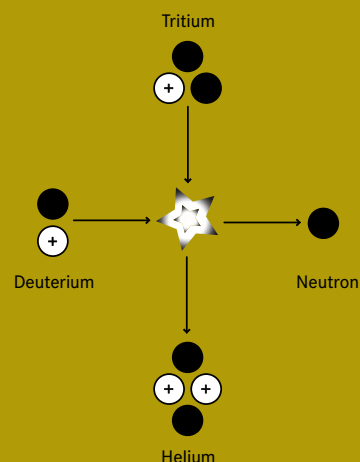
Bei derartigen Forschungsgroßprojekten zeige sich ein vermeintlicher Vorteil autoritärer Staaten, sagt Stefan Hornbostel, Professor für Soziologie mit Schwerpunkt Wissenschaftsforschung am Institut für Sozialwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin: „China ist in der Lage, Planungshorizonte von 20 bis 30 Jahren mit einiger Konsequenz umzusetzen. Auch, weil es weniger auf die Erneuerung politischer Legitimation zu achten braucht.“ Es ist aber nur ein vermeintlicher Vorteil: Derselbe politische Legitimationsprozess, der in demokratischen Staaten gelegentlich zu Verzögerungen oder Planänderungen bei Großprojekten führt, ist in der Lage, einen nachhaltigen gesellschaftlichen Konsens zugunsten der Grundlagenforschung herzustellen. Einen Konsens, um den Deutschland selbst von einigen seiner europäischen Nachbarn beneidet wird. So entsteht eine auf den ersten Blick widersprüchliche politische Konstellation: Politiker, deren Zeithorizont sich normalerweise auf die Dauer einer Legislaturperiode beschränkt, unterstützen Forschungsvorhaben, die vielleicht einmal etwas bringen – vielleicht aber auch nicht. Deren Erfolg aber auf jeden Fall erst in Dekaden absehbar ist. Wie kann das sein? Der erste Grund: Weil das Ziel als unvergleichlich wichtig gilt. „Die Kernfusion

## KERNFUSION – DAS PRINZIP

Treffen zwei Atomkerne aufeinander, so stoßen sie sich gegenseitig elektrisch ab – eigentlich. Heizt man sie aber auf und schleudert sie mit hoher Energie aufeinander zu, so können sie diese Abstoßung überwinden. Kommen sie sich dabei nahe genug, können sie zu einem Kern verschmelzen. Am leichtesten gelingt das mit den beiden Wasserstoff-Sorten Deuterium und Tritium: Aus ihnen entsteht durch die Verschmelzung Helium. Dabei wird ein elektrisch ungeladenes Neutron freigesetzt, das mit großer Geschwindigkeit in die Wand der Brennkammer saust. Dort verwandelt sich seine Bewegungsenergie in Wärme. In der übermannshohen Kammer ist ein starkes Magnetfeld aufgebaut, das das elektrisch geladene

Deuterium, Tritium und Helium in der Schwebe hält. Denn kämen diese Teilchen mit der Wand in Berührung, würde der ultradünne Brennstoff sofort abkühlen.

Das alles ist erstmals 1991 bei JET gelungen. Man sieht: Kernfusion ist im Prinzip eine einfache Sache. Das Problem: Die auf 100 Millionen Grad Celsius erhitzten Wasserstoff-Teilchen müssen ihre Temperatur über längere Zeit halten, damit das Plasma brennen kann – dazu muss man derzeit noch mehr Energie hineinstecken, als am Ende herauskommt. Im Experimentalreaktor ITER in Südfrankreich arbeiten Forscher daran, dies zu ändern. Gelingt es, sollen Prototypen von Kraftwerken entstehen, um Energie im großen Stil zu gewinnen.



360°-Rundgang  
durchs Plasmagefäß  
und Kernfusions-  
Animation:  
→ [www.helmholtz.de/  
kernfusion](http://www.helmholtz.de/kernfusion)



ist die einzige bekannte Energiequelle, die die Menschheit noch nicht erschlossen hat“, sagt Stefan Hornborstel. „Sie wäre praktisch unerschöpflich, jederzeit verfügbar, ohne CO<sub>2</sub>-Emission, ohne Endlagerung radioaktiver Abfälle und ohne gravierende Sicherheitsrisiken.“ Der zweite Grund laut Hornborstel: die politische Kultur in Westeuropa. „Es gibt starken, parteiübergreifenden Konsens über Langzeitvorhaben. Nicht nur bei der Kernfusion, sondern zum Beispiel auch bei der Krebsforschung.“ Dieser Konsens müsse dennoch immer wieder erneuert werden – auch mithilfe von Monitoring und Bestandsaufnahmen. Dass das Ergebnis kein selbstverständliches „Weiter so“ sein muss, sei ein großer Vorteil auf Seiten demokratischer Staaten. Als Beispiel nennt er den deutschen Ausstieg aus der jahrzehntelang politisch protegierten Atomenergie.

Dass Staaten überhaupt für Forschung Geld ausgeben, ist ein relativ junges Phänomen. Laut Peter Weingart, Wissenschaftsforscher und Soziologie-Professor an der Uni Bielefeld, begann die Debatte um öffentliche Forschungsgelder 1946 in den USA. Vorher gab es dort staatliche Forschungsförderung nur für die Rüstung. In seinem Report „Science: The Endless Frontier“ sprach sich der US-amerikanische Ingenieur und Forschungspolitiker Vannevar Bush dafür aus, die Förderung der Grundlagenforschung auch in Friedenszeiten aufrecht zu erhalten – mit dem Argument, dass sie den Wohlstand und die Gesundheit der Amerikaner gewährleisten würde. Damit war Forschungsförderung nun nicht mehr auf Fragen der nationalen Sicherheit beschränkt. Nach wie vor mussten die Forschungsziele aber zumindest

indirekten Anwendungsnutzen für Wirtschaft und Bürger versprechen, etwa durch den „technological fallout“ – Abfallprodukte der Großforschung, die in anderen Bereichen nützlich sein können. Zum Beispiel waren es die Hochenergiephysiker, die bei der Entwicklung des Teilchenbeschleunigers Hochleistungscomputer hervorbrachten. Diese kommen heute in vielen anderen Bereichen zum Einsatz.

### „Wenn alles nützlich sein soll, geht das zu Lasten der Grundlagenforschung“

„In Deutschland spielte neben dem erhofften Nutzen in der Zukunft auch der Gedanke eine Rolle, die Förderung der Grundlagenforschung sei ein Wert an sich“, sagt Peter Weingart. „Und zwar als Beleg der Wissenschaftsfreiheit und damit als Charakteristikum des freien Westens.“ Seit dem Ende des Kalten Krieges seien ökonomische Argumente aber wieder wichtiger geworden, wie die Debatte um Spin-offs und Technologietransfer aus Universitäten zeige.

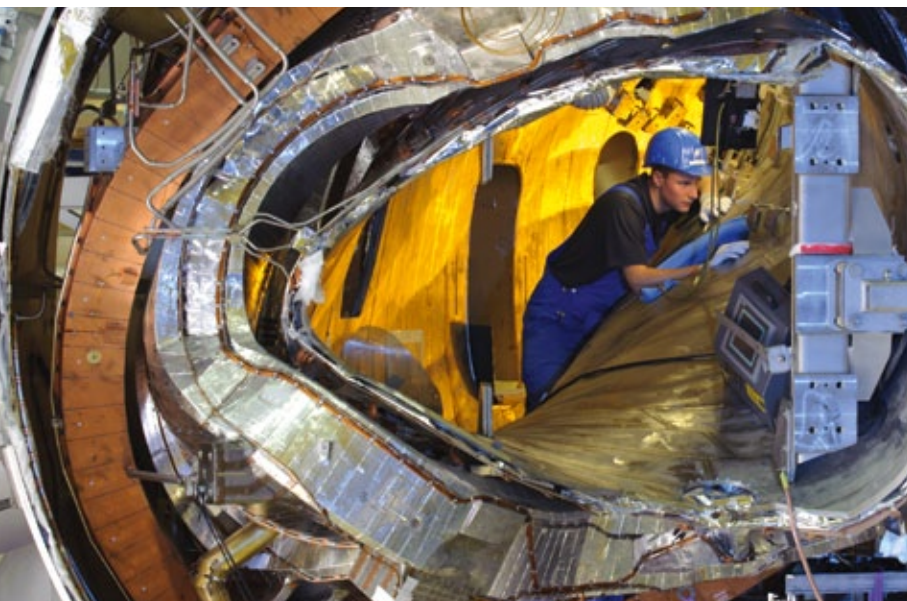
Doch wenn alles nützlich sein soll, dann geht das zu Lasten der Grundlagenforschung. Schließlich weiß bei der niemand, ob und wann sie zu welchen verwertbaren Ergebnissen gelangen wird. „Die Kriterien, an denen sich der Forschungserfolg messen lassen muss, werden im laufenden politischen Prozess immer wieder neu formuliert“, sagt der Sozialwissenschaftler Stefan Hornborstel.

Dennoch entsteht eine Kontinuität. „Wenn das Parlament über Fusionsforschung abstimmen könnte, würde sie vermutlich nicht stattfinden, schon weil sich die Mehrheiten immer wieder ändern“, sagt Weingart. „Allerdings entspricht es dem Wesen der repräsentativen Demokratie, dass Verantwortung delegiert wird – vom Wähler zum Parlament zur Regierung zu untergeordneten Instanzen, die zwar selbstständig handeln, aber Teil dieser Legitimationsskette sind.“ Über die Kernfusion entscheiden letztlich das Europäische Fusionsprogramm der EU-Kommission, das Bundesforschungsministerium sowie die verschiedenen Wirtschafts-, Kultus- und Wissenschaftsministerien der Bundesländer.

Im Mai 2014 starten die Tests an der Forschungsanlage Wendelstein 7-X in Greifswald. Vor 2015 wird dort allerdings noch kein heißes Plasma entstehen. Mithilfe von Wendelstein 7-X wollen die Forscher herausfinden, ob sich der Bautyp „Stellator“ mittelfristig als Kraftwerk eignet. Was am Ende dabei herauskommt? Das wird man erst erfahren, wenn man es ausprobiert. ■

Andreas Unger

**Vielschichtig** Ein noch offenes Modul von Wendelstein 7-X zeigt den komplexen Aufbau der Forschungsanlage. Bild: Wolfgang Filser/IPP







## → JUNQ – Ungelöste Fragen Faule Muskeln

Auch wenn eigentlich nur noch ein Ergebnis in Frage kommt, muss das nicht unbedingt eintreten. Der Mainzer Chemieprofessor Rudolf Zentel hat diese Erfahrung bei Versuchen mit künstlichen Muskeln gemacht und berichtete davon im *Journal of Unsolved Questions (JUnQ)*

Kippt man dickflüssigen Bananensaft mit dünnflüssigem Kirschsafte zusammen, so entsteht ein neues Getränk, vom Flüssigkeitsgrad her irgendwo in der Mitte zwischen den beiden. Demzufolge könnte man annehmen, dass auch in der Wissenschaft gilt: Kennt man aus Experimenten bestimmte Prinzipien von Stoffen, so sollte es ein Leichtes sein, neue Materialien zu entwickeln – indem man einfach diejenigen Stoffen miteinander kombiniert, die die gewünschten Prinzipien aufweisen. Nur leider ist dem nicht immer so.

Zeigen lässt sich das am Beispiel der so genannten flüssig-kristallinen Elastomere. Das sind spezielle Materialien, die aufgrund ihrer mechanischen Eigenschaften auch als künstliche Muskeln bezeichnet werden: Wenn man nämlich ihren inneren Aufbau manipuliert, ziehen sie sich zusammen oder strecken sich – je nach Art des Eingriffs. Soweit zumindest die Theorie. Und genau die wollten wir in die Praxis umsetzen: Wir wollten ein neuartiges Elastomer dazu bringen, sich zu verbiegen. Um das zu bewerkstelligen, haben wir aus Flüssigkristallen einen neuen Baustein für künstliche Muskeln hergestellt. Flüssigkristalle sind stäbchenförmige Moleküle mit

einem ausgeprägten Ordnungssinn: Sie richten sich von selbst parallel zueinander aus und lassen sich zu einem stabilen Elastomer vernetzen. Um dieses Gebilde nun dazu zu bringen, seine Form zu ändern, muss die Ordnung der stäbchenförmigen Moleküle gestört werden. Dazu haben wir einige Stäbchen beigemischt, die sich mit Licht einer bestimmten Wellenlänge verbiegen lassen: Sie werden krumm wie ein Bumerang und bringen die Ordnung der anderen Stäbchen durcheinander.

Die Auswirkungen? In diesem Fall keine. Der künstliche Muskel blieb faul und behielt seine ursprüngliche Form, obwohl er sich nach allen bisherigen Erkenntnissen hätte verformen müssen. Das Ergebnis zeigt, wie schwierig es im Einzelfall sein kann, bereits Bekanntes logisch zu kombinieren, um etwas Neues zu entwickeln. Denn auf molekularer Ebene treten viele Effekte nicht unabhängig voneinander auf, sondern sind häufig auf äußerst komplexe Weise miteinander verbunden. Leider funktionieren die Naturwissenschaften eben nicht immer nach dem Kirsch-Banane-Prinzip. ■

**Rudolf Zentel**

Weitere  
ungelöste Fragen:  
→ [www.junq.info](http://www.junq.info)

# Wie viel Nano ist gut für uns?

Die Wissenschaft lebt davon, dass diskutiert und widersprochen wird, wie Karl Popper in seiner Falsifikationstheorie argumentiert. In dieser Ausgabe stellen zwei Forscher ihre Sicht auf Nanopartikel vor



„Es sollte deutlicher werden,  
dass Nanopartikel nicht grundsätzlich  
unsere Gesundheit gefährden“,

sagt Claus-Michael Lehr vom Helmholtz-Institut  
für Pharmazeutische Forschung Saarland, Saarbrücken

**B**ei Nanopartikeln denken viele zuerst an die Gefahren, nicht aber an den Nutzen. Teils ist das verständlich: etwa beim Einsatz von Schwermetalloxiden für selbstreinigende Backöfen, Kohlenstoff-Nanoröhren für federleichte Fahrradrahmen oder so genannten Quantum Dots für superflache Bildschirme. Denn die darin verwendeten, Millionstel Millimeter winzigen Teilchen sind nicht biologisch abbaubar, manche sogar giftig – und sie unterliegen keiner Regulierung.

Im medizinisch-pharmazeutischen Bereich jedoch sieht die Sache anders aus. Hier helfen Nanopartikel etwa als Träger für Arzneistoffe dabei, Tumor- und Infektionserkrankungen besser zu beherrschen, und auch eine schmerzfreie Medikamentengabe ohne Injektionsnadeln für Insulin oder Impfstoffe rückt nun näher. Für Nano-Medikamente werden nur Materialien eingesetzt, die für den Körper unschädlich und meist biologisch abbaubar sind. Außerdem werden Arzneimittel international durch strenge Gesetze und Zulassungsverfahren reguliert – natürlich auch dann, wenn Nanotechnologien eingesetzt werden. Und trotz aller Hoffnung auf schnelle Hilfe: Dass nicht alle erst gestern von der Forschung hervorgebrachten Therapieansätze

mit Nano-Materialien schon morgen als Medikament verfügbar sind, dient dem Schutz des Patienten. Die Sicherheit muss an erster Stelle stehen.

Aktuelle regulatorische Initiativen schießen jedoch über das Ziel hinaus. Der Generalverdacht lautet: Nanotechnologien, die eine (willkürlich definierte) Partikelgröße von unter 100 Nanometern aufwiesen, gingen mit einem erhöhten Risiko einher. Dabei liegt es nicht an der Größe seiner Partikel, sondern am Stoff selbst, ob er gefährlich ist oder nicht – manche sind giftig, andere reagieren mit körpereigenen Stoffen, wieder andere sind nicht vom Körper abbaubar. Hier könnte ein Klassifikationssystem helfen, das unterscheidet, bei welchen Stoffen durch die Nano-Form tatsächlich mit erhöhten Risiken zu rechnen ist – nämlich bei schwerlöslichen oder an sich giftigen Substanzen – und bei welchen dies ausgeschlossen werden kann, weil sie ungiftig und biologisch abbaubar sind. Schließlich kommt schon in Kontakt mit Nanopartikeln, wer Milch trinkt, Mayonnaise isst oder den Urlaub am Meer verbringt: nämlich in Form feinsten Öl- oder Salzwassertröpfchen. Ein erhöhtes Risiko muss er dabei nicht fürchten. ■



„Weil viel Geld fließt, werden die Regeln guter wissenschaftlicher Arbeit in der Nanotoxikologie leider zu oft ignoriert“,

sagt Harald Krug von der Empa, Swiss Federal Laboratories for Material Science and Technology, St. Gallen



**N**eue Technologien haben meist drei Probleme: Erstens sind Wissenschaft und Industrie zu euphorisch und zu optimistisch. Zweitens erwarten Medien und Öffentlichkeit zu viel. Und drittens werden mögliche Risiken gar nicht oder zu spät erforscht. Trifft das auch auf die Nanotechnologie zu? Erfreulicherweise nicht vollständig. Denn hier werden bereits während der Entwicklung neuer Anwendungen mögliche nachteilige Folgen wie die Giftigkeit der Stoffe ermittelt. So gab es bereits in den frühen 1980er Jahren erste Studien zur Toxikologie von Nanopartikeln. Dass so intensiv geforscht wurde und immer noch wird, schlägt sich auch in der Akzeptanz der Anwendung von Nanomaterialien nieder: Umfragen der Stiftung Risiko-Dialog haben ergeben, dass die europäische Bevölkerung Nanotechnologien gegenüber sehr positiv eingestellt ist.

Dennoch gibt es eine bedenkliche Entwicklung, die die Gesellschaft kaum wahrnimmt: In der Disziplin der Nanotoxikologie steht die wissenschaftliche Integrität auf dem Prüfstand. Wegen des hohen Finanzaufkommens der Forschungsförderer tummeln sich hier enorm viele Kollegen und Kolleginnen, deren Ausbildung häufig gar nicht auf

dem Gebiet der Toxikologie liegt. So entstehen zahlreiche Publikationen, die biologische Wirkungen von Nanomaterialien nachweisen, jedoch mit der toxikologischen Lupe betrachtet auf falschen Vorbedingungen wie zum Beispiel einer Überdosierung basieren. Wir haben, ohne es bisher zu bemerken, die Ebene der Zuständigkeiten verlassen. Jeder wird zum Experten, und die daraus folgenden Headlines zu den Gefahren der Nanotechnologie ziehen munter ihre Kreise in der Tagespresse: „Tödliche Gefahr in der Zahnpasta“ ist dann zu lesen.

Weil viel Geld fließt, werden die Regeln guter wissenschaftlicher Arbeit leider zu oft ignoriert. Dies untermauern zahlreiche Beispiele wie eine inzwischen widerlegte Studie zum Tod von Arbeitern durch Nanopartikel in einer chinesischen Farbenfabrik. Es ist wichtig, sich wieder an die Regeln der Toxikologie zu halten und diese auch so an den Hochschulen zu lehren. In den vergangenen zwei Jahrzehnten haben wir das versäumt. Dabei übersehen wir, dass für eine nachhaltige gesellschaftliche Entwicklung gerade neuer Technologien eines ganz wichtig ist: eine dauerhafte, wissenschaftsbasierte Risikoforschung. Auf dieser Basis brauchen wir keine Angst vor Nano zu haben. ■



# Bundesmittel für die Hochschulen!

Mehrere Milliarden Euro könnten an die Universitäten verteilt werden – wenn sich die große Koalition nicht selbst im Weg stehen würde. Ein Kommentar von Marc Hasse

Mit der Großen Koalition und ihrer geplanten Bildungsoffensive verhält es sich wie mit einem Bergsteigerteam, das eigentlich über genügend Energie verfügt, um es auf den höchsten Gipfel zu schaffen. Doch weil ein Teil der Gruppe erst einen kleineren Berg erklimmen möchte, die anderen Mitglieder hingegen das große Ziel anpeilen und es darunter nicht machen wollen, heben sich die Kräfte aller gegenseitig auf – das ganze Team verharret im Basislager. Es herrscht Stillstand.

Rund fünf Monate ist die neue Bundesregierung nun im Amt, versuchen CDU und SPD, gemeinsam Strecke zu machen. Dabei ist das Bildungs- und Forschungsministerium das einzige Ressort des neuen Kabinetts mit einem erheblich gewachsenen Etat: Neun Milliarden Euro zusätzlich stehen zur Verfügung. Nur: Wie sollen diese verteilt werden?

In ihrem Koalitionsvertrag hatten die Partner beschlossen, dass der Bund den Hochschulen künftig bei der Grundfinanzierung unter die Arme greifen soll – bisher floss Geld nur mittelbar und zeitlich befristet, etwa im Zuge der Bundesexzellenzinitiative. Dies zu ändern ist überfällig. Der Weg für direkte Bundeshilfen sollte schnellstens frei gemacht werden. Denn an vielen Hochschulen müssen Forscher immer mehr Zeit darauf verwenden, Drittmittel einzuwerben, um damit Löcher im Budget zu stopfen – Zeit, die ihnen für ihre eigentliche Arbeit fehlt. Langfristig zu planen ist unter solchen Umständen kaum möglich. Da immer mehr Drittmittel von Unternehmen beigesteuert werden, ist auch zu befürchten, dass der Einfluss der Wirtschaft auf die Forschung wächst, die doch eigentlich unabhängig sein sollte. Schon warnt der Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft Peter Strohschneider, der universitäre Drittmittelwettbewerb habe sich „in einer Weise verschärft, die daran zweifeln lässt, dass dies noch zum Besten der Forschung ist“.

Bei den außeruniversitären Forschungseinrichtungen nimmt der Anteil der Drittmittel seit Jahren ab; nun sollen zu ihrer Grundfinanzierung zusätzliche Gelder aus dem Bundestopf dazu kommen. Gut so! Nur macht es keinen Sinn, dass gleichzeitig die Hochschulen weiter darben.

Noch gibt es das Kooperationsverbot zwischen Bund und Ländern, noch darf der Bund die Hochschulen nicht direkt unterstützen. Dazu müsste das Grundgesetz geändert werden. Schon unter Annette Schavan (CDU) formulierte das Bundes-

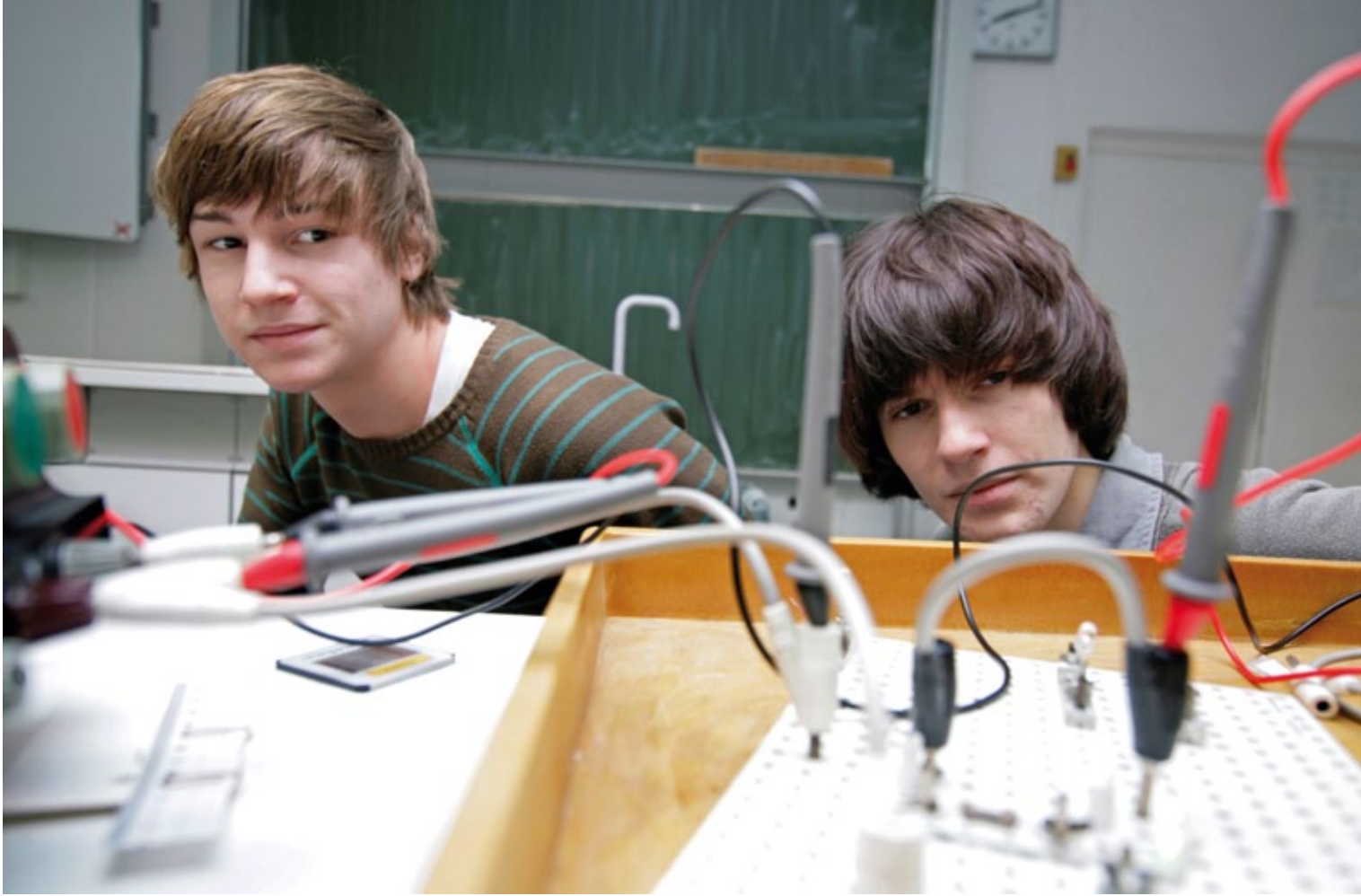


**Marc Hasse** (37) ist Wissenschaftsredakteur beim *Hamburger Abendblatt*. Bild: Jindrich Novotny

bildungsministerium einen Gesetzesentwurf zur Änderung des entsprechenden Artikels 91b und machte diesen öffentlich. Das war im Mai 2012.

Im Koalitionsvertrag der Großen Koalition ist von einer Grundgesetzänderung jedoch nicht mehr die Rede. Und nun gibt es dafür immer noch keinen offiziellen Zeitplan. Eine Reform kam bisher nicht in Gang, weil sich CDU und SPD streiten, was mit den sechs Milliarden Euro geschehen soll, die nach der Überweisung an außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und den Pakten übrig bleiben. Die Union will das Grundgesetz zwar ändern, aber zunächst nur für die Hochschulen. Die SPD möchte eine Änderung für den ganzen Bildungsbereich. Bildungsministerin Johanna Wanka (CDU) kann auf die Milliarden nicht zugreifen – und kümmert sich derweil um anderes.

Es ist schön, dass sich CDU und SPD einig sind, dass die Universitäten „das Herzstück des deutschen Wissenschaftssystems“ bilden, wie es in einer Bundestagsdebatte Anfang April hieß. Prima auch, dass alle immer wieder beteuern, wie wichtig die Forschung für unsere internationale Wettbewerbsfähigkeit sei. Aber von Worten können sich unsere Wissenschaftler nichts kaufen. Nun müssen endlich Taten folgen. Also raus aus dem Basislager, rauf auf den Berg! ■



**Die Natur befragen** Schülerexperimente sind eine feine Sache – wenn der Rahmen stimmt. Bild: Peter Hirth/laif

# Das forschende Klassenzimmer

Naturwissenschaftliche Experimente sind Standard an jeder Schule. Aber unter welchen Bedingungen wird eigentlich experimentiert? Was lernen die Schüler wirklich daraus? Und wie könnte man es besser machen?

Gebannt starrt der zwölfjährige Rudi auf das vor ihm schwingende Pendel. Knacksend meldet ein Zähler, wenn der an Nylonfäden befestigte Eisenkörper wieder einmal die Lichtschranke passiert: tack – tack – tack.

Ansonsten ist es mucksmäuschenstill im Physikraum. Alle sind ganz bei der Sache. Gemeinsam mit seiner Lehrerin und einigen Klassenkameraden

hat Rudi die Versuchsanordnung aufgebaut. Als nächstes soll ein Stück Aluminium in die Pendelapparatur eingespannt werden. Wird das Leichtmetall weniger lang für eine Schwingung benötigen als das schwere Eisen? Fast alle Siebtklässler sind felsenfest davon überzeugt. Die Lehrerin muss schmunzeln; bald wird der Energieerhaltungssatz für Staunen sorgen... ➤





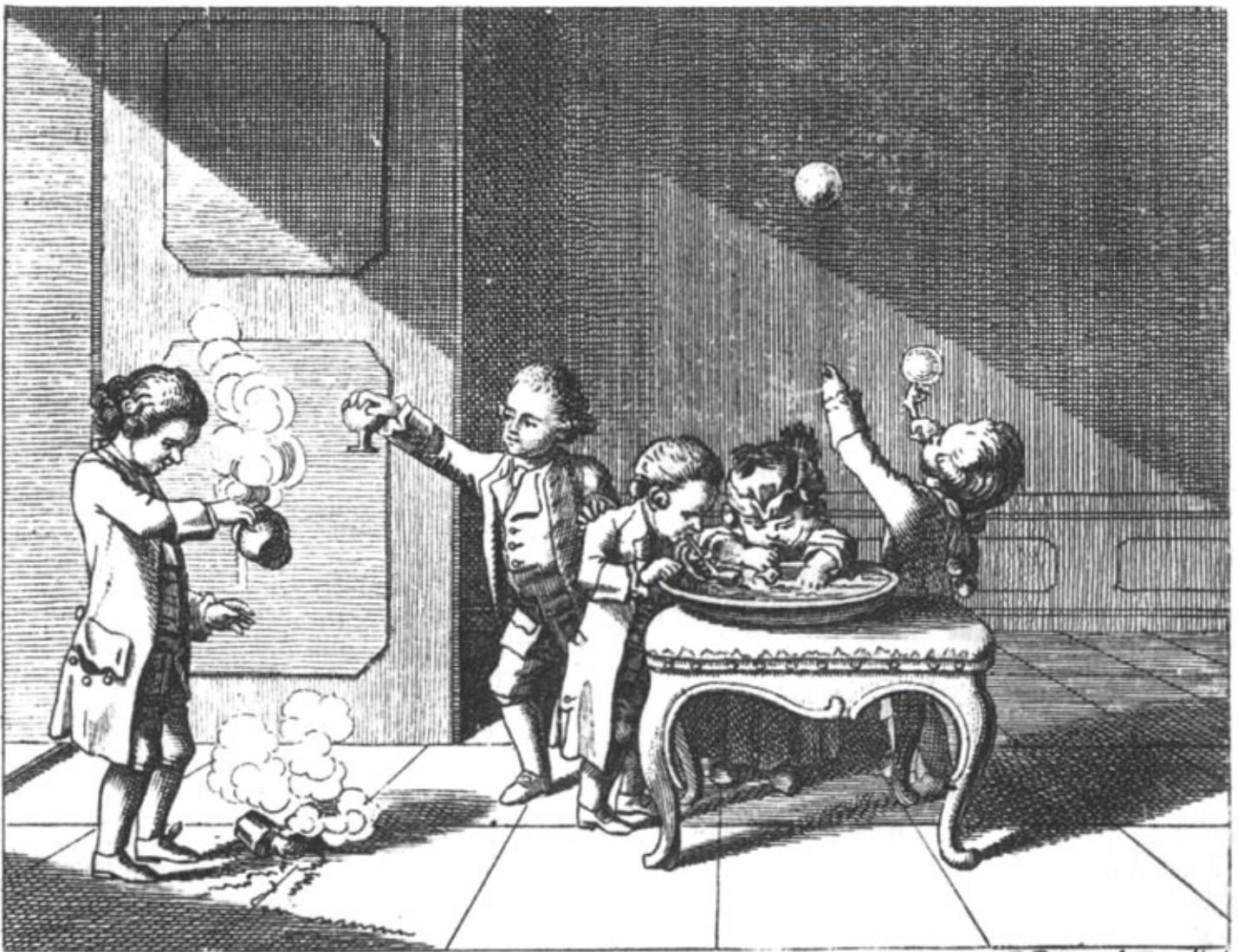
„Erfahrenheit durch den Trieb, allerlei zu versuchen“ Schon in J. B. Basedows *Elementarwerk* von 1774 ist das Experiment ein Bildungsgut. Bild: Kupfertafel von D. Chodowiecki

Kein Zweifel, Experimente im Schulunterricht können eine Menge Spaß bringen – nützlichen Spaß. Experimente machen die Beschaffenheit der Natur, im Wortsinn, begreiflich. Ihre klaren Durchführungsregeln vermitteln zudem eine Ahnung von der Logik wissenschaftlichen Erkennens. Längst ist dies bildungspolitischer Konsens. Die grundlegende „Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung“ vom Mai 2009 legt ebenso großen Wert auf das lernende Handanlegen wie beispielsweise die jüngste Initiative von Kultusministerkonferenz und Deutschem Industrie- und Handelskammertag zur „Stärkung der Praxis im Unterricht“. In unseren Schullaboren, so möchte man meinen, könnte jeden Tag eine MINT-Laufbahn beginnen.

Was in Rahmenvereinbarungen und Publikationskampagnen gut klingt, sieht in den Klassenräumen aber oftmals ganz anders aus. „Mit

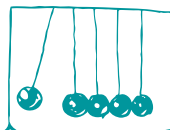
Fachräumen und Geräten sind wir gut ausgestattet, auch an spannenden Experimentieranleitungen mangelt es nicht“, berichtet Helga Fenz, Fachbereichsleiterin Naturwissenschaften an der Berliner Robert-Havemann-Oberschule. „Was fehlt, ist Zeit.“ In Berlin seien in den Klassen 7 und 8 für sämtliche Naturwissenschaften gerade mal vier Wochenstunden vorgesehen – da komme das Experimentieren zwangsläufig zu kurz. Wenig hilfreich seien auch die wachsenden Klassenstärken: „Inmitten von 32 Schülern mit einem Gasbrenner zu arbeiten, erfordert schon besondere Konzentration.“

Regelmäßig zieht es Helga Fenz und ihre Schützlinge ins Gläserne Labor des Max-Delbrück-Centrums für Molekulare Medizin (MDC), einem Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft. Die Robert-Havemann-Oberschule ist Partnerschule des MDC, die dortigen Schülerseminare bilden eine feste Ergänzung zum Unterricht. „In echten Laboren



D. Chodowiecki





zu hantieren und von richtigen Wissenschaftlern angeleitet zu werden, kommt bei den Jugendlichen sehr gut an“, sagt Helga Fenz. Fortbildungsangebote für Lehrer bietet das angeschlossene MDC-Programm „Labor trifft Lehrer“. Koordinatorin Luiza Bengtsson erklärt: „Mit dem Einbezug in reale Forschungsprojekte, etwa der Stammzellforschung, möchten wir auch das schulische Experimentieren stärken.“

Wie viel Experimentieren muss sein? Wie soll es bewertet werden? Und welche Art von Experimenten ist überhaupt sinnvoll? Die Debatte darüber ist im vollen Gange. So kommt Martin Schwichow vom Kieler Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik zu dem Schluss: Schüler lernten derzeit „mehr durch Berichte über Experimente als durch selbstständig durchgeführte Experimente“. Die so genannten Kochbuchexperimente zur Veranschaulichung von Lehrsätzen greifen seiner Meinung nach viel zu kurz. Das scheint kein deutsches Phänomen zu sein: Auch der im amerikanischen Stanford lehrende Wissenschaftsdidaktiker Jonathan Osborne stellte kürzlich in einem Zeitungsartikel fest, die landläufige Art des schulischen Experimentierens sei zu sehr auf Ergebnisse fixiert. Stattdessen solle es wieder mehr darum gehen, wie experimentelle Daten eigentlich zustande kommen und wie man sie interpretieren könne.

### „Experimente müssen Kinder an Hand und Kopf mitnehmen“

In Großbritannien fand die nationale Prüfungsbehörde Ofqual im vergangenen Jahr heraus, dass bei Schulexperimenten selten individuell angemessen benotet wird. Als Ofqual daraufhin für eine Abkoppelung der Experimentnoten von den Abiturnoten plädierte, war der mediale Aufschrei laut. Britische Wissenschaftsorganisationen und Wirtschaftsverbände sorgten sich, das Erlernen manuellen Knowhows könnte damit unwichtiger werden – eben weil es für die Abschlussnote keine Rolle mehr spielen würde.

Mittlerweile hat sich die Behörde durchgesetzt: Wohl ab 2017 werden britische Schulabgänger neben ihrem „A-level“-Zeugnis eine Bescheinigung über die erfolgreiche Durchführung von zwölf Basisversuchen erhalten. Wie Anne Schirrmacher vom Deutschen Lehrerverband anmerkt, liegen die Briten damit auf einer Linie mit den Anforderungen



#### EXPERIMENTIEREN IM SCHÜLERLABOR

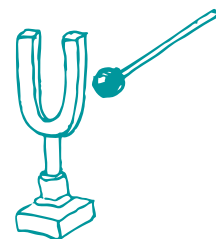
Außerhalb der Schule können Jugendliche deutschlandweit in über 300 Schülerlaboren verschiedenster Einrichtungen experimentieren. Die Helmholtz-Gemeinschaft unterhält 30 Labore, in denen Schülerinnen und Schüler zu Themen wie Meereskunde, Molekularbiologie oder Teilchenphysik selbst aktiv werden können. Jährlich besuchen rund 65.000 Jugendliche die Labore, außerdem Vorlesungen, Forschungspraktika, Ferienkurse und Berufsinformationstage. Fortbildungen für Lehrer komplettieren das Angebot. Auch Museen bieten Experimentierkurse für Schulklassen an, so zum Beispiel in Berlin das Naturkundemuseum oder das Deutsche Technikmuseum mit seinem kürzlich eröffneten Schülerlabor „Meilensteine“, in dem man sich auf die Spuren bekannter Forscherpersönlichkeiten begeben kann.

der international anerkanntesten Hochschulzugangsberechtigung „International Baccalaureate“.

Eine ähnlich drastische Neuausrichtung steht hierzulande nicht an. „Grundsätzlich ist es so, dass die experimentelle Tätigkeit eines Schülers in seine mündliche Note einfließen soll und kann“, sagt David Di Fuccia, der an der Universität Kassel Didaktik der Chemie lehrt. „Inwieweit dies überall stattfindet, ist schwer zu sagen.“ Deutlich genauere Vorgaben gibt es für das Abitur: Hier fordern die bundeseinheitlichen Prüfungsanforderungen für die MINT-Fächer die selbstständige Planung, Durchführung, Beobachtung, Beschreibung und Auswertung von Experimenten.

Wie aber kann bei all dem sichergestellt werden, dass Kinder und Jugendliche bleibend etwas aus ihrer Laborarbeit lernen? Experten wie Martin Schwichow und Jonathan Osborne fordern dafür eine „hands-on-minds-on“-Philosophie. „Experimente müssen Kinder sozusagen an Hand und Kopf mitnehmen“, sagt Martin Schwichow. „Sie brauchen Bezüge zum Alltag und zu aktuellen Forschungsthemen, ihr Ausgang muss offen bleiben. Wichtig ist auch, den Experimentierenden zu zeigen, welche Konsequenzen ihre Befunde haben und dass ihr kontrolliertes Vorgehen eine auch im Alltag hilfreiche Denkstrategie ist.“ Nun bleibt zu verfolgen, wie das Pendel der Debatte weiter ausschlagen wird. ■

Justus Hartlieb









## „Das Schwierigste? Russisch lernen!“

Am 28. Mai 2014 soll Alexander Gerst für ein halbes Jahr auf die Internationale Raumstation ISS fliegen. Bis zum Start ins All trainiert der 38-Jährige im so genannten „Sternenstädtchen“ bei Moskau. Ein Gespräch über Parallelen zwischen der Antarktis und dem Weltall, die Intuition von Forschern – und die Mühen des Sprachenlernens

**Vor Ihrem Astronautentraining haben Sie als Geophysiker in der Antarktis geforscht. Warum wollen Sie jetzt ins All?**

Ich bin Wissenschaftler geworden, weil mich das Unbekannte fasziniert. Deshalb habe ich mich auch für ein Geophysikstudium am heutigen Karlsruher Institut für Technologie entschieden. Den Weltraum finde ich so spannend, weil die Menschheit ihn erst seit 50 Jahren vor Ort erforschen kann. Verglichen mit den

Jahrtausenden, die wir Menschen die Erdoberfläche erkunden, ist die Raumfahrt eine junge Disziplin, und genau dieses Neue reizt mich.

**Gibt es Gemeinsamkeiten zwischen Ihrer Arbeit in der Antarktis und dem Aufenthalt im All?**

Antarktis und Weltall sind beides lebensfeindliche Umgebungen und schwierig zu erreichen. Und beide bieten einzigartige

Chancen für die Forschung. Ich sehe die Raumfahrt in einer ähnlichen Rolle wie die Polarforschung vor 100 Jahren. Heute gibt es viele Forschungsstationen in der Antarktis. Die dort gewonnenen Forschungsergebnisse etwa zum Klimawandel nutzen der Gesellschaft direkt. Die bemannte Raumfahrt kann sich ebenfalls in diese Richtung entwickeln und irgendwann wissenschaftliche Erkenntnisse liefern, die wir noch gar nicht absehen können. Die Polarforschung zeigt, dass wir manchmal weite Wege gehen müssen, an unwirtliche Orte, um Zusammenhänge zu erforschen, die sich direkt vor unserer Haustür abspielen.

**Viele Astronauten sind ausgebildete Testpiloten – Sie kommen aus der Forschung. Was unterscheidet Sie von ihren Kolleginnen und Kollegen?**

Astronaut ist für uns alle ein komplett neuer Beruf, egal ob Wissenschaftler oder Pilot. Aber die meisten Experimente auf der ISS sind auch für Nicht-Wissenschaftler bedienbar. Man ist dort als Astronaut der verlängerte Arm der Forscher am Boden. Bei 162 Experimenten, die während meiner Mission geplant sind, 40 davon allein aus Deutschland, kann man gar nicht für jedes Thema

Experte sein. Viele Versuche laufen automatisch ab, andere müssen wir selbst durchführen. Bei denen könnte mir meine wissenschaftliche Intuition etwas nützen. Man kennt das ja aus irdischen Laboren: Manchmal fällt einem während eines Versuchs zufällig etwas auf, das die Untersuchung verbessern kann. Für solche Dinge habe ich vielleicht eher ein Auge.

**Sie haben mehr als zwei Jahre für die Mission trainiert. Was war das Schwierigste?**

Das Russischlernen. Verglichen damit fielen mir das Training von Außenbordeinsätzen oder die Bedienung des Sojus-Raumschiffs bei simulierten Starts und Landungen leicht. Auch auf die wissenschaftlichen Inhalte der Mission bin ich durch mein Studium am Karlsruher Institut für Technologie gut vorbereitet. Das Russische habe ich mittlerweile so gut gelernt, dass ich selbst mit meinem US-Kollegen Reid Wiseman während des Raketenstarts in Baikonur russisch sprechen werde, damit uns alle im Moskauer Kontrollzentrum verstehen. Wir beide sind auch oft zu Gast bei unserem dritten Teammitglied, Maxim Surajew. Ihn und seine Familie haben wir häufig besucht, wenn wir zum Training mal wieder im

Sternenstädtchen bei Moskau waren. Dort hat sich vor mehr als 50 Jahren schon der erste Mensch im All, Juri Gagarin, auf seinen Raumflug vorbereitet.

**Die Raumstation ISS hat etwa 100 Milliarden Euro gekostet. Raumfahrtorganisationen rechtfertigen die Kosten oft mit ihrer Nützlichkeit in Form von wissenschaftlichen Ergebnissen. Sind sie das Steuergeld wirklich wert?**

Ich finde schon. Die Kosten verteilen sich auf viele Jahre und viele Länder weltweit. Jeder EU-Bürger zahlt pro Jahr etwa zehn Euro für die Raumfahrt, davon etwa einen Euro für die bemannte Raumfahrt. Dafür erhalten wir Erkenntnisse, die wir anders nicht erzielen könnten, zum Beispiel in der Osteoporose-Forschung oder für die Entwicklung neuer Materialien. Wir sind eine neugierige Spezies und haben schon immer unsere Umgebung erforscht. Das liegt in unserer Natur. Außerdem bietet die Raumfahrt eine einzigartige Perspektive: Die Atmosphäre ist eine unglaublich dünne Schutzschicht, deren Verletzlichkeit man von oben auf den ersten Blick erkennen kann. Die Erde ist unser aller Raumschiff, und wir haben nur eins davon. Wir sollten also gut mit ihr umgehen!





### Was bedeutet das für Ihre eigene Rolle als Astronaut?

Ich möchte diese besondere Sichtweise sowohl aus dem All als auch nach meiner Rückkehr weiterverbreiten. Die Raumfahrt dient übrigens auch der Völkerverständigung, denn sie ist nur international realisierbar. Selbst in politisch unsicheren Zeiten halten die Raumfahrtnationen zusammen.

### Würden Sie auch zum Mond oder zum Mars fliegen, letzteres vielleicht sogar mit einem Einweg-Ticket?

Natürlich wäre ich bei einer Mission zum Mond oder Mars sofort dabei. Ein Flug zum Mars wäre das größte Abenteuer der Menschheit, und technisch sind wir fast soweit. Es liegt nun an unserer Gesellschaft, die Entscheidung zu treffen. Von einem One-way-Ticket halte ich aber allein schon deswegen nichts, weil man der Botschafterrolle, die ich eben beschrieben habe, nur nach der Rückkehr auf die Erde gerecht werden kann. ■

Interview: **Henning Krause**



#### ALEXANDER GERSTS FLUG INS ALL MITVERFOLGEN

Alexander Gerst ist der elfte Deutsche im All. Ein Steckbrief:	
Geboren	3. Mai 1976 in Künzelsau bei Heilbronn
Ausbildung	Studium der Geophysik in Karlsruhe; Promotion 2010 in Hamburg
Expeditionen	Vulkanforschung in der Antarktis
Astronaut	Beginn der Ausbildung im Mai 2009; Beginn des Trainings im April 2012



Den sechsmonatigen Aufenthalt von Alexander Gerst auf der Raumstation ISS kann jeder Interessierte im Web und den Sozialen Netzwerken mitverfolgen. Der Raketenstart am 28. Mai 2014 wird als Livestream übertragen. Gerst bloggt und berichtet auf Facebook und Twitter. Fotos und Videos gibt es auf Flickr und YouTube.



Alle Links haben wir für Sie zusammengestellt unter

→ [www.helmholtz.de/alexandergerst](http://www.helmholtz.de/alexandergerst)



Dort finden Sie auch eine Anleitung zur ISS-Beobachtung. Denn die ISS ist zu bestimmten Zeiten mit bloßem Auge als kleiner weißer Punkt am Himmel erkennbar.

#### DIE ISS

Die Internationale Raumstation ISS fliegt in etwa 400 Kilometern Höhe mit fast 28.000 Kilometern pro Stunde über die Erde. Nicht die Höhe, sondern die große Geschwindigkeit ist der Grund für die Schwerelosigkeit an Bord. Eine Erdumrundung dauert etwa 90 Minuten, die Sonne geht an Bord daher 16 Mal pro Tag auf. Inklusive der großen Solarpanele nimmt die ISS ungefähr die Fläche eines Fußballfeldes ein. Meist arbeiten sechs Personen auf der Station. Sie wird von den USA, Russland, Europa, Kanada und Japan finanziert. Bei der Europäischen Weltraumorganisation ESA vertritt das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), ein Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft, die Interessen der Bundesregierung. China plant derzeit eine eigene Raumstation.

#### FORSCHUNG AUF DER ISS

Die Forschung auf der ISS konzentriert sich hauptsächlich auf Astronomie, Physik, Materialforschung, Biologie, Humanmedizin und Erdbeobachtung. Viele Versuche laufen in Experimentierschränken automatisch ab. Seit 2008 steht dafür auch Europas Forschungslabor „Columbus“ zur Verfügung, das größtenteils in Bremen gebaut wurde. Da auf der ISS fast vollständige Schwerelosigkeit herrscht, sind Experimente möglich, bei denen die Schwerkraft in einem irdischen Labor stören würde. Die Versuchsergebnisse werden ins Columbus-Kontrollzentrum beim DLR in Oberpfaffenhofen übertragen.





# Aus 100 mach 8

Informatik-Student Paul Jähne will die digitale Welt verbessern – und fängt mit Servern des UFZ an

Wieder einmal etwas, das man verbessern könnte. „Um das Sonnenlicht optimal einzufangen, sollten die eigentlich schräg stehen“, sagt Paul Jähne und zeigt auf ein paar Dutzend Solarzellen. Wie eine Sprossenleiter ziehen sie sich links und rechts der Fenster an einer Fassade aus rötlich-braunem Backstein empor. Das zehnstöckige Gebäude nennen sie hier nur den „Turm“. Weit ragt er über die angrenzenden Forschungsgebäude hinaus. Paul Jähne, 21 Jahre, blonder Pferdeschwanz, schwarze Halbrandbrille und frochgrüne Hose, kann in diesem Turm einer seiner Lieblingsbeschäftigungen nachgehen: der Suche nach der optimalen Lösung.

Ein metallenes Hinweisschild verrät, was hinter den Mauern des Gebäudes steckt: Die Abteilung Wissenschaftliche und Kaufmännische Datenverarbeitung des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ). Paul Jähne verbringt hier den praktischen Teil seines dualen Informatik-Studiums. Warum er nicht in ein privates Unternehmen ging? „Hier ist man da, um zu lernen; in der freien Wirtschaft ist man da, um zu machen“, sagt er. „Für ein Unternehmen muss es sich schließlich auszahlen auszubilden.“ Ausprobieren, Experimente wagen und neue Lösungswege beschreiten – das könne da leicht zu kurz kommen.

Für seine guten Lösungen wurde der Informatik-Student jetzt belohnt: Für zwei seiner Projekte errang er den ersten Platz beim mit insgesamt 5.000 Euro dotierten Ausbildungspreis, den die Helmholtz-Gemeinschaft und die Deutsche Kreditbank AG gemeinsam vergeben haben. Vor einiger Zeit etwa sollte die virtuelle Desktop-Infrastruktur am UFZ von Grund auf erneuert werden. Doch keiner wusste so recht: welches Betriebssystem wählen? Welche Endgeräte? Paul Jähne baute kurzerhand mit einem Server und verschiedenen Endgeräten Testszenarien auf und prüfte die Angebote. Derzeit sind bereits über 100 Mitarbeiter auf das von Jähne ausgewählte und neu eingerichtete System umgestiegen. Für sie stellen nun acht zentrale Server im Rechenzentrum Programme, Daten, Rechenleistung und Speicherkapazität bereit. In den Bürozimmern stehen nur noch Geräte zur Datenein- und -ausgabe auf den Tischen, also Bildschirme und Tastaturen. „Zum Beispiel spart es eine Menge Strom, statt 100 unausgelasteter Rechner nur noch acht große zu betreiben“, erklärt Paul Jähne.

Projekte praktisch umsetzen können und konkrete Ergebnisse sehen – für Paul Jähne war das der Grund, warum er sich für eine duale Ausbildung und gegen ein theorielastiges Physikstudium entschied. Seine Arbeit am UFZ sieht er als Brücke zwischen Praxis und Wissenschaft: Als Informatiker program-

miert er passende Software für wissenschaftliche Berechnungen. Zum Beispiel, wenn es um die Abbildung von physikalischen Vorgängen wie Strömungsverläufen von Wind und Wasser geht. „Dabei müssen mehrere Rechenschritte parallel ablaufen – wie bei einer Computergrafik, bei der alle Pixel gleichzeitig berechnet werden“, sagt Jähne. „Dafür eignen sich Grafikkarten besser als gewöhnliche Computerprozessoren, die alles nacheinander abarbeiten und dadurch viel länger brauchen.“

Bestehende Programme so umzuschreiben, dass sie auch auf Grafikkarten laufen, sei ganz schön knifflig, fährt der Informatikstudent fort. „Wenn man sich ungeschickt anstellt, braucht die Anwendung sogar länger als auf normalen Systemen.“ Am UFZ leistet Paul Jähne auf diesem Gebiet Pionierarbeit: In seiner Bachelorarbeit will er Grundwasser-Flusssysteme per Grafikkarte berechnen – und zwar zehnmal schneller, als es den Forschern bisher möglich ist. Da ist enge Zusammenarbeit gefragt: Auch wissenschaftliche Formeln müssen erst einmal an eine parallele Datenverarbeitung angepasst werden. Jähne sieht sich dabei eher in der Rolle des Dienstleisters. „Im besten Fall entsteht ein Baukasten mit verschiedenen Rechenoperationen, die wir für die Forscher je nach Bedarf flexibel kombinieren können“, sagt er.

Wenn er abends aus dem Turm geht und das Forschungsgelände hinter sich lässt, kann Paul Jähne übrigens auch gut aufs Programmieren verzichten. Viel lieber trifft er Freunde, spielt Volleyball, geht auf Konzerte. Ein Smartphone besitzt er erst gar nicht. Jähne findet: „Ich muss nicht online sein, wenn ich mit meinen Kumpels unterwegs bin.“

Lilith C. Paul

## DIE WEITEREN PREISTRÄGER DES HELMHOLTZ-DKB-AUSBILDUNGSPREISES:

- 2. Platz Alexander Schwerdt, Tierpfleger am GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
- 3. Platz Rebecka Wünsche, Biologielaborantin am Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung
- Sonderpreis „Bestes Team“ Anja Badura, Tim Hinrichs und Mandy Kock vom Helmholtz-Zentrum Geesthacht

# Personalien

## Heike Wolke neu im MDC-Vorstand



Heike Wolke. Bild: Steffen Weigelt/MDC

Von der Küste in die Hauptstadt: Die bisherige Verwaltungsdirektorin des in Bremerhaven ansässigen Alfred-Wegener-Instituts, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI), Heike Wolke, hat in gleicher Funktion zum Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC) in Berlin-Buch gewechselt. Ihr neues Amt trat die promovierte Verfahrenstechnikerin zum 1. März an. Wolke ist zudem Sprecherin aller administrativen Vorstände der Helmholtz-Zentren.

## Göran-Gustafsson-Preis für Emmanuelle Charpentier

Die Helmholtz-Forscherin Emmanuelle Charpentier gehört zu den diesjährigen Trägern des renommierten Göran-Gustafsson-Preises. Am Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung (HZI) in Braunschweig leitet die Mikrobiologin die Abteilung „Regulation in der Infektionsbiologie“, an der Medizinischen Hochschule Hannover hat sie eine Humboldt-Professur inne. Charpentier gilt als mit führend auf dem Gebiet der RNA-Regulation und der molekularbiologischen Infektionsforschung. Die mit 150.000 US-Dollar dotierte Auszeichnung wurde ihr Ende März auf der Jahrestagung der Royal Swedish Academy of Science verliehen.

## Helmholtz-Start-ups ausgezeichnet

Hohe Auszeichnung für zwei Ausgründungen mit Helmholtz-Beteiligung: Am 15. März wurde in Frankfurt die Göttinger Abberior Instruments GmbH mit dem 33. Innovationspreis der

deutschen Wirtschaft in der Kategorie Start-ups ausgezeichnet. Das 2012 von Wissenschaftlern des Max-Planck-Instituts für biophysikalische Chemie und des Deutschen Krebsforschungszentrums gegründete Unternehmen hat sich auf die Herstellung hochleistungsfähiger Lichtmikroskope spezialisiert. Am 4. April wurde in München die iThera Medical GmbH mit dem Deutschen Innovationspreis ausgezeichnet. Geschäftsgrundlage von iThera ist die Multispektrale Optoakustische Tomografie (MSOT), die Vasilis Ntziachristos und Daniel Razansky am Helmholtz Zentrum München entwickelt haben. Das Verfahren ermöglicht dreidimensionale Bilder lebender Zellen und Gewebestrukturen in Echtzeit und höchster Präzision.

## Annika Thies wird Repräsentantin in Brüssel

Annika Thies ist die neue Leiterin des Helmholtz-Büros Brüssel. Anfang Mai trat Thies die Nachfolge von Susan Kentner an, die in den Ruhestand gegangen ist. Das 2002 eröffnete Helmholtz-Büro Brüssel unterstützt die Helmholtz-Zentren mit umfangreichen Serviceleistungen beim Wettbewerb um EU-Fördermittel.



Annika Thies. Bild: Kristine August

## Nobelpreisträger Thomas Südhof wird Gastforscher in Berlin

Voraussichtlich im Herbst dieses Jahres wird der Träger des Medizin-Nobelpreises 2013, Thomas Südhof, als Gastwissenschaftler (visiting fellow) an das Berliner Institut für Gesundheitsforschung (BIG) kommen. Gemeinsam mit Charité-Professor Christian Rosenmund wird er ein Forschungsprojekt zur Kommunikation von Nervenzellen im Gehirn aufbauen. Der in Göttingen geborene und an der kalifornischen Universität Stanford akademisch beheimatete Südhof ist damit der erste Wissenschaftler, der mit Mitteln der „Privaten Exzellenzinitiative Johanna Quandt“ nach Berlin geholt werden konnte. Das 2012 gegründete BIG bündelt und fördert wissenschaftliche Kooperationen zwischen der Charité Universitätsmedizin Berlin und dem Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC). ■

Justus Hartlieb



# Schokokuss XXL

## Und so wird's gemacht:

- 1.) Lass dir von einem Erwachsenen dabei helfen, ein Loch in die Mitte des Deckels zu bohren.
- 2.) Stecke nun den Strohhalm durch die Öffnung und dichte das Ganze mit der Knetmasse ab.
- 3.) Stelle den Schokokuss in das Glas und schraube den zuvor präparierten Deckel fest darauf.
- 4.) Saug nun so fest du kannst an dem Strohhalm und beobachte den Schokokuss.

## Wieso, weshalb, warum?

Durch das Saugen am Strohhalm entfernst du die Luft aus dem Glas. Du erzeugst so einen fast luftleeren Raum, den man als Vakuum bezeichnet. Im Schaum des Schokokusses befinden sich tausende kleine Luftbläschen. Ohne die Luft im Glas haben die Luftbläschen im Schokokuss mehr Platz und können sich leichter ausdehnen. Lässt du die Luft wieder herein, wird der Schokokuss wieder klein, weil das Glas wieder voller Luft ist und die Luftbläschen im Schokokuss keinen Platz mehr zum Ausdehnen haben.

Das Experiment kommt aus dem Schülerlabor „physik.begreifen“ des Deutschen Elektronen-Synchrotrons DESY in Zeuthen. Am 21. Mai 2014 feiert das Schülerlabor sein zehnjähriges Bestehen. Mit den Themen Luftdruck und Vakuum sowie Messung kosmischer Teilchen ist DESY sowohl in der Breiten- als auch Spitzenförderung aktiv. Mehr als 25.000 Jugendliche nutzen bereits die Chance, einen lebhaften Einblick in die Faszination der Physik zu bekommen und sich mit aktuellen wissenschaftlichen Fragestellungen zu beschäftigen. Ermöglicht hat dies vor zehn Jahren auch die Anschubfinanzierung aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft.

## Du brauchst:

- 1 leeres Glas mit Schraubdeckel (z.B. Gurken- oder Marmeladenglas)
- 1 stabilen Strohhalm
- etwas Knetmasse
- 1 Schokokuss

