HELMHOLTZ
PERSPEKTIVEN
DAS FORSCHUNGSMAGAZIN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT

Winter 2016/17

01

Schöne neue Wirklichkeit

Virtual Reality erschafft künstliche Welten. Die Technik erobert die Spielewelt gerade im Sturm. Sie dürfte auch die Wissenschaft revolutionieren.

UMDENKEN

Gendermedizin: Der kleine Unterschied

VERWANDELN

Wie Architektur beim Klimaschutz hilft

AUFBAUEN

XFEL: Der stärkste Röntgenlaser der Welt

ZITRONE TRIFFT GEWEIH

Als staunte sie über ihre um sie wimmelnden Artgenossen, steht die **Zitronen-Demoiselle** im Riff. Vielleicht hält sie auch inne, um die Hirschgeweih-Koralle zu bewundern?

Tropische Korallenriffe strotzen vor Leben. Obwohl diese Korallen nur ein Prozent des Ozeans bevölkern, lebt hier ein Viertel aller marinen Tier- und Pflanzenarten.

Unser Wissenschaftsbild stammt aus der Foto-Ausstellung **„Ozeanversauerung: Das andere Kohlendioxid-Problem“** des deutschen Forschungsverbunds BIOACID und wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2016*2017 – Meere und Ozeane gefördert.

Bild: Solvin Zankl/BIOACID

www

ONLINE

Mehr eindrucksvolle Bilder aus der Wissenschaft finden Sie hier:

→ www.helmholtz.de/wissenschaftsbild/

TITELTHEMA

08 **Virtual Reality**
Schöne neue Wirklichkeit

14 **Schluss mit Langeweile**
Das Potenzial von VR in der wissenschaftlichen Ausbildung

WISSENSCHAFTSBILD

02 **Zitrone trifft Geweih**

INFOGRAFIK

19 **Entdeckung neuer Elemente**
Wie das Periodensystem wächst

STANDPUNKTE

24 **Schwerpunkte für Universitäten?**
Zwei Blickwinkel: Wilhelm-Günther Vahrso und Bernhard Kempen

30 **Nur nicht nachlassen!**
Ein Kommentar von Otmar D. Wiestler über Rekorde in der Forschungsförderung

PORTRAIT

36 **Magdalena Scheck-Wenderoth**
Eine Geologin aus Potsdam

FORSCHUNG

07 **Helmholtz extrem**
Das sauberste Flugzeug der Welt

16 **Helmholtz kompakt**
Neues aus der Welt der Helmholtz-Gemeinschaft

19 **Podcast**
Die nächste Generation von Teilchenbeschleunigern

20 **Der kleine Unterschied**
Die Medizin entdeckt den Genderaspekt

26 **Stadt, Land, Fluss!**
Naturbasierte Lösungen

31 **Mythos**
Gene bestimmen das Leben

32 **Premiere für den Primus**
European XFEL nimmt Arbeit auf

35 **Nachgefragt**
Warum altern Solarzellen?

39 **„Physik mochte ich ja noch nie!“**
Eine Glosse von Henning Krause

40 **An den Ufern des Kharaa**
Mit Helmholtz JWD in der Mongolei

KLEINE FORSCHER

43 **Experiment: Raketenstart**
Mit Vitamin C ins All

IMPRESSUM

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

Herausgeber
Helmholtz-Gemeinschaft
Deutscher Forschungszentren e.V.

Büro Berlin, Kommunikation und Außenbeziehungen
Effrosyni Chelioti
Anna-Louisa-Karsch-Str. 2 · 10178 Berlin
Fon +49 30 206329-57 · Fax +49 30 206329-60

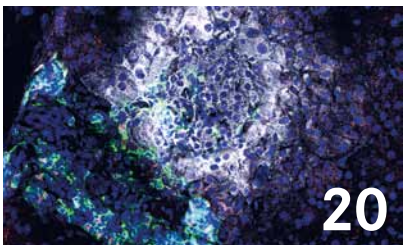
Artdirektion Stephanie Lochmüller
Layout Stephanie Lochmüller, Tanja Hildebrandt
Druck/Vertrieb ARNOLD group, Großbeeren

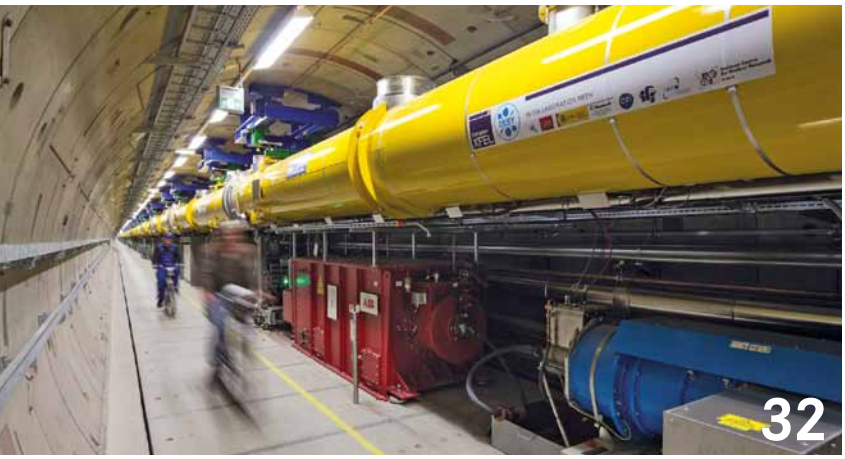
Redaktion
Kristine August, Saskia Blank, Michael Büker, Thomas Falkner, Frank Grotelüschen, Tanja Hildebrandt, Bernhard Kempen, Kilian Kirchgeßner, Mareike Knoke, Roland Koch, Henning Krause, Jochen Müller, Nicole Silbermann, Wilhelm-Günther Vahrson, Otmar D. Wiestler, Rebecca Winkels

Bildnachweise
Titel/Umschlag: GrandeDuc/shutterstock; S. 4–5: Peter Winandy/Forschungszentrum Jülich, Eugenio Marongiu/shutterstock, Gesine Born, André Künzelmann/UFZ, Helmholtz Zentrum München, European XFEL, Verena Mörath; S. 6: Tanja Hildebrandt; S. 14–15: André Künzelmann/UFZ; S. 19: Freepik; S. 20–21: graphicsdunia4u/Fotolia; S. 23: Tom Figiel; S. 24–25, 30: Jindrich Novotny; S. 31: maximmmmum/Fotolia, picsfive/Fotolia, namtipStudio/shutterstock; S. 32–34: European XFEL; S. 36 (Bild/Montage): Gesine Born; S. 39: Halfpoint/shutterstock; S. 41: Ohmega1982/shutterstock; S. 43: Tanja Hildebrandt

ISSN 2197-1579
Papier Circle Silk®

RECYCLED
Papier aus Recyclingmaterial
FSC® C009305





Liebe Leserinnen, liebe Leser,

auf die Perspektive kommt es an! Mit diesem Motto starten die Helmholtz Perspektiven in einem neuen Design und mit neuen Kategorien gemeinsam mit Ihnen ins neue Jahr. Tauchen Sie in eine virtuelle Welt ein, erfahren Sie mehr über die Forschung am leistungsstärksten Röntgenlaser der Welt und begeben Sie sich mit uns auf eine Reise in die Mongolei.

Der Lesestoff reicht Ihnen nicht? Wir haben eine Lösung. Halten Sie einfach Ihr Smartphone über den QR-Code unter dem Mythentext und lassen Sie sich im Video von einem Helmholtz-Forscher erklären, ob es stimmt, dass unsere Gene unser Leben bestimmen. Außer Ihnen liest in Ihrer Familie niemand mehr Print? Kein Problem, wenn Sie unseren Icons folgen, finden Sie viele Links zu spannenden Videos, aktuellen Online-Artikeln und Podcasts, die Sie mitnehmen in die Welt der Helmholtz-Forschung.

Viel Spaß beim Lesen, Anschauen und Hören!

Rebecca Winkels
Pressereferentin

→ Abonnement

Möchten Sie die Druckausgabe der Helmholtz Perspektiven **kostenlos** beziehen? Dann schreiben Sie eine Mail an: **perspektiven@helmholtz.de**

ENTDECKUNG NEUER ELEMENTE

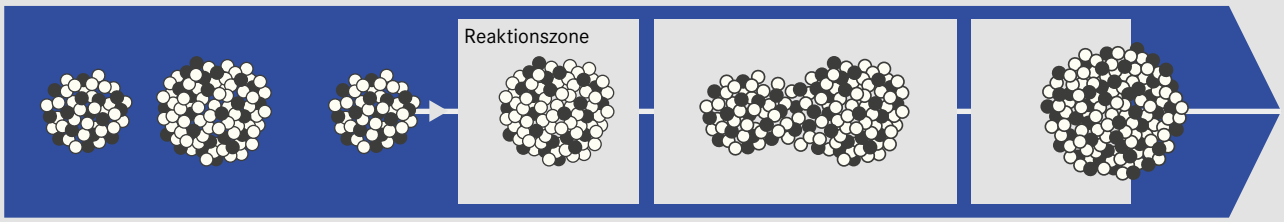
WAS SIND CHEMISCHE ELEMENTE?

Ein chemisches Element ist ein sogenannter Reinstoff, der nur aus sich selbst besteht und mit chemischen Methoden nicht in unterschiedliche Einzelkomponenten aufgespalten werden kann.

WIE ERZEUGT MAN NEUE ELEMENTE?

ERZEUGUNG

SEPARATION



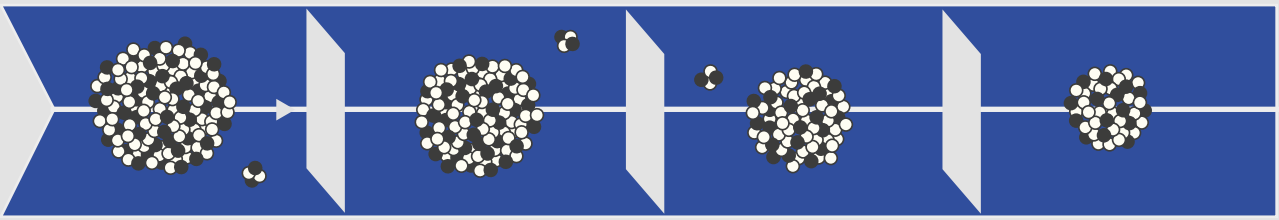
Um ein neues Element zu erzeugen, verwendet man Atomkerne zweier Elemente, die auf der Erde natürlicherweise vorkommen.

Ein elektrisch geladenes Atom wird auf 30.000 Kilometer pro Sekunde beschleunigt und trifft auf ein Atom des zweiten Elements.

Durch die hohe Geschwindigkeit verschmelzen sie zu einem neuen, viel größeren und schwereren Atomkern – ein neues Element ist entstanden.

Das neue Element fliegt aus der Reaktionszone und wird separiert.

NACHWEIS



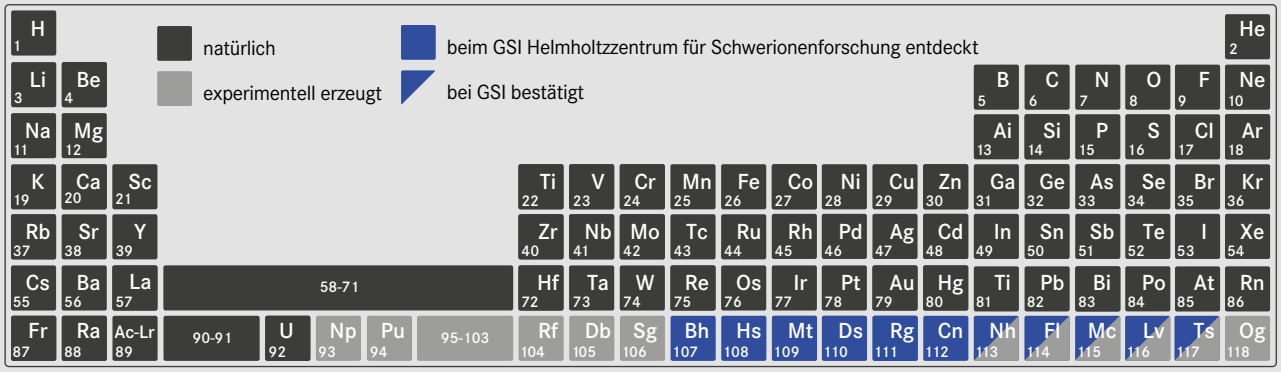
Das neue Element ist nicht stabil. Es zerfällt nach Bruchteilen von Sekunden in ein anderes, leichteres Element.

Dabei werden nacheinander mehrere Alpha-Teilchen ausgesendet.

Die Energie der Alpha-Teilchen wird mit Hilfe von Detektoren gemessen.

Aus den Alpha-Zerfällen und dem identifizierten Zerfallsprodukt kann man auf das neue Element zurückschließen und hat es so eindeutig nachgewiesen.

PERIODENSYSTEM



	Bh 107	Hs 108	Mt 109	Ds 110	Rg 111	Cn 112
Name:	Bohrium	Hassium	Meitnerium	Darmstadtium	Roentgenium	Copernicium
Gruppe:	Mangangruppe	Eisengruppe	Kobaltgruppe	Nickelgruppe	Kupfergruppe	Zinkgruppe
Datum der Entdeckung:	24.02.1981	14.03.1984	29.08.1982	9.11.1994	8.12.1994	9.02.1996
Offizielle Anerkennung:	Dezember 1997	Dezember 1997	Dezember 1997	August 2003	November 2004	Februar 2010

HELMHOLTZ **extrem**

Das sauberste Passagierflugzeug

Air Taxi Der Viersitzer HY4 fliegt mit Wasserstoff. Bild: Jean Marie Urlacher/DLR

Der kryptisch klingende Name des Passagierflugzeugs HY4 ist Programm: HY steht für das Hybridantriebssystem des Fliegers und die vier für die Anzahl der Passagiere, die mitfliegen können. Seit die HY4 am 29. September 2016 erstmals vom Flughafen Stuttgart aus startete, ist sie das weltweit erste viersitzige Passagierflugzeug, das allein mit einem Wasserstoffbrennstoffzellen-Batterie-System angetrieben wird.

Eine Brennstoffzelle wandelt die Energie des Treibstoffs Wasserstoff direkt in elektrische Energie um. Mit dem so gewonnenen Strom treibt der Elektromotor den Propeller des Flugzeugs an. Die an Bord mitgeführte Lithium-Ionen-Batterie liefert zusätzlichen Strom während der Startphase und bei Steigflügen. Da als einziges Abfallprodukt Wasser entsteht, fliegt die HY4 emissionsfrei.

„Unser System ist hoch effizient: Fast 50 Prozent der eingegebenen Energie kommt auch im Antriebssystem an. Bei Autos sprechen wir nur von 20 bis 30 Prozent“, sagt Josef Kallo, Koordinator Energiesystemintegration am Institut für Technische Thermodynamik am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und Leiter des Instituts für Energiewandlung und -speicherung an der Universität Ulm. Die HY4 kann bis zu 200 Stundenkilometer schnell fliegen und je nach Geschwindigkeit und Beladung zwischen 750 und 1.500 Kilometer zurücklegen.

„Langfristig ist es unser Ziel, diese kleinen Flugzeuge mit emissionsfreien Fahrzeugen zu verbinden“, sagt Andre Thess, Leiter des Instituts für Technische Thermodynamik am DLR. HY4 könnte beispielsweise als Air Taxi zum Einsatz kommen, um kleinere Flughäfen miteinander zu verbinden.

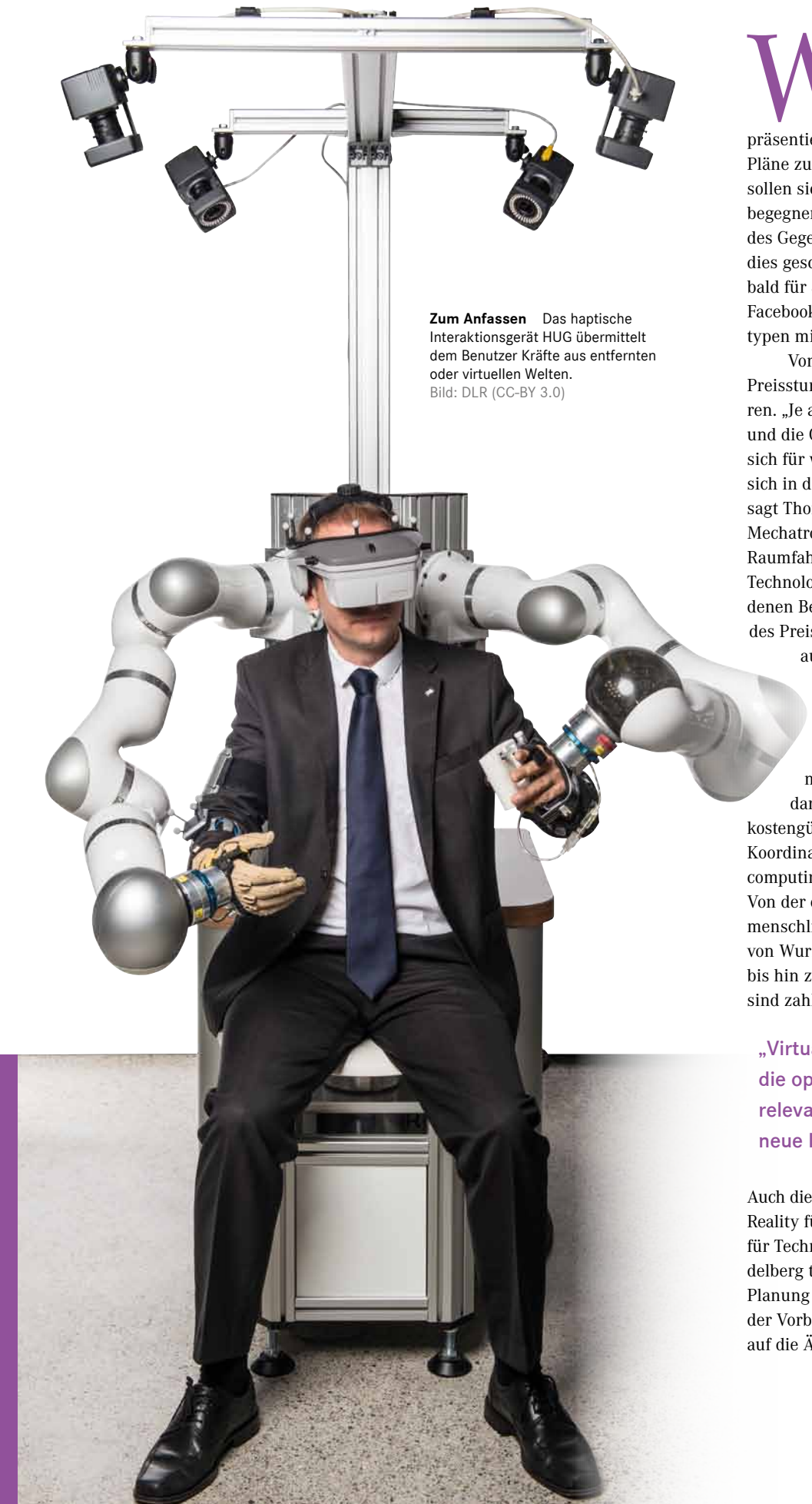
Erfolgt die Anfahrt zum Flughafen dann mit einem Elektroauto auf der Basis von Ökostrom, so ist zudem die ursprünglich umweltschädliche Anfahrt emissionsfrei. Mit dem Air Taxi ließen sich überdies längere Zubringerstrecken wie Stuttgart–Friedrichshafen statt in zweieinhalb Stunden in etwa einer halben Stunde zurücklegen – und das ebenfalls emissionsfrei. ◆

Rebecca Winkels

SCHÖNE NEUE WIRKLICHKEIT

Virtual Reality boomt – und die dreidimensionale Visualisierung der Welt ist viel mehr als ein Spielzeug. Sie könnte die Wissenschaft revolutionieren.

Hirn-Forscher Wissenschaftler der VR-Gruppe im Rechenzentrum der RWTH Aachen University modellieren und visualisieren mit Hilfe der CAVE neuronale Netzwerke des Gehirns.
Bild: Peter Winandy/Forschungszentrum Jülich



Zum Anfassen Das haptische Interaktionsgerät HUG übermittelt dem Benutzer Kräfte aus entfernten oder virtuellen Welten.
Bild: DLR (CC-BY 3.0)

Wenn Facebook-Gründer Mark Zuckerberg von der Zukunft spricht, dann redet er vor allem über Virtual Reality, kurz VR. Erst im Oktober präsentierte er auf einer Technikmesse seine Pläne zur Nutzung von Virtual Reality: Künftig sollen sich Facebook-Nutzer in virtuellen Räumen begegnen, sich unterhalten und sogar die Gefühle des Gegenübers wahrnehmen können. Und all dies geschieht über ein kabelloses Headset, das bald für 300 bis 400 Euro zu kaufen sein soll. Die Facebook-Tochter Oculus testet bereits den Prototypen mit der Bezeichnung „Santa Cruz“.

Vom aktuellen Boom und dem erhofften Preissturz könnte auch die Wissenschaft profitieren. „Je ausgereifter und günstiger die Software und die Geräte sind, desto einfacher lassen sie sich für wissenschaftliche Zwecke verwenden, sich in den wissenschaftlichen Alltag integrieren“, sagt Thomas Hulin vom Institut für Robotik und Mechatronik am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Mit seinen Kollegen nutzt er die Technologie bereits seit zwölf Jahren in verschiedenen Bereichen der Weltraumforschung. Dank des Preissturzes kommt Virtual Reality nun aber auch vermehrt in wissenschaftlichen Fachgebieten auf der Erde zum Einsatz. „Virtual Reality kann überall dort hilfreich sein, wo große Datenmengen visualisiert und leichter greifbar gemacht werden müssen. Es geht fast immer darum, etwas anschaulicher, effizienter oder kostengünstiger zu machen“, sagt Herwig Zilken, Koordinator der Visualisierungsgruppe am Supercomputing Centre des Forschungszentrums Jülich. Von der dreidimensionalen Visualisierung des menschlichen Gehirns über die Erforschung von Wurzel-Boden-Interaktionen in der Biologie bis hin zur Analyse von Fußgängerströmen sind zahlreiche Einsatzmöglichkeiten denkbar.

„Virtual Reality ermöglicht hier die optimale Darstellung der relevanten Informationen sowie neue Interaktionsmöglichkeiten.“

Auch die Medizin hat das Potenzial von Virtual Reality für sich entdeckt. Das Karlsruher Insti-tut für Technologie (KIT) und die Universität Heidelberg testen beispielsweise gerade, wie VR die Planung von Operationen erleichtern könnte. „Bei der Vorbereitung strömt eine riesige Datenmenge auf die Ärzte ein. Unser Ziel ist es, sie künftig

intelligenter darzustellen und die Ärzte so bei der Selektion der richtigen Daten und der Vorbereitung der Operation zu unterstützen“, sagt KIT-Forscherin Stefanie Speidel.

„Es geht allerdings immer darum, den Arzt bei seiner Arbeit zu unterstützen und nicht darum, ihn zu ersetzen. Ganz ohne ihn wird und soll es auch künftig nicht gehen.“

In einem virtuellen Raum werden die Daten und Bilder kombiniert und lassen sich dreidimensional abrufen, beispielsweise für die Operationsplanung. Setzt ein Arzt eine spezielle Brille auf, bekommt er genau die Informationen, die er für die Operation benötigt. Er sieht eine dreidimensionale Projektion des zu behandelnden Organs oder Gewebes, die er beliebig drehen und wenden kann. Zusätzlich sieht er die wichtigsten Informationen darüber, wie groß etwa ein Tumor an einer bestimmten Stelle ist oder was er sonst in diesem Bereich beachten muss. Ein weiteres Beispiel sind Tumorboards, bei der Experten aus unterschiedlichen Bereichen die optimale Therapie für einen Patienten festlegen. Virtual Reality ermöglicht hier die optimale Darstellung der relevanten Informationen sowie neue Interaktionsmöglichkeiten. Auch Experten aus anderen Städten oder selbst von anderen Kontinenten lassen sich durch die VR-Brillen besser einbinden, denn den virtuellen Datenraum kann man von überall auf der Welt betreten. Bisher ist das Feedback der Ärzte auf die Tests durchweg positiv.

Auch in der Psychotherapie, bei der Rehabilitation nach Operationen oder Schlaganfällen, bei der Ausbildung von Medizinstudenten (s. Seite 14) und als Unterstützung bei kleineren Operationen sehen Experten großes Potenzial für die VR-Techniken. „Es geht allerdings immer darum, den Arzt bei seiner Arbeit zu unterstützen und nicht darum, ihn zu ersetzen. Ganz ohne ihn wird und soll es auch künftig nicht gehen“, sagt Speidel.

Die Vereinfachung komplexer Abläufe und die Visualisierung von Daten liegt auch Andreas Richter am Herzen, dem Leiter des Projekts „Virtuelle Welt“ des Instituts für Verkehrssystemtechnik am Braunschweiger Standort des DLR. Braunschweig spielt in seiner Arbeit dabei eine besondere Rolle: Richter hat die Stadt virtuell neu erschaffen, um sie für möglichst realitätsnahe Tests für automatisiertes Fahren einzusetzen. →

Besser mit Brille Bei Operationen kann Virtual Reality den Ärtzen helfen, indem sie genaue Daten und Projektionen zum Eingriff liefert. Bild: vectorfusionart/shutterstock

LEXIKON

VIRTUELLE REALITÄT, VIRTUAL REALITY, VR

Im „Oxford English Dictionary“ wurde der Begriff Virtual Reality (VR), im Deutschen auch virtuelle Realität, 1987 erstmals beschrieben. Laut der Definition versteht man darunter eine computergenerierte Simulation eines dreidimensionalen Bildes oder einer dreidimensionalen Umgebung, mit der Personen auf scheinbar reale oder physische Weise interagieren können, indem sie Spezialequipment wie mit Bildschirmen versehene Helme oder Handschuhe mit Sensoren nutzen. Als einer der Pioniere der virtuellen Realität gilt Jaron Lanier. Der Amerikaner leitete von 1984 bis 1990 das Unternehmen VPL Research, das sich mit der Entwicklung von Virtual Reality-Anwendungen beschäftigte. Seit den 1990er Jahren findet man Virtual Reality-Technologien zunehmend in vielen verschiedenen Anwendungsbereichen etwa bei Flugsimulatoren, Spielsystemen, in der Medizin, aber auch in der Biochemie, der Robotik oder bei der Visualisierung von Datenbanken.

Virtuelle Analyse In der Medizin kann man Organe dank VR dreidimensional darstellen und die Bilder mit zusätzlichen Informationen anreichern. Bild: Forschungszentrum Jülich

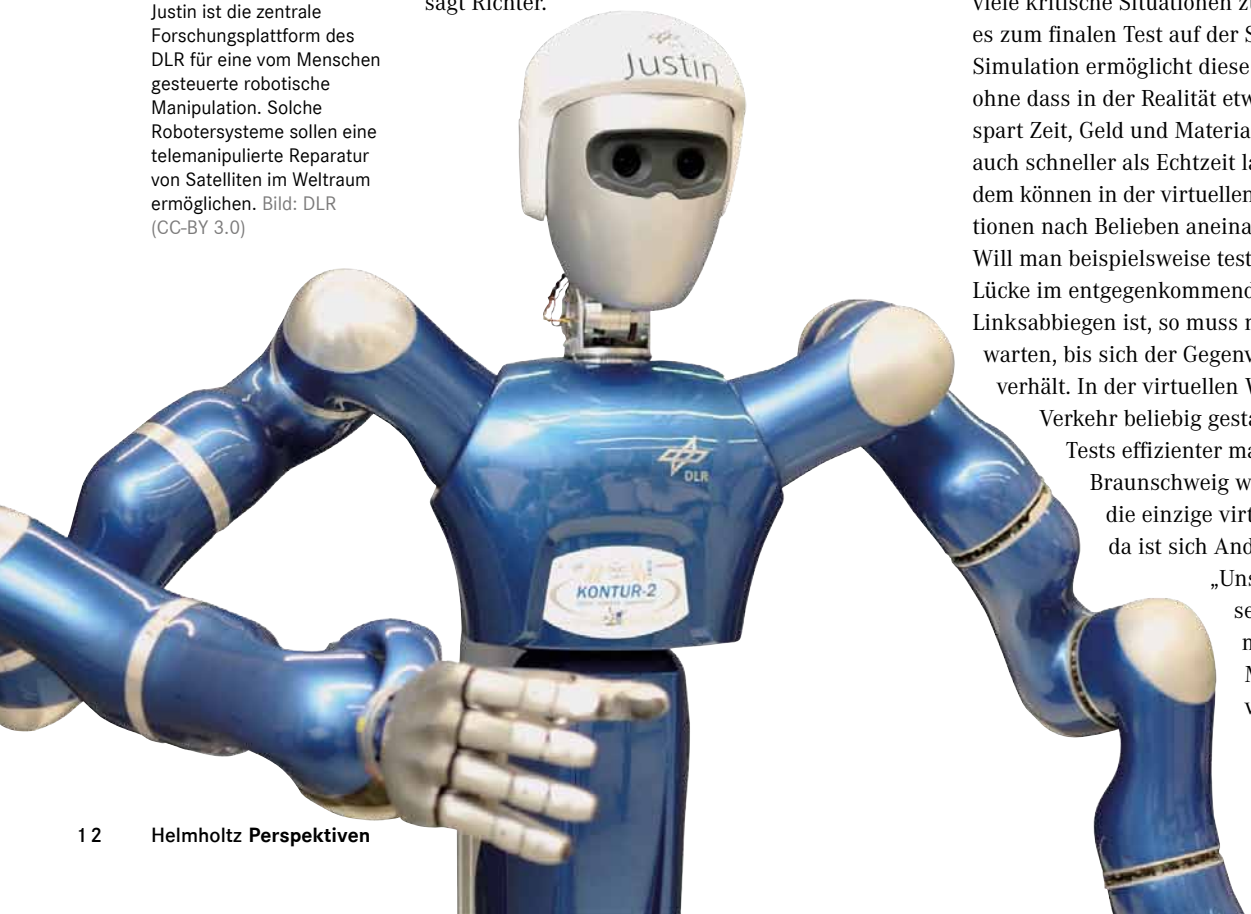
Dazu setzen sich die Tester in einen Fahrsimulator, der von einer kleinen Sitzkiste mit Monitor bis hin zum großen Bewegungssimulator mit Rundumprojektion und realem Fahrzeug reichen kann. Darin sehen sie eine generierte, dreidimensionale Welt, durch die sie sich bewegen. Was anmutet wie ein Computerspiel, ist in Wirklichkeit aber eine viel realistischere Projektion der Welt. „Wir haben quasi alles genutzt, was wir kriegen konnten: Informationen von Infrastrukturbetreibern, Luftbilder, digitale Stadtmodelle und Kataster sowie Vermessungs- und Navigationsdaten. Das alles wurde dann kombiniert. Wo Daten fehlten, haben wir sie dann auch noch selbst erhoben“, sagt Richter.

„Deshalb wollen wir die virtuelle Welt dazu nutzen, möglichst viele kritische Situationen zu simulieren, bevor es zum Test auf der Straße kommt.“

Ein riesiger Aufwand, der aber trotzdem ökonomisch sinnvoll ist. Früher reichte es aus, ein paar Prototypen auf ausgedehnte Testfahrten zu schicken. „Heute müssen wir wegen der komplexeren Technik und Funktionen viel mehr testen, bevor wir ein Fahrzeug wirklich sicher auf die Reise schicken können“, sagt Richter. „Deshalb wollen wir die virtuelle Welt dazu nutzen, möglichst viele kritische Situationen zu simulieren, bevor es zum finalen Test auf der Straße kommt.“ Die Simulation ermöglicht diese Versuchsfahrten, ohne dass in der Realität etwas kaputt geht. Das spart Zeit, Geld und Material, weil Simulationen auch schneller als Echtzeit laufen können. Außerdem können in der virtuellen Welt bestimmte Situationen nach Belieben aneinandergereiht werden. Will man beispielsweise testen, wie groß die ideale Lücke im entgegenkommenden Verkehr beim Linksabbiegen ist, so muss man in der Realität warten, bis sich der Gegenverkehr entsprechend verhält. In der virtuellen Welt kann man den Verkehr beliebig gestalten und dadurch die Tests effizienter machen.

Braunschweig wird langfristig nicht die einzige virtuelle Stadt bleiben, da ist sich Andreas Richter sicher: „Unser Ansatz ist universell. Im Prinzip kann mit Hilfe unserer Methode jede Stadt virtuell abgebildet

Humanoider Roboter Justin ist die zentrale Forschungsplattform des DLR für eine vom Menschen gesteuerte robotische Manipulation. Solche Robotersysteme sollen eine telemanipulierte Reparatur von Satelliten im Weltraum ermöglichen. Bild: DLR (CC-BY 3.0)



Ein Bild von einer Stadt Mit der virtuellen Welt sollen Fahrzeuge günstiger und schneller getestet werden. Bild: Marek Kruszewski/DLR

werden, wenn gleichartige Daten vorhanden sind.“ Auch für die Entwicklung unbemannter Flugobjekte in städtischen Umgebungen und zur integrierten Stadtplanung sieht Richter Potenzial in der von ihm und seinen Kollegen entwickelten virtuellen Welt.

Während Speidel bei ihrer Forschung voll auf die visuelle Komponente der virtuellen Welten setzt, gehen die DLR-Forscher Andreas Richter und Thomas Hulin sogar noch einen Schritt weiter. Zum virtuellen Sehsinn kommen nun noch Krafteinwirkungen und Klang hinzu. Hulin forscht dabei im Bereich der Weltraumforschung. Begonnen hatte die Forschung an sogenanntem haptischen Feedback am DLR in der Telerobotik, mit dessen Hilfe sich Roboter von einem sicheren Ort aus steuern lassen. Damit ließen sich Wartungsarbeiten an Satelliten, Förderanlagen auf hoher See oder Kernkraftwerken erledigen, ohne Menschen zu gefährden. „Allerdings reicht es oft nicht aus, zu sehen, was man da gerade tut, man braucht auch ein haptisches Feedback, um sensible Tätigkeiten durchzuführen“, sagt Hulin. „Wir ergänzen die visuelle Darstellung deshalb um eine haptische Komponente.“

Einer der Roboter, die das DLR zu diesem Zweck gebaut hat, trägt den Namen HUG („Umarmung“). Er deckt nicht nur den Arbeitsraum menschlicher Arme fast komplett ab, sondern stellt zudem die Kräfte dar, die in der entfernten Welt wirken. „Durch dieses haptische Feedback kann der Mensch intuitiv die Kräfte eines entfernten Robotersystems fühlen und steuern. Das wäre mit visueller Information allein nicht möglich“, sagt Hulin. Relevant wird dieses haptische Feedback vor allem dann, wenn es um Reparaturen an fragilen Geräten geht, etwa an Satelliten. So merkt man beispielsweise sofort, wie fest man eine Schraube anziehen muss. Eine Entscheidung, die nur mit dem Augenmaß schwer zu treffen wäre. „Bisher ist das allerdings nur auf der Erde oder im Erdorbit möglich. Die Telemanipulation von weit entfernten Robotern auf dem Mond oder auf anderen Planeten ist noch Zukunftsmusik, weil die Datenübertragung zu lange dauern würde. Innerhalb der nächsten fünf bis zehn Jahre könnten wir hier entscheidende Fortschritte erzielen, indem wir Methoden der virtuellen Realität mit der Telemanipulation verbinden“, sagt Hulin.

In anderen Bereichen ist das haptische Feedback aus der virtuellen Realität schon heute gut einsetzbar: „Beim Training von Astronauten und Mechanikern für den Einsatz im Weltall und in verschiedensten terrestrischen Anwendungsfeldern eignen sich unsere Systeme gut“, sagt Hulin. VibroTac, ein Armband, das mittels Vibration unterschiedlichste Informationen übermittelt, ist ein weiteres Beispiel eines haptischen Geräts des DLR. Es kann blinde oder taube Menschen bei der Orientierung unterstützen. Die Vibration kann hier zum Beispiel vor Stufen oder Martinshörnern warnen. Einzig der Preis verhindert bisher einen breiteren Einsatz der Geräte, denn im Gegensatz zu den VR-Brillen sind die haptischen Geräte noch sehr teuer. Hulin erwartet allerdings auch in diesem Bereich demnächst einen Preissturz, da vor allem die Spieleindustrie das haptische Feedback für sich entdeckt hat. ◆

Rebecca Winkels

VIDEO

Mehr über die **dreidimensionale Abbildung von Städten** sehen Sie in diesem Video:

→ www.youtube.com/watch?v=lR_btgCu5U8/

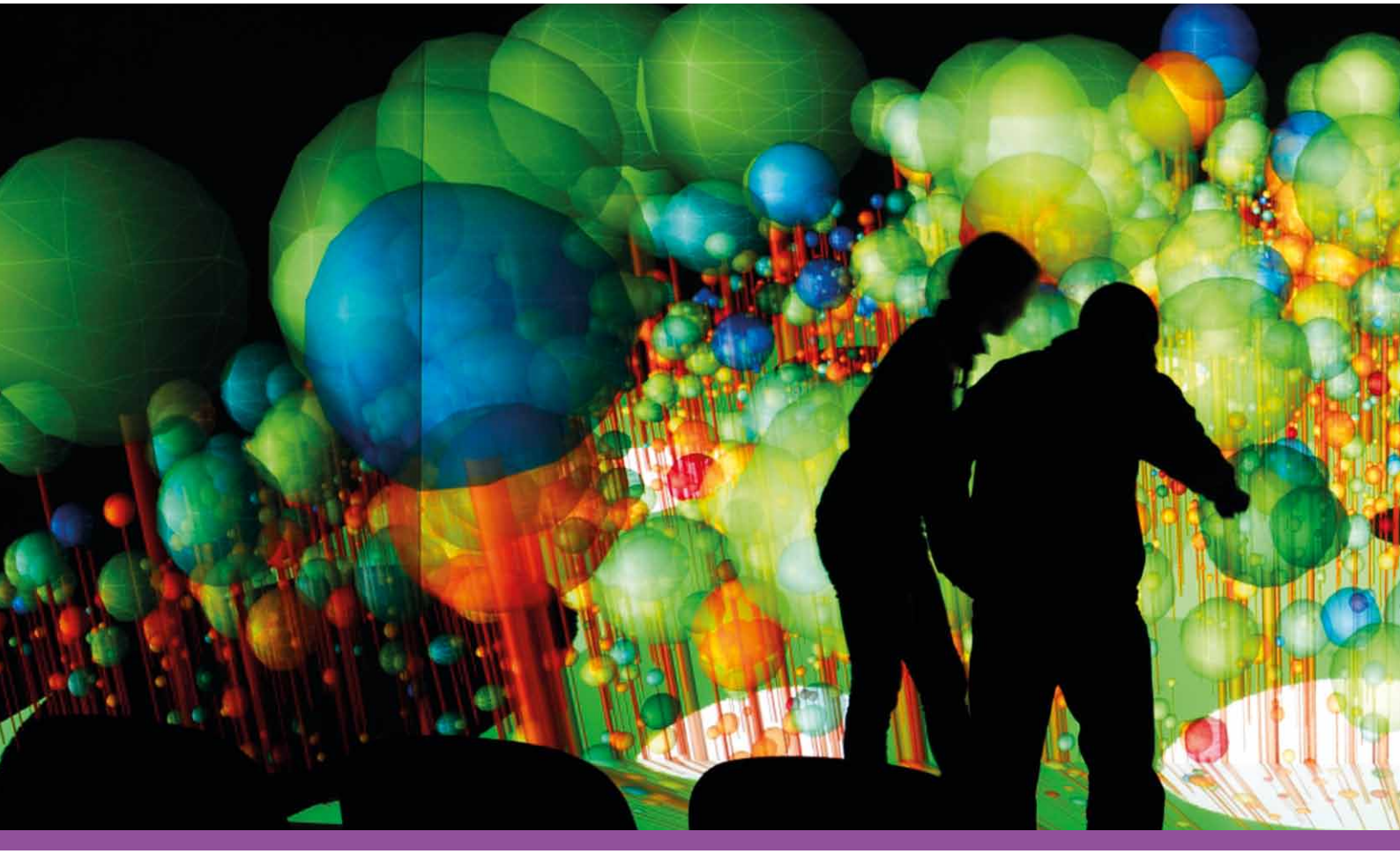
VibroTac Das Armband übermittelt durch Vibrationen Abstands- und Richtungsinformationen an den Menschen. Bild: DLR (CC-BY 3.0)

Tauchgang in die DNA

Ein wenig idealistisch klingt es, was das dänische Unternehmen Labster als Ziel verkündet: „Die nächsten Generationen von Wissenschaftlern dazu befähigen, die Welt zu verändern.“ Dabei geht es vor allem um eins: Schluss mit Langeweile in der Lehre!

Um das zu schaffen, setzt Labster auf virtuelle Labore. In ihnen sollen Schüler und Studenten möglichst anschaulich wissenschaftliche Inhalte lernen – aus ganz unterschiedlichen Fachbereichen. „Wir arbeiten dabei mit Universitäten zusammen und versuchen, Labore zu entwickeln, die in der Lehre wirklich gebraucht werden“, sagt Mads Tvillinggaard Bonde, Chef von Labster. Zu den Nutzern gehören mit der Harvard University, dem MIT und dem Imperial College London einige der renommiertesten Bildungseinrichtungen der Welt.

Anbieter wie Labster stehen an der Spitze einer Bewegung, die es sich zum Ziel gesetzt hat, die Lehre umzukrempeln. Weltweit hält ihre Software, die aus dem Bereich der virtuellen Realität stammt, Einzug in Klassenräume und Hörsäle. Noch funktionieren die Labore meistens über einen normalen Computer, aber es gibt auch erste Anwendungen mit VR-Brillen. Hier können die Schüler und Studierenden eintauchen in die Struktur von DNA-Strängen, sie können in einem täuschend echt aussehenden Chemielabor aufwendige Experimente simulieren und als Forensiker den Tatort eines Verbrechens untersuchen. Zusätzlich drehen sich spielerische Elemente wie Frage-Antwort-Spiele und kleine Rätsel um das ausgewählte The-



ma. Das Modell hat Erfolg. Einer Studie der Zeitschrift *Nature Biotechnology* zufolge verbessert die Nutzung von Labster-Simulationen den Lernerfolg von Schülern und Studierenden um 76 Prozent im Vergleich zu traditionellen Lehrmethoden. Noch größer ist der Erfolg, wenn Labster mit traditionellen Methoden kombiniert wird. „In der naturwissenschaftlichen Ausbildung haben sowohl der Einsatz virtueller Labore als auch die Integration von Elementen aus der Spielebranche ein großes Potenzial. Beide Konzepte miteinander zu verbinden, kann helfen, Studierenden und Schülern nicht nur Wissen zu vermitteln, sondern auch den Spaß und die Faszination an der Forschung“, sagt Bonde.

Auch die Medizin hat diese Ansätze längst für sich entdeckt, die im Fachjargon Gamification heißen: „Wir versuchen, die Technik in der Ausbildung von Medizinstudenten zu nutzen. Vor allem im Bereich der minimalinvasiven Therapie ist das Potenzial groß“, sagt Stefanie Speidel vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Bei diesen Operationen wird nur ein kleiner Schnitt gemacht, die Haut des Patienten also minimal verletzt, und ansonsten mit Hilfe von Kameras und langen Geräten unter Videosicht operiert. Bisher funktioniert das Training in diesem Bereich an einem Phantomkörper: Ein Experte beobachtet die Handlungen des Studenten und gibt Verbesserungshinweise. Speidel und ihre Kollegen ersetzen das Phantom durch sensor-gestütztes Training in einer erweiterten beziehungsweise virtuellen Realität. Dadurch erhält der Student während seiner Aktionen direktes Feedback zu seiner Arbeit. „So wird zum einen die Bewertung objektiver, und der Student erhält mehr exakte Informationen über die Dinge, die er verbessern muss“, sagt Speidel.

Aber auch fertig ausgebildeten Ärzten könnten durch virtuelle Räume neue Trainingsmöglichkeiten geboten werden. Ein Beispiel: die Abläufe im Notfallraum von Krankenhäusern. In diesem sogenannten Schockraum müssen Experten in kürzester Zeit schwerwiegende Entscheidungen treffen und die richtigen Maßnahmen einleiten. In der Realität lässt sich das nur schwer trainieren. In virtuellen Räumen hingegen lassen sich alle möglichen Szenarien durchspielen.

Virtuelle Räume und Spielsimulationen könnten so vielleicht künftig nicht nur dabei helfen, Menschen für Wissenschaft zu begeistern und ihnen das Lernen zu erleichtern – sondern auch dabei, Menschenleben zu retten. ◆

→ HELMHOLTZ **kompakt**

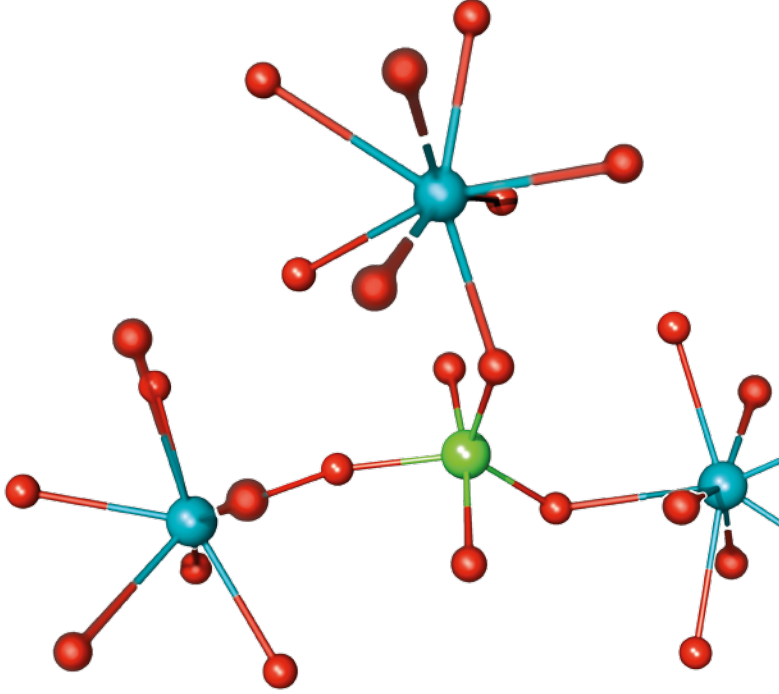
Farbenlehre Die blaue Vogelspinne inspirierte Forscher zur Herstellung nicht irisierender struktureller Farben. Bild: Dr Morley Read/shutterstock

Vogelspinne inspiriert Forscher

Je nachdem von welchem Blickwinkel man auf eine Seifenblase schaut, nimmt man eine andere Farbe wahr. Dieses optische Phänomen wird Irisieren genannt und ist zwar schön anzusehen, aber für viele industrielle Anwendungen unbrauchbar. Inspirationen holten sich Wissenschaftler nun vom Vorbild der Natur: Die Vogelspinne (Poecilotheria metallica) erscheint aus jeder Perspektive metallisch blau. Auf ihren winzigen Haaren sitzen regelmäßige Nanostrukturen. Sie sind in einem mehrschichtigen blumenähnlichen Muster angeordnet, durch das sich Lichtwellen bei der Reflexion überlagern, sodass es nicht zum Irisieren kommt. Wissenschaftlern unter Beteiligung des **Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)** ist es nun mittels Nano-3D-Drucker gelungen, eine Struktur herzustellen, die sich am Blumenmuster der Vogelspinne orientiert und die über einen Blickwinkel von 160 Grad die gleiche Farbe erzeugt. Über die Größe der „Blumen“ kann sogar die resultierende Farbe eingestellt werden, was das Verfahren auch für die Industrie interessant macht. „Dies ist ein wichtiger Schritt hin zu einer Zukunft, in der strukturelle Farben die giftigen Pigmente in der Textil-, Verpackungs- und Kosmetikindustrie ersetzen“, sagt Radwanul Hasan Siddique vom Institut für Mikrostrukturtechnik am KIT, der inzwischen am California Institute of Technology arbeitet.

Forscher entdecken neue Phosphor-Verbindung

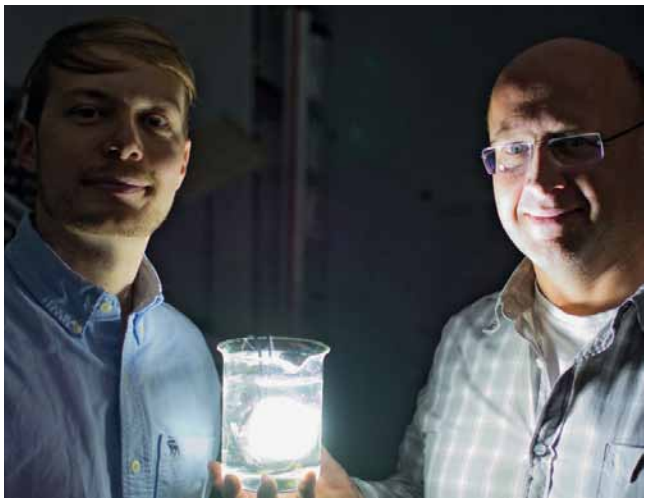
Wissenschaftler haben in Hochdruckexperimenten beim **Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY** und der **European Synchrotron Radiation Facility ESRF** eine Phosphor-Verbindung entdeckt, in der ein zentrales Phosphoratom an fünf umgebende Sauerstoffatome gebunden ist (PO_5). Diese sehr seltene Konfiguration ist damit zum ersten Mal in einer anorganischen Phosphat-Verbindung nachgewiesen worden. Solche Strukturen weisen oft eine hohe Dichte, Härte und geringe Kompressibilität. Deshalb sind sie für viele Anwendungen im Ingenieurbereich interessant.



Ein Teil der Kristallstruktur von Titanorthophosphat-V (re.)
Das zentrale Phosphoratom (grün) ist an fünf Sauerstoffatome (rot) gebunden, Titanatome sind blau dargestellt. Bild: Elena Bykova/Universität Bayreuth

Ausgezeichnetes Licht in der Tiefsee

Zwei Mitarbeiter des **GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel** haben beim Ideenwettbewerb Schleswig-Holstein der Wirtschaftsförderung und Technologietransfer Schleswig-Holstein GmbH (WTSH) und der Fachhochschule Kiel den ersten Platz erreicht. Die Jury zeichnete ihre Entwicklung von speziellen LED-Leuchten für Unterwassergeräte aus, die sich schon bei zahlreichen wissenschaftlichen Tiefseeeinsätzen bewährt haben. Das neue Lichtsystem ist nicht nur leicht und druckfest, sondern auch korrosionsbeständig und kostengünstig. Gleichzeitig ist es sehr leistungsstark. Grundlage der Entwicklung war der Wunsch mehrerer Arbeitsgruppen am GEOMAR, größere Bereiche des Meeresbodens auch optisch zu erfassen.



Lichtblick für die Tiefsee Tom Kwasnitschka (li.) und Jan Sticklus haben den 1. Preis beim achten Ideenwettbewerb Schleswig-Holstein gewonnen.
Bild: Jan Steffen/GEOMAR

Blick ins Innerste schwerer Atome

Nobelium ist eines der schwersten bekannten Elemente. Es kommt in der Natur nicht vor und lässt sich nur künstlich und in geringen Mengen erzeugen. Daher sind seine Eigenschaften und die innere Struktur weitestgehend unbekannt. Nun ist es Wissenschaftlern erstmals gelungen, einen Blick in den inneren Aufbau der Atome des Nobeliums zu werfen. Erzeugt wurden sie an der **GSI**-Beschleunigeranlage. Mittels Laserspektroskopie konnten die Forscher einzelne Atome des Elements untersuchen und verschiedene atomare Anregungszustände nachweisen. Die Ergebnisse liefern die Basis für weitergehende theoretische Arbeiten und zukünftige Experimente zur Messung atomarer und nuklearer Eigenschaften instabiler Atomkerne im Bereich der superschweren Elemente.

Untersuchung eines Nobelium-Atoms mittels Laserstrahlung (o.)
Das Element mit der Ordnungszahl 102 im Periodensystem der Elemente ist nun das schwerste Element, das optischer Spektroskopie unterzogen wurde. Bild: M. Laatiaoui, GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung/HIM

Ozeanworkshop für Jugendliche auf Helgoland

Jugendliche ab 16 Jahren sind ab sofort aufgerufen, sich für den zweiwöchigen Ozeanworkshop „Mehr Meer 2017“ zu bewerben, der vom 3. bis 16. September 2017 auf Helgoland stattfindet. Er wird organisiert von den Schülerlaboren und Schulprogrammen des **GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel**, der Biologischen Anstalt Helgoland des **Alfred-Wegener-Instituts Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI)** und des **Helmholtz-Zentrums Geesthacht.** Der Workshop ist Teil des Wissenschaftsjahres 2016*17 – Meere und Ozeane. Weitere Informationen und Unterlagen zur Bewerbung auf www.helmholtz.de/mehrmeer2017/.

Effizientes CRISPR-Cas9-Schneidesystem

Mit der Entdeckung des CRISPR-Cas9-Systems wurde für viele Molekularbiologen ein Traum wahr: Endlich kann man DNA gezielt, einfach und schnell schneiden und so Gene ausschalten, modifizieren oder neu einsetzen. Dazu ist lediglich eine RNA-Sequenz aus dem Erbgut nötig, die die Genschere Cas9-Protein an die zu schneidende Stelle auf der DNA führt. Bisher mussten Forscher diesen RNA-Schnipsel selbst entwerfen. Da die meisten Gene jedoch über hunderte solcher Sequenzen verfügen, war die Suche nach der passenden Sequenz kaum zu bewältigen. Das neue Programm „CrispRGold“, das Wissenschaftler aus der Gruppe von Klaus Rajewsky vom **Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC)** in der Helmholtz-Gemeinschaft entwickelt haben, soll die Arbeit nun wesentlich erleichtern. Das Programm sucht in einer vorgegebenen DNA-Zielsequenz die geeignetste Stelle für den Schnitt und schlägt eine RNA-Sequenz vor, die im Erbgut einzigartig ist und somit das Cas9-Protein nur an die gewünschte Stelle führt. Das Team hat außerdem ein neues Mausmodell entwickelt, das das Cas9-Protein bereits in sich trägt. Wird es mit den verlässlichen RNA-Sequenzen kombiniert, lassen sich Gene in primären Zellen sehr effizient ausschalten. Auf diese Weise konnten die Forscher neue Gene in der Regulation von Immunzellen entdecken. ◆

Saskia Blank

Testen Sie jetzt den Tagesspiegel – das Forum der Wissenschaften!

Wer wissen will, was in Wissenschaft und Forschung los ist, kommt am Tagesspiegel nicht vorbei. Überzeugen Sie sich selbst und lesen Sie jetzt 14 Tage kostenlos den Tagesspiegel.

Jeden Werktag mit einer eigenen Seite „Wissen & Forschen“ – die wichtigsten Erkenntnisse der Forschung, Portraits interessanter Wissenschaftler und Berichte von den wichtigsten Kongressen in Berlin.

www.tagesspiegel.de/kostenlos · Telefon (030) 290 21-555

Resonator
der Forschungspodcast der
Helmholtz-Gemeinschaft

Erst lesen, **dann hören**

Am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf wird an der nächsten Generation von Teilchenbeschleunigern geforscht. Wozu das gut ist, lesen Sie hier. Mehr Wissenschaft auf die Ohren gibt es in **Folge 93 des Resonator-Podcasts.**

Dass Dresden malerisch an der Elbe liegt, ist bekannt – doch was die zweite ELBE im Stadtteil Rossendorf ist, erfährt man in keinem Reiseführer. Gemeint ist die Teilchenbeschleuniger-Anlage am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR), deren Name für „Elektronen-Linearbeschleuniger mit hoher Brillanz und geringer Emittanz“ steht.

Das Wortspiel mit der ELBE an der Elbe ist „typisch Physiker“, meint Ulrich Schramm, der Leiter des Instituts für Strahlenphysik am HZDR. „Wir wollen dem, womit wir täglich spielen, auch einen netten Namen geben.“ Neben ELBE benutzen Schramm und seine Kollegen für ihre Forschung auch die neuartigen Hochleistungslaser Draco und PEnELOPE – natürlich ebenfalls Wortspiele. Mit diesen Laseranlagen hoffen die Forscher, eines Tages die etliche meter- und kilometerlangen Anlagen von Teilchenbeschleunigen durch einen Aufbau zu ersetzen, „den man praktisch in jedes Haus bauen kann – zum Beispiel in ein Krankenhaus“, sagt Ulrich Schramm in Folge 93 des Resonator-Podcasts. Strahlen von beschleunigten Teilchen werden schon heute zur Behandlung von Tumoren benutzt. Doch die größe der Geräte, die dafür benötigt werden, sind bislang ein Hindernis.

Um die Laserpulse zu erzeugen, müssen unterschiedliche Techniken kombiniert werden, sagt Schramm: „Mit Draco laden wir elektrische Kondensatoren zunächst eine Weile aus der Steckdose auf und entladen sie dann in eine Blitzlampe. Deren Licht treibt wiederum einen Laser an, der dann in einen weiteren Laser strahlt. So verkürzen wir Schritt für Schritt den Energiepuls.“

Neben den medizinischen Anwendungen ist die Arbeit der Wissenschaftler in Dresden auch wertvolle Grundlagenforschung für die Beschleuniger- und Laserphysik. Welche Perspektiven sich hier eröffnen, erklärt Ulrich Schramm in dem etwa eineinhalbstündigen Gespräch mit Moderator Holger Klein. Wissenschaft auf die Ohren zum Thema Strahlenphysik, Grundlagenforschung und Krebstherapie: Probieren Sie es doch einmal aus!

Michael Büker

AUDIO

Mehr Wissenschaft auf die Ohren gibt es hier:

→ www.helmholtz.de/resonator/

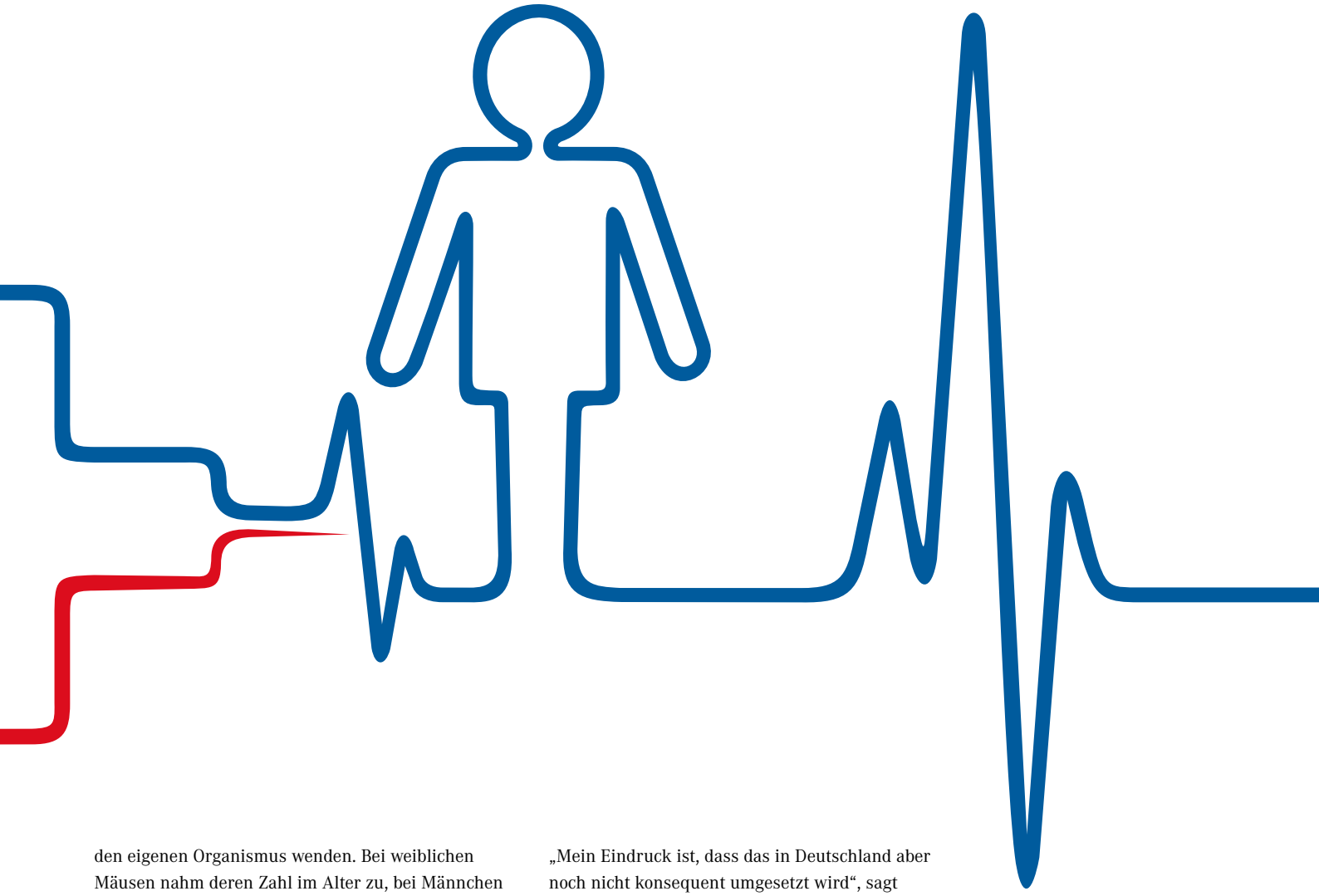
Der kleine Unterschied

In der Medizin rücken die Verschiedenheiten von Mann und Frau immer stärker in den Fokus. Denn viele Krankheiten haben je nach Geschlecht der Patienten unterschiedliche Ausprägungen.

Auf die Unterschiede zwischen Mann und Frau allzu deutlich hinzuweisen, ist heikel. Das bekam das Londoner Science Museum zu spüren, als es Ausstellungsbesucher aufforderte, zu testen, ob sie ein blaues (männliches) oder rosa (weibliches) Gehirn haben. Neurowissenschaftler reagierten verärgert: Die Farbzuweisungen und Geschlechterdifferenzierungen beim Gehirn seien veraltete Klischees, mit denen man die Ungleichbehandlung von Frauen und Männern zementiere.

Es wäre interessant gewesen, in der Ausstellung über ein Forschungsgebiet zu berichten, in dem die Unterschiede zwischen den Geschlechtern tatsächlich eine große Rolle spielen: die Geschlechter- und Gendermedizin. Dieses Feld ist in Deutschland noch jung und wissenschaftlich eher unterbelichtet. Es geht darin nicht nur um soziale und psychologische Unterschiede zwischen Männern und Frauen, sondern auch um unterschiedliche Symptome und Ausprägungen von Krankheiten, die genetisch und biologisch bedingt sind.

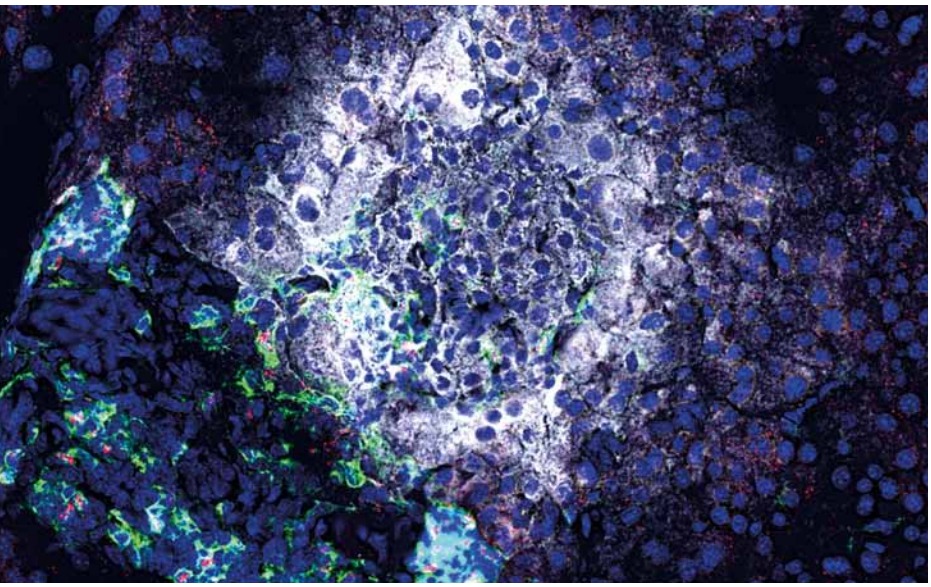
Mediziner wissen mittlerweile, dass Frauen, hormonell und genetisch bedingt, eine andere Disposition für bestimmte Stoffwechsel- und Autoimmunerkrankungen haben als Männer, etwa für Diabetes, rheumatische Arthritis oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen: Ab der Menopause sind sie prozentual häufiger davon betroffen. So schlossen US-Forscher vor ein paar Jahren unter anderem durch Tests an Mäusen darauf, dass Frauen rund zehnmal häufiger unter Autoimmunerkrankungen leiden. Als mögliche Ursache identifizierten die Forscher einen bisher unbekannten Typ sogenannter B-Zellen des Immunsystems, die sich gegen



den eigenen Organismus wenden. Bei weiblichen Mäusen nahm deren Zahl im Alter zu, bei Männchen blieb sie konstant.

„Um solchen Unterschieden auch bei anderen Erkrankungen und bei der Entwicklung neuer Wirkstoffe noch besser auf die Spur zu kommen, müssen schon in der vorklinischen Grundlagenforschung, bei der Forschung an Mäusen, sowohl weibliche als auch männliche Tiere verwendet werden“, sagt Susanna Hofmann, Professorin für Fettstoffwechselkrankheiten an der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München und Arbeitsgruppenleiterin am Helmholtz Zentrum München (HMGU). Mehrere Jahre lang forschte sie an verschiedenen Universitäten in den USA. Dort beschäftigt man sich bereits seit den späten 80er Jahren mit Gendermedizin, viele wichtige Studien entstanden dort. Das staatliche National Institute of Health hat die Forschung und Erprobung an männlichen wie weiblichen Organismen bereits zwingend zur Bedingung für die Förderung medizinischer Forschungsprojekte gemacht. Auch die EU hat entsprechende Vorgaben in ihr Forschungsförderprogramm Horizon 2020 aufgenommen. „Mein Eindruck ist, dass das in Deutschland aber noch nicht konsequent umgesetzt wird“, sagt Susanna Hofmann, die am Institut für Diabetes- und Regenerationsforschung (IDR) des HMGU die Arbeitsgruppe „Women and Diabetes“ leitet.

Neben dem Helmholtz-Zentrum leistet auch die Charité in Berlin Pionierarbeit in Sachen Gendermedizin. An der Charité wurde 2007 unter der Leitung von Vera Regitz-Zagrosek das deutschlandweit erste Institut für Geschlechterforschung in der Medizin eingerichtet. Ebenfalls seit 2007 gibt es die von Regitz-Zagrosek gegründete Deutsche Gesellschaft für Geschlechtsspezifische Medizin (DGesGM) und ihr internationales Pendant (IGM). Beide Gesellschaften weisen immer wieder auf Defizite in Diagnose und Therapie hin, die DGesGM bietet zudem gezielte Fortbildungen für Mediziner an. „Bei weiblichen Patienten machen sich Herzinfarkte seltener als bei Männern durch die bekannten Erkennungszeichen wie etwa Schmerzen im Brustraum, die in verschiedene Körperregionen ausstrahlen können, bemerkbar, sondern sie zeigen häufiger unspezifische Symptome“, sagt die Kardiologin Vera Regitz-Zagrosek. Zu diesen Symptomen gehören starke Kurzatmigkeit, Übelkeit, →



Geschlechterunterschiede bei Diabetes Frauen leiden zehn Mal häufiger als Männer an Autoimmunerkrankungen wie Diabetes. Bei Typ-1-Diabetes ist die Insulinproduktion gestört. Insulin (weiß) wird von Betazellen der Bauchspeicheldrüse produziert. Bild: Helmholtz Zentrum München

Erbrechen oder auch Beschwerden im Oberbauch. „Weibliche Patienten werden deshalb oft zu spät oder falsch diagnostiziert."

Die Arbeitsgruppe von Susanna Hofmann wiederum forscht an Diabetes Mellitus, Typ 2. Er erhöht das Risiko einer kardiovaskulären Erkrankung und somit eines Herzinfarktes signifikant. Bis zur Menopause sind Frauen, im Unterschied zu Männern, seltener von Herzinfarkten betroffen. Doch dieses Verhältnis verkehrt sich ins Gegenteil: Ab etwa 50 nimmt die Anfälligkeit für Adipositas (Fettleibigkeit) bei Frauen wie bei Männern zu, was bei Frauen zu einer stärkeren Anfälligkeit für Diabetes und für Infarkte führt als bei Männern.

Die Beachtung des Genderaspekts „erspart dem Gesundheitssystem unter Umständen auch hohe Kosten, die durch Fehl-Therapien entstehen"

Obwohl sich gerade auf dem Gebiet der Kardiologie in Sachen Gendermedizin schon einiges bewegt habe, fehle behandelnden Ärzten oft das Bewusstsein für diese fatale Kombination, sagt Hofmann. „Für eine sichere Diagnose und Behandlung wäre eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Kardiologie und Endokrinologie sehr wichtig – in der Forschung wie in der Therapie. Doch daran hapert es leider noch: Der Kardiologe sucht nur nach Symptomen für Herzerkrankungen, der Endokrinologe schaut auf den Hormonhaushalt."

Die Beachtung des Genderaspekts kann im Ernstfall nicht nur Leben retten, sondern „erspart dem Gesundheitssystem unter Umständen auch hohe Kosten, die durch Fehl-Therapien entstehen", betont Susanna Hofmann. In diesem Sinne spiele die Gendermedizin auch eine wichtige Rolle in der personalisierten Medizin (siehe Interview rechts), deren Ziel die punktgenaue, für die Patienten maßgeschneiderte Therapie sei.

Susanna Hofmann und ihr fünfköpfiges Team wollen durch Versuchsreihen an fettleibigen Mäusen herausfinden, worin genau die Stoffwechselunterschiede zwischen Männchen und Weibchen liegen. Sie beobachten unter anderem die Wirkung von Medikamenten gegen Adipositas – und welchen Nebeneffekt sie auf die oft mit Adipositas oder Diabetes einhergehende Fettleberhepatitis haben. „Wir haben festgestellt, dass die Leberentzündung bei Weibchen schneller abnimmt als bei Männchen. Das ist eine wichtige Grundlage für die spätere Entwicklung von Medikamenten für menschliche Patienten."

Bekannt ist, dass Frauen auf bestimmte Arzneistoffe anders reagieren als Männer, auf Statine zur Cholesterinsenkung etwa oder auf einige Wirkstoffe in Schlafmitteln. Letzteres zeigte sich 2013 bei dem in den USA verbreiteten Schlafmittel Ambien mit dem Arzneistoff Zolpidem. Die für Erwachsene empfohlene Dosierung stellte sich als viel zu hoch für Frauen heraus. Ursache sind geschlechtsspezifische Unterschiede beim Abbau von Zolpidemin der Leber. Deshalb waren Frauen, anders als Männer, am Morgen nach der Einnahme noch immer deutlich verlangsamt in ihrem Reaktionsvermögen. Das war deshalb nicht vorhersehbar, weil Ambien nur an jungen Männern getestet wurde – nicht, weil Frauen bewusst davon ausgeschlossen werden sollten, sondern weil sich vor allem Männer für die Tests zur Verfügung stellten. Mittlerweile wird in klinischen Tests stärker darauf geachtet, auch Frauen einzubeziehen.

Sowohl Susanna Hofmann als auch Charité-Professorin Vera Regitz-Zagrosek begreifen ihre Arbeit als Möglichkeit, die Öffentlichkeit, ihre Kollegen und vor allem auch die nachrückenden Mediziner-Generationen für den Genderaspekt in der Medizin zu sensibilisieren. Im Berliner Medizinstudium ist aus dem anfänglichen Wahlpflichtbereich Gendermedizin inzwischen ein Pflichtmodul geworden. Auch Susanna Hofmann lehrt an der Münchner LMU zum Genderaspekt bei Fettstoffwechselkrankheiten – allerdings dort nur als Wahlmodul. Beide Professorinnen bestätigen: Das Interesse der Studenten ist groß. ◆

Mareike Knoke

VIDEO

Mehr über Gendermedizin erfahren Sie auch in unserem Video:

→ **www.helmholtz.de/gendermedizin/**

INTERVIEW

Therapien nach Maß

Maßgeschneiderte Therapien für Patienten mit Infektionskrankheiten entwickeln – ist das Ziel des Zentrums für individualisierte Infektionsmedizin (CIIM*) in Hannover. Nicole Silbermann sprach mit dem Gründungsdirektor Michael P. Manns.

Herr Manns, sollte nicht jede medizinische Behandlung individuell auf den Patienten zugeschnitten sein?

Ja, selbstverständlich – und das findet ja auch schon allein dann statt, wenn der Arzt prüft, ob Vorerkrankungen bestehen oder Unverträglichkeiten von Medikamenten vorliegen könnten. Dementsprechend entscheidet er dann, wie der Patient behandelt wird. Die heute gängigen Therapien sind allerdings meist auf die breite Masse zugeschnitten. Aber ein Medikament wirkt nicht bei jedem Patienten gleich gut – manch einer bekommt starke Nebenwirkungen, oder die Therapie schlägt überhaupt nicht an. Die individualisierte Medizin bietet passgenauere und wirksamere Therapien, die weiter erforscht und im medizinischen Alltag noch viel stärker zur Anwendung kommen sollten.

Wie kann die Medizin denn individualisierter werden?

Mit den Fortschritten in den so genannten Omics-Technologien wie Genomics, Proteomics oder Metabolomics ist es heute möglich, Patienten mit Hilfe verschiedenster molekularer Analysen sehr viel besser zu charakterisieren – beispielsweise durch Gensequenzierung, die Bestimmung von Proteinen und Proteinmustern, Stoffwechselprodukten oder Immunparametern. So können wir die Wirksamkeit und auch unerwünschte Wirkungen verschiedener Therapiemöglichkeiten vorhersagen. Im Rahmen großer klinischer Studien werden unter Anwendung bioinformatischer Korrelationen medizinisch wertvolle und aufschlussreiche Daten ermittelt, die bei der Auswahl der Therapie von großem Nutzen sind – um gezielter behandeln und unnötige Therapien und Nebenwirkungen vermeiden zu können. Für den Patienten bedeutet individualisierte Medizin in der Regel nicht mehr als eine Blutabnahme, die ausführliche Diagnostik findet im Labor statt.

In welchen Bereichen wird die individualisierte Medizin heute bereits genutzt?

In der Krebstherapie ist die individualisierte Medizin schon ziemlich weit entwickelt. Heute geht einer Tumorbehandlung oft eine molekular-genetische Analyse der Krebszellen voraus, um den Tumor mit maßgeschneiderten Waffen effektiv bekämpfen zu können. Bei einer zunehmenden Anzahl von Tumoren ist die individualisierte Medizin bereits zum Standard geworden. Im Vergleich dazu steht die Infektionsmedizin erst am Anfang. Doch in verschiedenen Bereichen gibt es auch hier schon Erfolge individualisierter Behandlungsmethoden zu verzeichnen.

Können Sie ein Beispiel geben?

Eines der wichtigsten Medikamente in der HIV-Therapie führt bei einigen Patienten zu massiven Nebenwirkungen. Verantwortlich ist eine bestimmte genetische Veranlagung, die mit einem hohen Risiko für Nebenwirkungen einhergeht. Vor Therapiebeginn werden daher spezielle genetische Tests durchgeführt, und bei Vorliegen eines erhöhten Risikos für Nebenwirkungen eine alternative Therapie eingeleitet. Das ist mittlerweile Routine und ein Beispiel für bereits angewandte individualisierte Infektionsmedizin. Ein weiteres Beispiel ist die Hepatitis-C-Therapie. Hier wird ebenfalls die Genetik unter die Lupe genommen – jedoch nicht die des Patienten, sondern des Erregers selbst. Je nach Subtyp des Erregers wird die entsprechende wirksame Therapie ausgewählt und der Patient gezielt behandelt.

Wo liegen die Chancen der individualisierten Infektionsmedizin?

Gerade in der Infektionsmedizin spielen die individuellen Gegebenheiten des Patienten eine bedeutende Rolle. Alter, Vorerkrankungen, Lebensweise, genetische und physiologische Voraussetzungen können den Krankheitsverlauf erheblich beeinflussen. Und auch die Krankheitserreger selbst können hochvariabel sein, sie können harmlosere oder gefährlichere Varianten hervorbringen. Hier gibt es viele Einflussfaktoren, die es im Rahmen einer systematischen Diagnose zu berücksichtigen gilt. Damit ergeben sich aber auch große Chancen, neue maßgeschneiderte Therapieverfahren zu entwickeln, die es ermöglichen, die Patienten individuell und effektiv zu behandeln.

Was ist Ihre Vision der individualisierten Infektionsmedizin der Zukunft?

Es sollte in Zukunft möglich sein, von jedem Patienten mit einer Infektionskrankheit ein individuelles Profil zu erstellen, auf dessen Basis die bestmögliche Therapie erfolgen kann. Der Weg dorthin wird wohl noch einige Zeit dauern, doch er wird sehr spannend sein und mit Sicherheit auch zahlreiche Etappensiege hervorbringen, die die Entwicklung der individualisierten Infektionsmedizin weiter vorantreiben werden. Und natürlich hoffe ich, dass wir mit unserer Forschung am CIIM* Einiges dazu beitragen können.

**Das CIIM ist eine Einrichtung des Helmholtz-Zentrums für Infektionsforschung in Braunschweig und der Medizinischen Hochschule Hannover.*

Sollten Universitäten thematische Vorgaben haben?

Die Herausforderungen an unsere Gesellschaft sind vielfältig und komplex. Braucht es deshalb eine stärkere Fokussierung von Bildungseinrichtungen auf konkrete Themen, um sie noch meistern zu können? Zwei Blickwinkel

Bernhard Kempen
Präsident des Deutschen Hochschulverbandes

„Für Hochschulen ist die Freiheit von Forschung und Lehre konstitutiv. Das bedeutet Freiheit von politischer und gesellschaftlicher Fremdbestimmung."

Wissenschaft muss frei sein. Bei der Lösung zentraler Herausforderungen der Menschheit kommt der Wissenschaft und damit den Hochschulen eine Schlüsselfunktion zu. Von ihnen werden die Durchbrüche erhofft, die die Welt verändern, verbessern und ihr Überleben sichern sollen – nicht von der Politik, die dazu die Rahmenbedingungen gestalten kann.

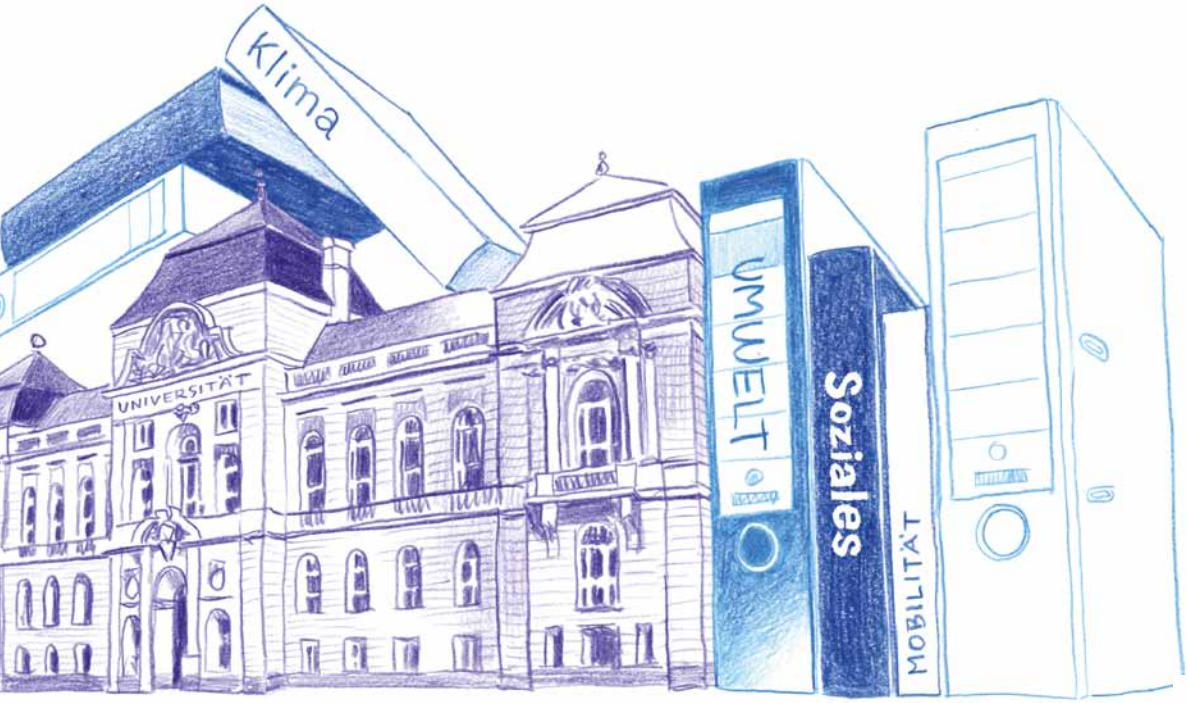
Doch reicht es, auf die Einsicht und den Fortschritt der Wissenschaft zu vertrauen, oder ist es angesichts drohender Schreckensszenarien nicht an der Zeit, die Hochschulen auf vorab definierte gesellschaftliche Ziele festzulegen? Darüber gehen die Meinungen auseinander. Politiker und Think Tanks wie das Wuppertal Institut votieren für die verbindliche Zuweisung von Forschungsthemen an Hochschulen. Ihre Absichten sind sicher gut, auf dem richtigen Weg sind sie allerdings nicht.

Für Hochschulen ist die Freiheit von Forschung und Lehre konstitutiv. Das bedeutet Freiheit von politischer und gesellschaftlicher Fremdbestimmung. Es gehört zum Kernbereich der grundgesetzlich verbürgten Wissenschaftsfreiheit, dass jeder Wissenschaftler über den Gegenstand seiner Forschung frei befinden kann. Weder der Gesetzgeber noch die Hochschulen haben die Befugnis, ihnen eine „Mission" aufzuerlegen.

Diese Freiheit der Wissenschaft darf nicht zum Spielball gesellschaftlicher Gruppen und Interessen werden. Universitäten sind Orte der wissenschaftlichen Begegnung. Alle anderen Aufgaben, die ihnen durch Politik und Gesellschaft in immer größerem Umfang zugedacht werden, sind diesem Auftrag unterzuordnen. Die Universität ist weder Wirtschaftsbetrieb noch Ausbildungsfabrik, sie ist weder Behörde noch öffentliches Beschaffungsamt für Informationen. Wer sie dennoch unter Hinweis auf das Wohl der Allgemeinheit in Dienst nehmen will, riskiert eine intellektuelle Verflachung. Ein Erlahmen wissenschaftlicher Neugier und eine stromlinienförmige Anpassung an den Mainstream wären die unweigerlichen Folgen.

Wissenschaft gedeiht am besten dort, wo ihr lange Leine gelassen wird und sie allein der Suche nach Erkenntnis verpflichtet ist. Kreativität, die die Lösung der drängenden Herausforderungen erfordert, setzt persönliche und institutionelle Freiheit voraus. „Gesellschaftliche Forschungsaufträge" für Hochschulen verstoßen nicht nur gegen die Wissenschaftsfreiheit, sondern schaden dem Allgemeinwohl.

Durch die wachsende Abhängigkeit von Drittmitteln und durch die kleinteiligen Finanzzusagen des Staates entstehen bereits erhebliche Steuerungseffekte. Universitäten sind bereits ein Stück weit auf den Weg gedrängt, Ausbildungsbetrieb für den Staat und verlängerte Werkbank für die Wirtschaft zu werden. Sie haben viel an Eigenständigkeit, Freiheit und Würde verloren. Diese schiefe Ebene, auf die die Universitäten zunehmend geraten, gilt es wieder ins Gleichgewicht zu bringen. ◆



„Für kleine Hochschulen ist es sinnvoll, sich auf ein klares Profil und daraus abgeleitete definierte Forschungsrahmenthemen festzulegen.“

Wilhelm-Günther Vahrson
Präsident der Hochschule für nachhaltige Entwicklung in Eberswalde

Zumindest für kleine Hochschulen ist es meines Erachtens hilfreich und sinnvoll, sich als gesamte Organisation in einem diskursiven Prozess auf ein klares Profil und daraus abgeleitete definierte ForschungsRAHMENthemen festzulegen. Folglich heißt es, diese dann auch mit möglichst hoher Verbindlichkeit zu verankern. Der Vorteil ist offensichtlich: Auch eine kleine Institution kann themenspezifisch schneller eine kritische Masse erreichen. Spannende interne Diskussionsprozesse können entstehen.

Natürlich ist eine direkte konkrete Themenvorgabe als Top-Down-Prozess in einer nicht streng hierarchisch strukturierten Organisation wie einer Hochschule nicht möglich. Dies würde unmittelbar die Freiheit in Wissenschaft, Forschung und Lehre berühren. Diese Freiheit gilt übrigens spätestens seit einem Ende Juli 2010 veröffentlichten Urteil des Bundesverfassungsgerichtes auch für Fachhochschulen. Eine solche Themenvorgabe wäre aber auch nicht sinnvoll, da die Diversität der Forschungsansätze leiden würde, ebenso die Reaktionsfähigkeit für neue Herausforderungen. Auf der Suche nach neuen Erkenntnissen muss den Wissenschaftlern Raum für Kreativität gegeben werden.

Wie lässt sich solch ein offener Prozess trotzdem steuern? Aufbauend auf einem verbindlichen Leitbild, das regelmäßig diskutiert und weiterentwickelt wird, werden bei uns seit einigen Jahren sämtliche neue Denominationen gezielt auf diese ausgerichtet oder bei Wiederbesetzungen gezielt modifiziert. In den Berufungsverfahren wird ein klarer inhaltlicher Bezug zu diesen Schwerpunkten von den Bewerbern gefordert. Dieser Bezug hat eine mindestens ebenso hohe Wertigkeit wie andere Kriterien, etwa die Drittmittelstärke. Des Weiteren kann unsere Hochschule die Wissenschaftler gezielt mit der Vergabe von Forschungsprofessuren, Zielvereinbarungen und internen Projektanschubfinanzierungen motivieren, sich der Forschungsschwerpunkte anzunehmen. Diese Vorgehensweise hat uns im Übrigen finanziell nicht geschadet, wir haben häufig gleichsam hochmotivierte und drittmittelstarke Kollegen gewinnen können und zählen bundesweit zu den forschungsstärksten und gut sichtbaren Fachhochschulen.

Bei aller Berücksichtigung der Freiheit in Wissenschaft, Forschung und Lehre sollte hier unbedingt auch das Thema der Verantwortung von Forschung für die Umwelt und Gesellschaft beziehungsweise die nachhaltige Entwicklung im Allgemeinen sowie die Verantwortung für die Nutzung von Forschungsergebnissen angesprochen werden. Dies ist in einigen Hochschulgesetzen der Länder verankert. Eine solche Auseinandersetzung über Forschungsziele und -verantwortlichkeiten hat auch kürzlich in Eberswalde stattgefunden. Unsere Wissenschaftler haben heftig gerungen und am Ende von der Vielfältigkeit der unterschiedlichen Perspektiven profitiert. ◆

ONLINE

Diskutieren Sie mit uns. Mehr zum Thema unter:

→ **www.helmholtz.de/blickwinkel/**

Stadt, Land, Fluss!

Wetterextreme und verschobene Jahreszeiten - der Klimawandel ist bereits jetzt spürbar. Forscher wollen die Anpassung an seine Folgen ermöglichen, die Natur kann dabei helfen.

Der Wald mitten in Mailand ragt steil nach oben. 900 Bäume wachsen dort auf den Balkonen zweier Hochhäuser in den Himmel. „Bosco verticale“ nennen die Architekten ihren Bau, zu Deutsch „vertikaler Wald“: Würde man die Bäume auf ebener Erde pflanzen, bildeten sie ein Wäldchen von 7.000 Quadratmetern.

Bei Gebäuden wie diesen Mailänder Wohntürmen, die 2014 den Internationalen Hochhauspreis gewannen, geht es nicht nur um das Aussehen. Einer durchdachten Architektur kommt im Zuge des Klimawandels eine Schlüsselrolle zu: Begrünte Fassaden und Dächer helfen mit, in überhitzten Städten die Temperaturen zu senken und schaffen ein besseres Mikroklima. Experten fassen solche Ideen unter dem Schlagwort der naturbasierten Lösungen zusammen – Ansätze, die mit der Natur arbeiten oder von ihr inspiriert sind.

Welche Folgen mit dem Klimawandel einhergehen und wie man sich dagegen wappnen kann, das erforscht Daniela Jacob, Leiterin des Climate Service Center Germany (GERICS) vom

Helmholtz-Zentrum Geesthacht. „Schon bei einer Erderwärmung von zwei Grad im Vergleich zu der Zeit vor der Industrialisierung werden wir sehr deutliche Veränderungen in ganz Europa sehen“, sagt sie. „Wir müssen zum Beispiel davon ausgehen, dass die Wintermonate im Norden Europas deutlich nasser werden und dass wir Europäer mehr Hitzewellen erleben werden.“ Diese Folgen betreffen Städte und Gemeinden genauso wie Privatpersonen und beispielsweise die Landwirtschaft. „Es müssen Möglichkeiten zur Anpassung gefunden werden“, sagt Jacob. Anpassungen können so aussehen wie der vertikale Wald am Mailänder Hochhaus oder schlichtweg großzügige Parkanlagen. Solche gezielten Begrünungen treten dem „Hitzeinsel-Effekt“ von Städten entgegen. Um wiederum Starkregenfällen zu begegnen, gibt es die Idee der „Sponge Cities“ – Städte werden dabei so geplant, dass sie das Wasser wie ein Schwamm aufnehmen. Speziell gestaltete Parkplätze können etwa als Überflutungsflächen für den Ernstfall dienen. „Solche Maßnahmen können von vornherein und relativ einfach in der Stadtplanung bedacht werden“, sagt Jacob. Besonders innovativ müssen Städte am Wasser sein, um den Folgen des Klimawandels entgegenzutreten: Das Stadtgebiet von Rotterdam beispielsweise besteht zu einem Drittel aus Wasser, größtenteils liegt die Hafenstadt sogar unter dem Meeresspiegel. Schon lange arbeitet man hier an natürlichen Überflutungsflächen oder an Gezeitenparks, die den Deichen vorgelagert sind und so besser vor dem Tidenhochwasser schützen sollen.

Auf den Klimawandel müssen sich aber nicht nur Metropolregionen vorbereiten, sondern auch ländliche Gegenden. Dort sind die Herausforderungen andere: In der Forstwirtschaft etwa gilt es, Generationen im Voraus zu denken – zum Beispiel bei der Frage, welche Bäume für die nächsten 30 bis 60 Jahre gepflanzt werden sollen. Besonders schwierig sind die Antworten auf solche Fragen deshalb zu finden, weil die Folgen des Klimawandels regional extrem unterschiedlich sein werden. Das erfordert zum einen eine länderübergreifende Zusammenarbeit, zum anderen regionale Lösungen. „Während es bei der Vermeidung von CO_2-Ausstoß um globale Strategien geht, müssen Anpassungsstrategien lokal umgesetzt werden“, sagt Daniela Jacob. Sprich: Was bedeutet →

Bosco verticale Aufforstung in der Stadt – Mailands grüner Blickfang. Bild: Eugenio Marongiu/shutterstock

der Klimawandel für die konkrete Region? Was bedeutet er für einen speziellen Wirtschaftssektor? „Es muss mit den Akteuren vor Ort herausgearbeitet werden, welches die besten Lösungswege sind. Die Wissenschaft macht dabei keine Vorgaben, sondern zeigt Optionen auf und bietet Entscheidungsträgern notwendige Hintergrundinformationen."

Dass der Dialog vor Ort wichtig ist, gilt auch für ein Forschungsthema, mit dem sich Aletta Bonn befasst. Die Professorin leitet am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig das Department für Ökosystemleistungen und hat analysiert, welche Rolle Moore spielen, wenn es um die Milderung des Klimawandels geht – auch Mitigation genannt.

„Moore nehmen in Deutschland rund fünf Prozent der Fläche ein. Obwohl das zunächst nicht viel zu sein scheint, sind sie für den Klimaschutz doch ein bedeutungsvolles Ökosystem", sagt Aletta Bonn. „In ihnen sind nämlich im Verhältnis zu anderen Flächen besonders große Mengen Kohlenstoff eingelagert." Werden die Moore entwässert, dann werden diese Böden „belüftet" – der eingelagerte organische Kohlenstoff aus den tausende Jahre alten Pflanzenresten verbindet sich mit Sauerstoff aus der Luft und wird als Kohlenstoffdioxid, also CO_2, frei. „Die Moore sind in Deutschland stark durch die Landwirtschaft übernutzt. Je stärker die Moore dafür trockengelegt werden, desto höher ist ihr CO_2-Ausstoß." Die in ihnen eingelagerte Menge Kohlenstoff entspricht etwa 4.300 bis 8.600 Millionen Tonnen CO_2. Zum Vergleich: insgesamt wurden 2014 in Deutschland rund 800 Millionen Tonnen CO_2 freigesetzt. „Wiedervernässung von Moorböden ist eine der effektivsten und volkswirtschaftlich kostengünstigsten Klimaschutzmaßnahmen. Extrem ist der globale Blick. Insbesondere die tropischen Moore sind eine tickende Zeitbombe. Entwässerte und übernutzte Waldmoore Südostasiens brennen immer wieder und tragen jedes Jahr messbar zu den weltweiten Emissionen bei", sagt Bonn.

Investition in die Zukunft: Dass die Nidda nahe der hessischen Stadt Karben renaturiert wird, führt auch zu einem besseren Hochwasserschutz. Extensiv genutzte Weiden am Ufer „darf" der Fluss überfluten. Bild: hahilinchen/Fotolia

Von Wasser durchzogen – tief gelegene Hafenstädte wie Rotterdam müssen sich besonders auf steigende Pegelstände und Wetterextreme einstellen. Bild: djama/Fotolia

Eine Lösung könnte sein, mit der Natur zu arbeiten. Das würde für die Flächen in Deutschland bedeuten, noch intakte Moore zu schützen und bereits landwirtschaftlich genutzte Flächen umzugestalten, um weitere Emissionen zu vermeiden: Statt Maisfelder könnten weniger stark entwässerte Weiden angelegt werden, optimal wäre es aber, durch sogenannte Wiedervernässung den ursprünglichen Zustand wiederherzustellen – oder zumindest Schilf anzubauen und so die Moore „nass“ zu nutzen.

„Die Klimaentwicklung ist nicht klar vorhersagbar, deswegen sind solche Optionen gut, bei denen man auch in 15 Jahren nachsteuern kann.“

„Unser Konzept der Ökosystemleistungen bietet einen neuen Blickwinkel für die Bewertung von Mooren: Sie sind nicht nur Nutzfläche, sondern Klimaregulatoren.“ Früher seien Renaturierungen hauptsächlich als Naturschutzmaßnahme aufgefasst worden, nun könne Wiedervernässung von Mooren auch als naturbasierte Lösung für Klimaschutz angeführt werden. „Wichtig ist, dass Landnutzer, Naturschützer, Wissenschaftler und Politiker zusammenkommen, um informierte und ausbalancierte Entscheidungen zu treffen. Gut wäre es, wenn es uns gelingt, solche Renaturierungsmaßnahmen generell nicht als Kosten zu betrachten, sondern als vergleichsweise günstige Investitionen in die Zukunft.“ Bonn betont aber auch, dass die Wiederherstellung von Moorlandschaften nur einen Teil der CO_2-Problematik abfangen kann: „Natürlich müssen wir intensiv daran arbeiten, weniger neue Treibhausgase auszustoßen.“

Bei den verschiedenen naturbasierten Ansätzen, die auf eine Abmilderung des Klimawandels zielen oder auf eine Anpassung an seine Folgen, können durchaus Widersprüche auftreten – wie jener zwischen Klima- und Naturschutz. Oder aber der Widerspruch zwischen einem kompakten, CO_2-vermeidenden Städtebau und einer offeneren Bauweise, die stattdessen eine kühlende Luftzirkulation erlaubt. „Mit den Dienstleistungen des GERICS versuchen wir, von Seiten der Forschung eine gewisse Ordnung in diese vielfältigen Themenkomplexe zu bringen“, sagt Daniela Jacob. „Es ist grundsätzlich noch eine große Forschungsfrage, wie eine bessere systemische Betrachtung der Informationen und Herausforderungen gelingen kann.“ Gerade auf regionaler Ebene sei deshalb eine enge Abstimmung mit den Betroffenen wichtig. Wie also lässt sich ein Stadtsystem oder eine ganze Region den veränderten Klimabedingungen anpassen? „Dafür wäre es auch wichtig, künftig bis auf wenige Quadratkilometer genau die lokalen Auswirkungen von Klimaveränderungen berechnen zu können.“

Zugleich plädiert Daniela Jacob für sorgfältige Planung, Hektik sei nicht zielführend. „Wir müssen herausfiltern, welche Entscheidungen wir heute treffen müssen und welche noch fünf oder sogar zehn Jahre warten können“, sagt sie. Anpassung an die Folgen des Klimawandels sei in erster Linie als Risikominimierung zu verstehen. Die genaue Entwicklung des Klimas sei nicht vorhersagbar, deswegen seien solche Optionen gut, bei denen man auch in 15 Jahren noch nachsteuern könne. ◆

Kristine August

ONLINE

Mehr über das Buch „Klimawandel in Deutschland“ und GERICS erfahren Sie hier:

→ **www.helmholtz.de/klimawandeldeutschland/**

Moorlandschaft Moore in ihrem Ursprung sind eine Seltenheit in Deutschland. Intakte Moore sind jedoch ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz, denn sind sie trockengelegt, wird der im Torf eingelagerte Kohlenstoff freigesetzt. Bild: Tatjana Balzer/Fotolia

Nur nicht nachlassen!

Die Forschungsausgaben in Deutschland haben ein neues Rekordniveau erreicht. Darauf ausruhen dürfen wir uns nicht. Ein Kommentar von Otmar D. Wiestler

Die deutsche Wirtschaft ist stark – auch in der Finanzierung von Forschung. Wie der Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft kürzlich erhoben hat, investierten die Unternehmen im Jahr 2015 mehr als 62 Milliarden Euro in ihre Forschung und Entwicklung (F&E) – ein Rekordplus von 9,5 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Zwei Drittel der gesamten F&E-Ausgaben in Deutschland kommen damit aus der Industrie. Das ist eine respektable Leistung.

Auch Bund und Länder leisten Großartiges. Ein weiteres Drittel der Forschungsgelder stammt aus staatlichen Quellen. Diese Budgets wachsen seit Jahren markant. Allein der Etat des Bundesministeriums für Bildung und Forschung wird 2017 um knapp 1,2 Milliarden Euro auf rund 17,6 Milliarden Euro steigen. Das ist ein Plus von 7,6 Prozent im Vergleich zum Jahr 2016! Die sogenannte Forschungsquote Deutschlands, also der Anteil aller Forschungsausgaben an der gesamten Wirtschaftsleistung, liegt mittlerweile bei rund drei Prozent. Deutschland hat damit die Verpflichtung der europäischen Wachstumsstrategie erreicht.

Eine stabile und langfristige Finanzierung auf diesem Niveau ist nicht nur für ein zukunftsfähiges Wissenschaftssystem unerlässlich. Sie ist es auch für den Wohlstand unseres Landes. Unsere Zukunft hängt entscheidend von unserer steten Innovationskraft ab. Die Hochschulen und die außeruniversitären Forschungseinrichtungen benötigen dafür eine solide und langfristig planbare Finanzausstattung von Seiten des Bundes und der Länder. Nur dann können sie im Schulterschluss mit einer starken Industrie unsere Zukunft sichern. Haben wir dieses Ziel jetzt erreicht?

Wir haben ohne Frage viel erreicht. Allerdings dürfen wir uns jetzt nicht auf unseren Anstrengungen ausruhen, um auch im internationalen Vergleich einen Platz in der Spitzengruppe zu halten. Länder wie Finnland, Schweden, Japan oder Korea investieren immer noch mehr in Forschung und Entwicklung. Wir müssen aufschließen, wenn wir uns hier langfristig behaupten wollen.

Nach wie vor haben wir in Deutschland zahlreiche Baustellen, die wir uns auf Dauer nicht leisten können. In erster Linie zählen dazu die Karrieremöglichkeiten junger Talente. Nur wenn wir den Wissenschaftsstandort Deutschland noch attraktiver gestalten, können wir mehr junge Menschen für Berufe in der Wissenschaft begeistern, sie zu uns zu holen und sie auch halten. Dazu erwarten sie Planungssicherheit, also Arbeitsverträge mit vernünftigen Laufzeiten und angemessener Bezahlung. Gerade junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler brauchen Arbeitszeitmodelle, so dass sie Familie und Beruf miteinander vereinbaren können. Um exzellente Spitzenforscher aus aller Welt für Deutschland zu begeistern, müssen wir Professuren international wettbewerbsfähiger ausstatten oder entsprechende Positionen in der Forschung bieten. Und: Wir benötigen Spitzenstandorte in Deutschland, an denen Universitäten, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und die Wirtschaft sich zu international sichtbaren Leuchttürmen zusammentun.

Otmar D. Wiestler ist Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft

Nein, wir haben das Ziel, unsere Zukunftsfähigkeit durch ausreichende und nachhaltige Investitionen in Forschung und Entwicklung zu sichern, noch nicht erreicht. Aber wir sind auf dem richtigen Weg. Wirtschaft und Politik wissen um die Bedeutung einer leistungsfähigen Wissenschaft. Jetzt heißt es: den erfolgreichen Kurs konsequent fortsetzen! ◆

Mythos – Stimmt das?

Unsere Gene bestimmen unser Leben

„**Genetik:** Wird Intelligenz vererbt?“

„**Körperbau:** Wie Gene die Figur bestimmen“

„**Zwillingsstudie:** Gene bestimmen das Sozialverhalten“

Schlagzeilen wie diese zeigen, dass der Einfluss der Gene auf unser Äußeres und unser Verhalten eine große Rolle in der öffentlichen Wahrnehmung spielt.

Emanuel Wyler ist Genetiker und Postdoktorand am Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin in der Helmholtz-Gemeinschaft in Berlin. Er forscht daran, wie Gene im Körper reguliert werden.

„Die Gene sind wie das biologische Kochbuch. Was dann genau auf den Tisch kommt, ist aber sehr unterschiedlich.“

Im Video erklärt er uns, woher der Mythos „Gene bestimmen unser Leben“ stammt und ob unser Genpool uns tatsächlich fremdbestimmt.

Sie wollen mehr über diesen Mythos erfahren? Einfach den QR-Code scannen, Play drücken und los geht's.

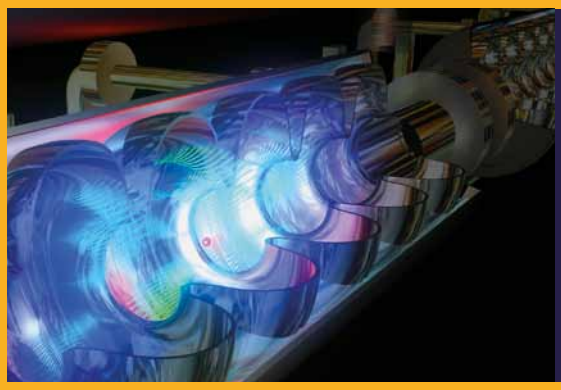
Saskia Blank und Rebecca Winkels

Übrigens: Einen QR-Code Scanner finden Sie in Ihrem App-Store.

Photonen-Autobahn
Die Beamlines transportieren die Laserstrahlen zu den Instrumenten in der Experimentierhalle.

Schnittbild (li.)
Das Innere des European XFEL Injektionskomplexes, wo die Quelle der Elektronen lokalisiert ist.

Installiert (re.)
Der 1,7 Kilometer supraleitende Elektronenlinearbeschleuniger war am Ende des Sommers 2016 vollständig in den Tunnel installiert.



Computersimulation (li.)
des Beschleunigervorgangs in einem supraleitenden Hohlraumresonator

Bilder: European XFEL

Premiere für den Primus

Der leistungsstärkste Röntgenlaser der Welt ist fertig. Nach mehrjähriger Bauzeit feuert der European XFEL bald die kräftigsten Röntgenlaserblitze der Welt ab und erlaubt völlig neue Experimente. Diese Hochleistungsphysik könnte entscheidend zur Entwicklung neuer Werkstoffe und Medikamente beitragen.

Die Wanderung beginnt auf dem Gelände des Deutschen Elektronen-Synchrotrons (DESY) in Hamburg mit einer Fahrstuhlfahrt in 38 Meter Tiefe. Dann führt der Weg durch einen U-Bahn-artigen Tunnel, schnurstracks geradeaus in Richtung Nordwest, vorbei an gelb lackierten Hightech-Röhren und komplexen Magnetstrukturen. Nach dreieinhalb Kilometern ist das Ende erreicht – eine Halle in Schenefeld. Der Fußmarsch zeigt die Dimensionen einer der größten Wissenschaftsmaschinen Europas: Der European XFEL, englisch X-ray Free-Electron Laser, ist der leistungsstärkste Röntgenlaser der Welt. Nach siebenjähriger Bauzeit ist er nun fertig: 2017 wird er erste Röntgenblitze für die Forschung erzeugen.

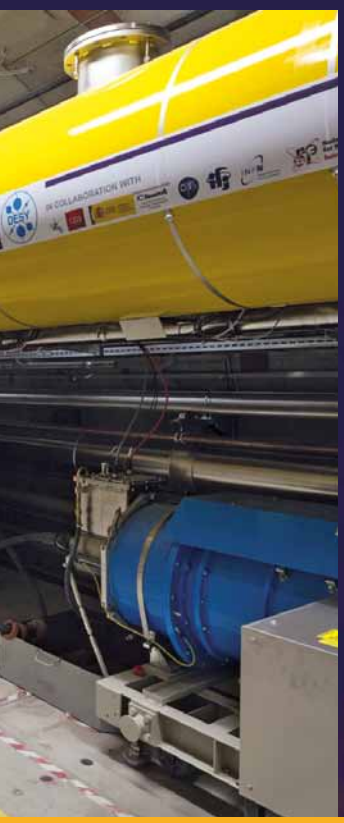
Basis ist ein fast zwei Kilometer langer Teilchenbeschleuniger. Er bringt Elektronen nahezu auf Lichtgeschwindigkeit, um sie dann durch sogenannte Undulatoren zu schicken. Diese Magnetstrukturen zwingen die rasenden Teilchen auf Slalombahnen – wodurch die Elektronen kurze und intensive Röntgenblitze abgeben, die zudem eine zentrale Eigenschaft von Laserlicht aufweisen: Die Strahlung ist kohärent, das heißt, die einzelnen Wellenzüge marschieren bildlich gesprochen im Gleichschritt, was 3D-Aufnahmen im Mikrokosmos ermöglicht.

Mit diesen Röntgenblitzen wollen Forscher unterschiedliche Materialien durchleuchten: Chemiker können präzise verfolgen, wie molekulare Reaktionen ablaufen. Geoforscher werden den Einfluss künstlicher Schockwellen in Gesteinsproben studieren und Molekularbiologen Bilder von einzelnen Proteinen aufnehmen. Die bemerkenswerten Eigenschaften der Röntgenpulse machen völlig neue Experimente möglich: Zum einen sind sie so intensiv, dass sie die einzelnen Atome in einem Molekül sichtbar machen können. Zum anderen sind sie weniger 100 billiardstel Sekunden kurz, wodurch sich extrem schnelle Vorgänge verfolgen lassen, zum Beispiel chemische Reaktionen. Elf europäische Staaten sind unter dem Dach der gemeinnützigen European XFEL GmbH am Bau der neuen Forschungseinrichtung beteiligt, einem 1,2 Milliarden-Euro-Projekt mit DESY als Hauptgesellschafter.

„Anders als die anderen Anlagen basiert unser Röntgenlaser auf einem supraleitenden Beschleuniger“

2009 begann der Bau: Zwei Jahre lang hatten sich zwei Schildvortriebsmaschinen durch den Untergrund gegraben – lange, mechanische Riesenmaulwürfe, die auch für den Bau von U-Bahn-Tunneln verwendet werden. Heute sind die ersten beiden Tunnelkilometer von gelben, wuchtigen Röhren bestimmt, jede zwölf Meter lang und einen knappen Meter dick. Das Innenleben dieser Module ist hochkomplex: Ein dünnes, luftleer gepumptes Rohr für die schnellen Elektronen ist umringt von Heliumleitungen und Wärmeisolierung – eine raffinierte Kältetechnik. Sie kühlt das Röhreninnere auf minus 271 Grad herunter und schafft so die Voraussetzung, dass die Kernkomponenten funktionieren – die supraleitenden Resonatoren.

Diese Spezialröhren sind aus dem Metall Niob gefertigt, verlieren bei tiefen Temperaturen ihren elektrischen Widerstand und sorgen dadurch für eine besonders effiziente Beschleunigung. „In ihrem Inneren wird eine elektromagnetische Welle angeregt“, sagt DESY-Beschleunigerchef Reinhard Brinkmann. „Auf dieser Welle reiten die Elektronen gewissermaßen und werden beim Durchfliegen beschleunigt.“ Insgesamt 96 supraleitende Module mit je acht Resonatoren reihen sich aneinander. Ab Kilometer Zwei ändert sich das Bild: Das letzte Modul ist passiert, das Ende des Beschleunigers erreicht. Der Tunnel geht in eine kleine Halle über, hier verzweigt er sich in ein System aus mehreren Tunnelröhren. In ihnen stehen weitere Kernkom- →



European XFEL-Röntgenspiegel European XFEL-Wissenschaftler Maurizio Vannoni prüft den neuen Röntgenspiegel, dessen Oberfläche nicht mehr als einen milliardstel Meter von der Idealform abweicht. Bilder: European XFEL

Tüftelei Ein Ingenieur arbeitet an der Photon Beamline im Tunnel.

TALENTE

Mehr von XFEL-Forscher Prandolini lesen Sie in unserem Blogportal „Helmholtz Talent Campus“:

→ www.helmholtz-talentcampus.de/der-wissenschaftler-als-innovator/

VIDEO

Empfehlenswert!
Der YouTube-Kanal des European XFEL:

→ www.youtube.com/user/EuropeanXFEL/

ponenten – die Undulatoren. Tobias Haas, Technischer Koordinator beim European XFEL, zeigt auf einen länglichen Klotz, der das flache Elektronenstrahlrohr nahezu einzwängt. Über und unter dem Rohr sind Permanentmagnete montiert, alle zwei Zentimeter wechseln sich Nord- und Südpol ab. „Eine lange Rennstrecke mit vielem Hin und Her“, sagt er. „Alle zwei Zentimeter geht’s für die Elektronen nach links und dann wieder nach rechts.“ Auf diesem Slalomkurs strahlen die schnellen Elektronen starkes Röntgenlicht ab. Insgesamt gibt es drei Undulatorstrecken. Jede von ihnen besteht aus bis zu 35 Segmenten, aufgereiht auf einer Strecke von über 200 Metern. „Wenn das Röntgenlicht eines Undulatorsegments mit dem Licht des nächsten im Takt schwingt, findet eine Verstärkung statt“, sagt Haas. „Nur dadurch erreiche ich den Verstärkungseffekt, den ich für Laser brauche.“

Haas geht weiter, vorbei am letzten Undulatorsegment. Jetzt teilt sich das Vakuumrohr in zwei Röhren auf: Die eine ist für die Elektronenpakete, die andere für die Röntgenlaserblitze. Um beide voneinander zu trennen, lenken Biegemagnete die Elektronen nach rechts in einen anderen Tunnel ab. Dagegen fliegen die Röntgenblitze strikt geradeaus – bis sie bei Kilometer 2,8 auf einen Spiegel treffen. „Einer der besten Spiegel der Welt“, sagt Haas. „Er kommt aus Japan und ist mit Nanometerpräzision geschliffen.“

Er verteilt die Blitze auf zwei Rohre und damit auf verschiedene Messstationen – so lässt sich die Anlage von noch mehr Forscherteams nutzen. 600 Meter laufen beide Röhren nebeneinander her und entfernen sich dabei immer weiter voneinander. Am Ende des Tunnels treten sie durch eine dicke Betonwand. Dahinter liegt die Experimentierhalle. Hier herrscht derzeit reges Treiben: Überall dort, wo die Strahlrohre durch die Betonwand in die Halle führen und später Experimente stattfinden, werden Experimentierhütten errichtet, deren bleihaltige Wände die Strahlung abschirmen. Dort hat der Aufbau der ersten Instrumente bereits begonnen: Die Röntgenblitze werden auf die verschiedensten Proben treffen und deren innerste Strukturen enträtseln.

„Unter anderem werden wir untersuchen können, wie chemische Reaktionen ablaufen und wie exotische Materiezustände aussehen, wie sie im Inneren von Planeten existieren“, sagt Massimo Altarelli, bis Dezember Vorsitzender der European XFEL-Geschäftsführung. „Langfristig sehe ich große Chancen für die Entwicklung innovativer Werkstoffe sowie das Design neuer Arzneimittel.“

Nach der Pionieranlage FLASH bei DESY sind auch in Japan, den USA, Südkorea und der Schweiz bereits Röntgenlaser gebaut worden. Den European XFEL zeichnet jedoch eines aus: „Anders als die anderen Anlagen basiert unser Röntgenlaser auf einem supraleitenden Beschleuniger“, sagt Altarelli. „Damit können wir rund 27.000 Blitze pro Sekunde erzeugen, statt 100 bis 120.“ So wird es Experimente geben, die nur hier möglich sind – ein großes Plus im internationalen Wettbewerb. ◆

Frank Grotelüschen

Nachgefragt:

„Warum altern Solarzellen?“

Auf dem Prüfstand Charakterisierung der elektrischen Eigenschaften einer Silizium Dünnschicht-Solarzelle. Bild: Helmholtz-Zentrum Berlin

Auch Solarzellen können altern. Bei einigen Technologien lässt mit der Lebensdauer der Wirkungsgrad nach, sie liefern bei gleicher Sonneneinstrahlung immer weniger Strom. Die Gründe dafür erklärt Bernd Rech, Leiter des Instituts für Silizium-Photovoltaik am Helmholtz-Zentrum Berlin.

„Bei der herkömmlichen Technologie, den kristallinen Silizium-Solarzellen, ist der Alterungs-Effekt nur noch gering. Einige Hersteller garantieren nach 320 Jahren noch über 90 Prozent der ursprünglichen Leistungskraft. Mittlerweile weiß man, wie sich ein hoher Wirkungsgrad langfristig erhalten lässt. Es sind meist nicht die Solarzellen selbst, sondern ganz banal die Verbindungsstücke in den Zellen, die altern – etwa Metallkontakte, die durch eindringende Feuchtigkeit rosten und dann den Strom schlechter leiten.

Es gibt in den unterschiedlichen Solarzellentypen verschiedene Alterungsphänomene: Nie ist es übrigens nur ein Effekt, der Solarzellen altern lässt. So spielen etwa Temperaturen eine Rolle. Wichtig ist auch, wie die einzelnen Solarzellen im Solarmodul verpackt sind. Zum Schutz vor Feuchtigkeit werden die Zellen mit einer Kunststoffschicht verklebt. Doch wenn die hohe Energie des UV-Lichts deren Kohlenstoff-Bindungen aufbricht, vergilbt die Schicht und das Modul kann weniger Sonnenenergie in Strom umwandeln. Da gilt es also, das chemische Rezept des Materials zu verfeinern.

Solche Qualitätsfragen beschäftigen uns auch bei einem anderen großen Forschungsthema, den sogenannten Perowskit-Solarzellen. Grundsätzlich gibt es hier schon chemische Strukturen die recht stabil sind, aber beispielsweise ausgelöst durch elektrische Spannung können geladene Teilchen wandern und so die Struktur des Materials verändern. Dabei sind diese Zellen sehr vielversprechend, denn sie nutzen einen anderen Wellenlängenbereich des Lichts als Siliziumzellen. Kombiniert man beide Typen, ließe sich dadurch ein höherer Wirkungsgrad in den Modulen erzielen. Bis dahin gilt es allerdings noch eine Vielzahl von Alterungsphänomenen zu erforschen.“

Nachgefragt hat **Kristine August**

ONLINE

Alle Ausgaben von Nachgefragt:

→ www.helmholtz.de/nachgefragt/

Magdalena Scheck-Wenderoth

Direktorin des Departments Geotechnologien am GFZ Potsdam

Die Übersetzerin

Magdalena Scheck-Wenderoth ist Direktorin des Departments Geotechnologien und Leiterin der Sektion Sedimentbeckenmodellierung am GFZ Potsdam sowie Teilnehmerin der Helmholtz-Akademie für Führungskräfte. Wir stellen Sie vor.

Auf einer Grafik ziehen bunte Wirbel über schwarzen Untergrund. Man könnte es für abstrakte Kunst halten, läge um die Wirbel nicht eine dünne weiße Linie in Form des Bundeslands Berlin. Magdalena Scheck-Wenderoth zeigt auf die Grafik (s. Seite 38) und sagt: „Das ist ein Untergrundmodell von Berlin, das mein Doktorand Max Frick bearbeitet. Es zeigt auf- oder absteigende Grundwasserströmungen, die primär abhängig sind von der Temperatur, dem Wasserdruck und der Durchlässigkeit der unterschiedlichen Gesteine.“ Um den Untergrund nachhaltig zu nutzen, beispielsweise zur Förderung von Grundwasser oder für Geothermie ist es wichtig, diese Strömungsdynamik zu verstehen. Für dieses Modell hat Magdalena Scheck-Wenderoth jedoch weder selbst in der Erde gebohrt, noch Daten erfasst. „Ich nutze die Daten anderer Leute, die sozusagen meine Augen und Ohren sind. Unter Umständen würden sie sich teilweise nicht begegnen – aber ihre Daten führe ich zusammen“, sagt sie. Und dann macht sie etwas ganz Neues daraus.

Eine Voraussetzung für ihre Arbeit sei die Fähigkeit zu übersetzen: „Ich muss mit Vertretern verschiedener Disziplinen sprechen können, ihre Sprache genauso verstehen wie ihre Daten und die Schnittstellen identifizieren.“ Besonders spannend werde es, wenn eine Disziplin Fragen aufwirft, die sie selber nicht beantworten kann. Sie baut dann Brücken zwischen den Disziplinen und hofft, dadurch auf Antworten zu stoßen. „Wenn man zwei Dinge verknüpft“, sagt sie, „dann weiß man mehr.“ Ihr geht es wie bei Sprache darum, die Mentalität zu erfassen und die Perspektive zu wechseln. Sprachen faszinieren sie. Sie spricht vier verschiedene fließend: Rumänisch, Deutsch, Englisch und Französisch.

Am Geoforschungszentrum (GFZ) in Potsdam ist sie Direktorin des Departments Geotechnologien, zugleich leitet sie seit 2008 die Sektion Sedimentbeckenmodellierung. Hier beschäftigt sie sich vor allem mit zwei Fragestellungen: „Einerseits einer grundsätzlich geodynamischen: Wie funktioniert die Erde? Wie brechen Kontinente auseinander und wie entstehen Gebirge?“, sagt sie. Andererseits wollten wir Menschen den Untergrund nutzen, etwa für die Geothermie oder die Förderung von Bodenschätzen. Dafür müssten wir ihn jedoch vorher einschätzen können. „Und dafür übersetze ich Daten in Modelle unterschiedlicher Gebiete.“

Ihre Fähigkeit des Übersetzens nutzt sie auch an anderen Stellen, etwa als Sprecherin des Programmthemas Georessourcen, das sich mit der Erkundung und der Nutzung unterirdischer Ressourcen beschäftigt. Dort baut sie Brücken zwischen Grundlagen- und angewandter Forschung.

Scheck-Wenderoth ist 50 Jahre alt, verheiratet und hat einen erwachsenen Sohn. Die Familie und die Freunde sind ihr wichtig, um die Bodenhaftung zu behalten, erzählt sie. Zur Geologie kam sie 1987, weil sie das Zusammenspiel unterschiedlicher Naturwissenschaften und die Arbeit im Gelände faszinierte. Kurz nachdem sie zum Hauptstudium →

ZUR PERSON

- Studium der Geologie in Tübingen und an der TU Berlin
- Promotion in Geologie am GFZ Potsdam und an der FU Berlin
- Teilnehmerin der Helmholtz-Akademie für Führungskräfte
- Mentorin in der Helmholtz-Talentförderung

POSITIONEN

- Direktorin des Departments Geotechnologien und Leiterin der Sektion Sedimentbeckenmodellierung am GFZ Potsdam
- Professorin für Sedimentbeckenanalyse an der RWTH Aachen
- Gewähltes Mitglied im DFG Fachkollegium
- Generalsekretärin des International Lithosphere Program

Untergrundmodell Grafische Darstellung der Grundwasserströmungen in Berlin.
Bild: Magdalena Scheck-Wenderoth

ONLINE

Mehr Portraits finden Sie hier:

→ **www.helmholtz.de/portraits/**

TALENTE

Mehr über die Talentförderung bei Helmholtz erfahren Sie hier:

→ **www.helmholtz.de/karriere_talente/**

von Tübingen nach Berlin zog, brachte sie ihren Sohn zur Welt. Dass sie ihr Studium erfolgreich abschließen konnte, verdankt sie auch ihrer Großmutter. „Zu den Prüfungszeiten kam sie nach Berlin und half mir im Haushalt."

Seit 2013 ist sie zudem Professorin für Sedimentbeckenanalyse an der RWTH Aachen und lehrt, wie und warum Sedimentbecken absinken, welche Druck- und Temperaturbedingungen die Ablagerung von Sedimenten begleiten und wie dabei Rohstoffe entstehen. Im Wintersemester gibt sie Seminare, im Sommersemester leitet sie einen sogenannten Geländekurs, bei dem Gesteine und Strukturen vor Ort studiert werden – „ein Highlight des Jahres". Dass die Zeit im Gelände durch den Bolognaprozess reduziert wurde, sieht sie kritisch: „Geologie lernt man nicht nur am Schreibtisch". Sie selbst ist möglichst oft draußen unterwegs und hat einen großen Garten. „Das hilft, wenn man die ganze Woche nur mit dem Kopf arbeitet", sagt sie. Ihr Faible für die Modellierung hängt damit zusammen, dass sie früher wegen ihres Sohnes gebundener war. „Weil ich nicht so viel ins Gelände konnte, wie ich gerne wollte, habe ich es mir eben dreidimensional nachgebaut", sagt sie.

Ihre erste Modellierung war bereits Thema ihrer Promotion, die sie von 1994 bis 1997 an der FU Berlin in Zusammenarbeit mit dem GFZ absolvierte. Dabei wollte es das Glück, dass sie die Nordhälfte der ehemaligen DDR als Arbeitsgebiet wählte. Mit etwa 80 Tiefbohrungen verteilt über das nordostdeutsche Becken war die DDR geologisch sehr gut erkundet. „Und im Gegensatz zum Westen waren diese Daten alle in einer Hand und einheitlich bearbeitet." Sie versuchte, so viele zu bekommen wie nur möglich und führte sie zusammen. „Die Daten konnte ich zum ersten Mal dreidimensional zusammenpacken. Das hatte zuvor niemand für ein so großes Gebiet gemacht." Dann fügt sie an: „Man muss dazu sagen, die Idee kam von meinem Doktorvater Ulf Bayer. Der war überhaupt sehr inspirierend." Er unterstützte sie außerdem nach Kräften: „Wenn ich wegen meines Sohnes früher weg musste, dann sagte er immer: ‚Hauptsache du lieferst Ergebnisse. Wie du das machst, liegt in deiner Regie.' Das war für die Zeit revolutionär."

Sie erlebte aber auch Situationen in ihrem Berufsleben, in denen Männer meinten, ihr Komplimente zu machen, wenn sie etwas sagten, wie: „Das war ja mal ein erfrischender Vortrag von einer jungen Wissenschaftlerin. Und hübsch ist sie auch noch." Heute hat sie für solche Sprüche schlagfertige Antworten parat. Und sicher hat diese Erfahrung damit zu tun, dass sie sich als Gleichstellungsbeauftrage am GFZ engagierte. Als Übersetzerin zwischen den Geschlechtern.

Einen Grund, dass in ihrem Fach der Frauenanteil in der Phase zwischen Promotion und Post-Doc-Zeit von 50 auf etwa 20 Prozent schrumpft, sieht sie in unbewussten Verhaltensmustern. „So lange in den Auswahlgremien mehrheitlich Männer sitzen, werden die auch mehrheitlich Männer einstellen. Schlicht, weil man in einer Gruppe mit Kollegen des gleichen Geschlechts einfacher reden kann. Davon sind auch Frauen nicht frei. Ich muss aufpassen, dass ich nicht nur Frauen einstelle", sagt sie.

Für die Zukunft liegt ihr die Arbeit in zwei Gremien am Herzen: Sie ist in eines der Fachkollegien der Deutschen Forschungsgemeinschaft gewählt worden, in dem künftige Forschungsvorhaben bewertet werden. Zudem ist sie Generalsekretärin des International Lithosphere Program. Das ist ein weltweites Netzwerk, das sich mit dem festen Teil der Erde beschäftigt. Doch auch fachlich gibt es Ambitionen. Sie zeigt auf die Grafik mit den bunten Wirbeln. „Ich will in meiner aktiven Zeit noch erleben, dass man die Wärmeversorgung umstellt, vom Verbrennen fossiler Rohstoffe hin zur verstärkten Nutzung von Erdwärme. Dazu trage ich mit meinen Untergrundmodellen bei." ◆

Jochen Müller

Eine Glosse von Henning Krause

„Physik mochte ich ja noch nie!“

Der Physik-Unterricht in der Schule ist grottenschlecht. Er hat nichts mit dem Leben der Schülerinnen und Schüler zu tun. Die Lehrpläne sind heillos überfrachtet. Die mathematischen Methoden sind viel zu komplex. Stoff gibt’s in Hülle und Fülle, aber gerade deswegen sollte er dringend reduziert werden.

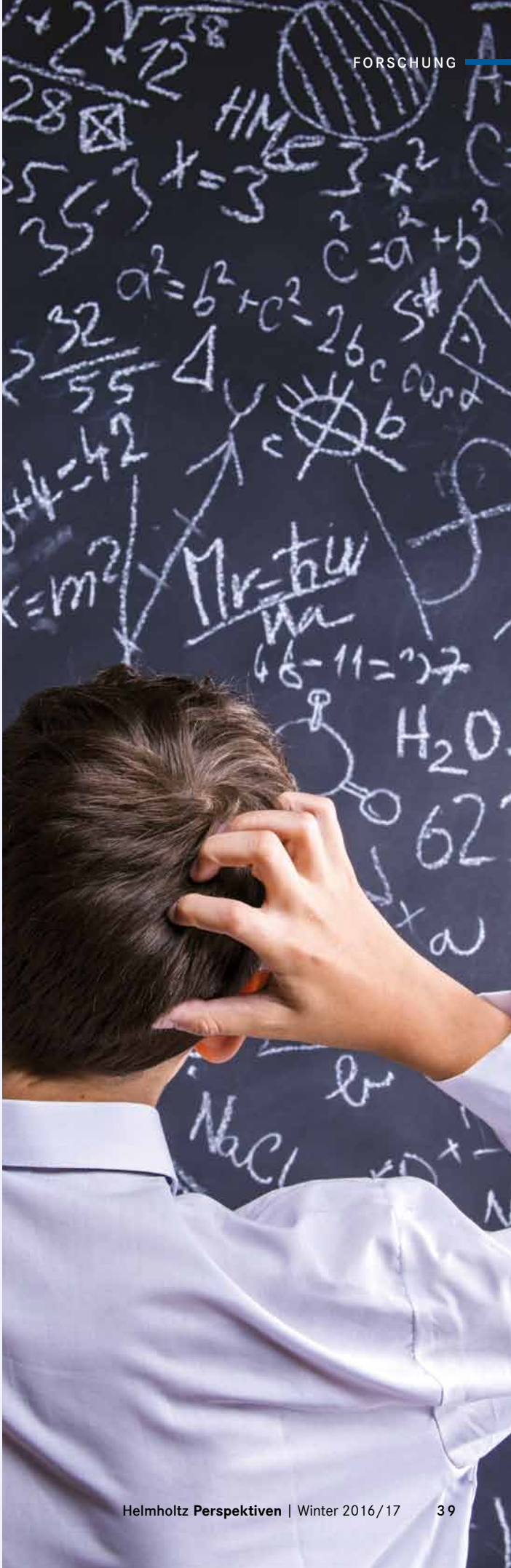
Was wie ein Aufruf zur Revolution in den Physik-Räumen deutscher Schulen klingt, stammt nicht von irgendwelchen Reform-Pädagogen. Es war auch nicht der Günther Jauch-Kandidat, der seine falsche Antwort mit dem Satz rechtfertigte: „In Mathe und Physik war ich schon immer schlecht.“ Und nein, die Fundamentalkritik kommt auch nicht von den Idiotischen Abiturienten gegen die Physikalisierung des Abendlands (IAgPA).

Halten Sie sich fest: Dass der Physik-Unterricht grundlegend reformiert gehört, sagt die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG), die Mutter der Formeln, Gleichungen und Fliehkräfte. Die Standesorganisation der deutschen Physikerinnen und Physiker stellte vergangenen Sommer im Informationsblatt „Physik konkret“ fest: Physik gehört zu den unbeliebtesten Schulfächern. Na herzlichen Glückwunsch zu dieser Einsicht! Hätten sie mal auf die Schülerinnen und Schüler gehört, die das seit Jahrzehnten schon sagen.

Da fragt man sich doch, welche Standesorganisation als Nächstes mit derart bahnbrechenden Erkenntnissen aus ihrem Trägheitsmoment erwacht und eine ganze Wellenlänge nach vorn stürmt: Der Zahnärzte-Verband stellt fest, dass Menschen ungerne zum Zahnarzt gehen? Oder das Finanzministerium verkündet, dass die Bürgerinnen und Bürger lieber weniger Steuern zahlen würden? Vielleicht weiß am Ende sogar der Hundebesitzerverein, wer an den ganzen Hundehaufen auf unseren Gehwegen Schuld ist!

Aber zurück vom Hundekot am Schuh zur Physik-Stunde bei Herrn Stingl. Ja, auch für ihn ist es die sechste Stunde! Und nein, er weiß auch nicht, warum das Experiment jetzt schon wieder nicht so geklappt hat, wie es im Buch steht. Jetzt kommt aber mal bitte Jessica an die Tafel und rechnet uns den Lösungsweg vor, inklusive Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm. Torben, Mehmet! Jetzt ist aber mal Ruhe da hinten! Und bis Freitag macht ihr die Textaufgaben zur Energieerhaltung auf Seite 23.

„Weniger rechnen, mehr denken“, so stellt sich die DPG den zukünftigen Physik-Unterricht vor. Hört, hört! Die Lehrinhalte müssten an die Erfahrungswelt der Jugendlichen anknüpfen. Kaum zu fassen! Ganze Generationen von Schülern mögen sich nur fragen, warum da früher keiner drauf gekommen ist. ◆



An den Ufern des Kharaa

Forschung findet nicht nur in Laboren statt. Manchmal zieht es Wissenschaftler auch nach „Janz Weit Draußen“. Unsere Reportage nimmt Sie diesmal mit auf eine Forschungsreise in die **Mongolei**.

Mongolei, Selenge-Aimag, im September 2016. 250 Kilometer nördlich von Ulan-Bator verliert sich die Piste immer wieder im Steppengras. Dann tauchen auf einmal zwei, drei und mehr Fahrspuren auf. In der mongolischen Steppe fährt jeder, wo er will. Der Fahrer des Landcruisers hat Musik angestellt: „Cheri Cheri Lady“ von Modern Talking.

Nach einer Biegung öffnet sich der Blick in ein weites Tal. Durch seine Mitte fließt in engen Windungen der Kharaa. Diesen Fluss und sein Einzugsgebiet zu erforschen, daran arbeitet Dietrich Borchardt, Leiter des Departments Aquatische Ökosystemanalyse und Management am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), mit seinem Team.

Der Kharaa entspringt in den Khentii-Bergen unweit von Ulan-Bator, etwa 300 Kilometer weiter nördlich mündet er in den Orkhon. Hier an seinem Mittellauf fließt der Kharaa durch offene Steppe. Der Uferbereich gleicht einem schlecht bewässerten Golfplatz: In sanften Wellen fällt das Gelände ab, das braungelbe Gras steht wie gestutzt, bis zur Narbe abgefressen von hunderten Schafen. Auf einer leichten Erhebung hat die Nomadin Tsegii ihre Jurte aufgeschlagen. Gekleidet in einen Deel, den traditionellen Mantel der Mongolen, sitzt sie auf einem struppigen Pferd; das mongolische Wetter hat tiefe Falten in ihr Gesicht geschnitten. 300 Schafe habe sie zu hüten, erzählt Tsegii. Zum Besitz ihrer Familie gehören außerdem 100 Pferde und 50 Kamele. Der Kharaa ist die Tränke für diese Herden.

Seine Wasserqualität schwankt jedoch immer stärker. Das liegt an den wirtschaftlichen und sozialen Umbrüchen, welche die Mongolei derzeit erlebt. In den vergangenen Jahren sind die Viehbestände im Land gewaltig gewachsen. Im Jahr 2003 gab es 25 Millionen Tiere, gute zehn Jahre später waren es knapp 52 Millionen. Überall liegt der Dung der Tiere. Das schlägt auch auf die Wasserqualität durch, sagt Borchardt.

Im Kharaa-Gebiet sind nur etwa 35 Prozent der Bevölkerung an ein Abwassersystem angeschlossen, die Kläranlagen in einem beklagenswerten Zustand. Rund um Darkhan, mit 80.000 Einwohnern die größte Stadt der Region, haben sich Nomadenfamilien mit ihren Jurten niedergelassen. Trinkwasser holen sie mit Kanistern an so genannten Wasserkiosken, die →

Durch die Mitte fließt ein Fluss
Der Kharaa in der mongolischen Steppe ist Schwerpunkt der Forschungsarbeiten am UFZ.
Bild: André Künzelmann/UFZ

Leben in der Mongolei Die Arbeits- und Forschungsbedingungen in der Mongolei unterscheiden sich erheblich von denen in Deutschland. Dank seiner Bodenschätze träumt das Land von einer Zukunft im Wohlstand. Bis dahin ist es aber noch ein weiter Weg. Bilder: André Künzelmann/UFZ

Abwässer landen meist in improvisierten Latrinen. Hier lässt sich modellhaft beobachten, vor welchen wasserwirtschaftlichen Problemen die ganze Mongolei steht.

Das Land träumt wegen seiner riesigen Bodenschätze von einer Zukunft im Wohlstand. Die ausländischen Direktinvestitionen in diesem Bereich machen etwa ein Drittel der gesamten Wirtschaftsleistung der Mongolei aus. Mehr als 1.000 Abbau- und 3.200 Schürfrechte hat die Regierung bereits erteilt. Im Kharaa-Gebiet ist es Gold, das internationale Konzerne anzieht. An einem der Kharaa-Zuflüsse betreibt ein kanadisches Unternehmen bereits seit Jahren eine Goldmine, erst kürzlich wurde eine weitere Mine genehmigt.

„Es gibt hier bereits große Quecksilber-Altlasten durch den Bergbau, diese chronischen Belastungen mit Schwermetallen stellen eine erhebliche Gefährdung der Trinkwasserqualität dar“, sagt Dietrich Borchardt. Die entscheidende Frage für die Zukunft sei, wo man Bergbau zulassen wolle – und wo eben nicht.

Seit 2006 arbeitet Borchardt mit seinem Team an integrierten Wassermanagement-Konzepten für die Region; MoMo nennen sie das Projekt. Die MoMo-Leute haben im Gebiet des Kharaa mehrere Messstationen aufgebaut, die laufend aktualisierte Daten zur Wasserqualität des Flusses liefern. Sie haben die Wasserversorgung in der größten Stadt der Region, in Darkhan, untersucht, und Pilotanlagen zur Abwasserreinigung aufgebaut. Damit wollen sie die Grundlagen für eine nachhaltige Wasserwirtschaft legen. Das ist auch das erklärte Ziel der mongolischen Regierung, die 2013 einen umfassenden Plan zum Wasser-Management für die gesamte Mongolei vorgestellt hat. Unklare Zuständigkeiten und häufige Personalwechsel bei den mongolischen Behörden erschweren aber die praktische Umsetzung.

Das zeigte sich etwa am 19. September 2016 in Ulan-Bator. Im Bauministerium der Mongolei traf sich der Beirat des MoMo-Projekts. Ihm gehörten neben Forschern aus Deutschland zahlreiche Vertreter mongolischer Behörden an – Ministerialbeamte, Vertreter der Lokalverwaltungen, Universitätsmitarbeiter. In dem Gremium sollten wichtige Weichenstellungen für das Projekt diskutiert werden. An diesem Vormittag erschienen jedoch statt der bekannten Projektkollegen reihenweise neue Gesichter. Eine Folge der Parlamentswahlen wenige Monate zuvor: Die neue Regierung hatte nahezu alle Posten im MoMo-Beirat neu besetzt. „So extrem war es noch nie“, sagt ein MoMo-Forscher. Das hieß erneut Visitenkarten austauschen, erneut das Projekt und seine Ziele vorstellen, alles ging wieder von vorne los.

„Integriertes Wassermanagement braucht Zeit, das ist eine Daueraufgabe. Das ist nichts, was man heute anfasst und dann ist es morgen gelöst“, sagt Projektleiter Dietrich Borchardt. Einige Tage später war er erneut am Kharaa unterwegs, weiter flussaufwärts, auf dem Weg zu einer Messstation am Oberlauf. In der Nacht hatte es geregnet. Aus den staubigen Pisten waren tiefe Schlammrinnen geworden. Der Geländewagen kam immer wieder bedenklich ins Rutschen. Weiter bergauf säumten Birkenwälder den Fluss wie in russischen Märchenfilmen; ein herbstliches Leuchten in Gelb und Rot durchzog das Tal. Ein Bild unberührter Natur. Hier in seinem Quellgebiet ist der Fluss ökologisch im Gleichgewicht. Das zeigten auch die Messwerte, sagt Wasserforscher Borchardt. Damit das so bleibe, dafür sei man hier unterwegs. ◆

Thomas Falkner

BILDERGALERIE

Mehr Eindrücke gibt es in unserer Bildergalerie unter:

→ **www.helmholtz.de/mongolei/**

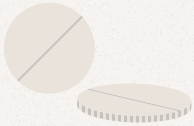
KLEINE FORSCHER

COUNTDOWN LÄUFT: MIT VITAMIN C INS ALL

(VERSUCH FÜR DRAUßEN)

DAS BRAUCHST DU:

BRAUSETABLETTEN–RÖHRCHEN



BRAUSETABLETTEN (MAGNESIUM, CALCIUM ETC.)

STOPPUHR

KALTES UND WARMES WASSER

SPRITZE

UND SO WIRD'S GEMACHT:

1. Fülle das Brausetabletten-Röhrchen zur Hälfte mit Wasser und gib eine Brausetablette hinein.
2. Verschließe das Röhrchen und stelle es mit dem Deckel nach unten auf den Boden.
3. Geh nun zügig aus der „Gefahrenzone“ und beobachte, was passiert: Das Brausetabletten-Röhrchen schießt mit einem lauten „Plopp“ in die Höhe. Der Deckel, ein Rest der Tablette und das Wasser bleiben am Boden zurück.

Für weitere Versuche gib je eine halbe Tablette in das Röhrchen und erhöhe die Wassermenge in 5 ml-Schritten (mit einer Spritze abmessen). Wie lange dauert es, bis die Rakete abhebt? Wie ändert sich die Flughöhe? Bei welcher Wassermenge steigt sie am höchsten?

Fülle die Rakete jetzt mit der Wassermenge, bei der sie am höchsten geflogen ist, und gib einmal eine ¼, dann eine ½, dann eine ¾ oder eine ganze Tablette dazu. Ist eine Änderung von Startzeitpunkt oder Höhe erkennbar? Du kannst den Versuch auch mit warmem Wasser wiederholen. Beeinflusst die Wassertemperatur Startzeit oder Flughöhe?

ERKLÄRUNG:

Brausetabletten enthalten Zitronensäure und Natriumhydrogencarbonat. Löst man die Tablette in einem mit Wasser gefüllten, nicht verschlossenen Brausetabletten-Röhrchen auf, kann man beobachten, dass es zu sprudeln beginnt und Schaum aus dem Gefäß gedrückt wird. Gleichzeitig wird die Tablette kleiner, bis nur noch weiß gefärbtes Wasser mit vielen Gasblasen zurückbleibt.

Die Blasen bestehen aus Kohlenstoffdioxid (CO_2), das sich bei der Reaktion der Zitronensäure mit dem Natriumhydrogencarbonat gebildet hat. Solange das CO_2 aus dem Brausetabletten-Röhrchen entweichen kann, ist für einen ständigen Druckausgleich gesorgt. Bei geschlossenem Deckel steigt der Druck im Innern des Röhrchens an, bis der Deckel nicht mehr standhalten kann.

Dieses Experiment stammt von das DLR_School_Lab-Lampoldshausen/Stuttgart.

www

ONLINE

Mehr über die Schülerlabore unter:

→ **www.helmholtz.de/schuelerlabore/**

HELMHOLTZ
GEMEINSCHAFT

www.helmholtz.de/perspektiven/