

GESUNDHEIT  
Beim Schlaf zählt  
die Qualität

18

# HELMHOLTZ

PRO UND CONTRA  
Sind selbstfahrende  
Autos sicherer?

22

# PERSPEKTIVEN

ENDLAGER  
Die Suche geht  
weiter

30

DAS MAGAZIN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT | NR 01 | JANUAR – FEBRUAR 2016

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



## Uns geht der Sand aus

Warum ein Rohstoff, den es eigentlich im Überfluss gibt, weltweit knapp wird

# Wissensplattform „Erde und Umwelt“

Vernetztes Wissen des Forschungsbereiches Erde und Umwelt  
Naturgefahren • Klimawandel • Schadstoffe





# → HELMHOLTZ extrem

Der lauteste Arbeitsplatz

Bis zu 263 Dezibel ist der Knall laut, den Thomas Jordan an seinem Arbeitsplatz erzeugt. Daneben klingt ein startendes Düsenflugzeug mit seinen rund 110 Dezibel fast wie ein Flüstern. „Eine solche Lautstärke ist für einen Arbeitsplatz bei Weitem nicht zulässig“, sagt Jordan, der am Karlsruher Institut für Technologie die Arbeitsgruppe Wasserstoff leitet. Allerdings werde der Lärm durch Schutzgefäße gedämpft, die ihn auf eine erträgliche Lautstärke reduzieren.

Jordan und seine Kollegen untersuchen das dynamische Verhalten von Flammen in brennbaren Gasgemischen, insbesondere von Wasserstoff-Luft-Mischungen: Vermischt sich Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft, kann es bei Zündung zu einer heftigen Explosion kommen. Bereits ein Kilogramm Wasserstoff kann dabei die Wirkung von bis zu 30 Kilogramm TNT entwickeln. Ihre Experimente führen die Karlsruher Forscher daher in mehreren großen, mit Metall ummantelten Schutz-

gefäßen durch. „Wasserstoff-Explosionen spielen bei kerntechnischen Unfällen eine wichtige Rolle, da sie den sicheren Einschluss der radioaktiven Materialien gefährden“, sagt Jordan. In Kernkraftwerken gibt es zwar keinen reinen Wasserstoff, er kann aber bei extrem hohen, unfallbedingten Temperaturen an den Hüllen der Brennstäbe entstehen und durch eine Explosion zu erheblichen Schäden am Sicherheitseinschluss oder an den Reaktorgebäuden führen.

Wasserstoff wird aber auch als ein Energiespeicher erforscht, der entweder als Brennstoff in konventionellen Motoren und Turbinen oder in Brennstoffzellen zur direkten Stromerzeugung effizient und sauber eingesetzt werden kann. Der ohrenbetäubende Lärm in Jordans Forschungsanlagen trägt also dazu bei, Wasserstoff künftig noch sicherer zu machen. —

Rebecca Winkels

## Hier knallt's

In diesen Schutzgefäßen untersuchen KIT-Forscher, wie Wasserstoff verbrennt.

Bild: KIT

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





## Impressum

### Helmholtz Perspektiven

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

### Herausgeber Helmholtz-Gemeinschaft

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

**Bildnachweise** Umschlag/Titel: Menna/shutterstock.com; Umschlag/Rückseite: Vitaly Korovin/shutterstock.com; S. 4: Kim Keibel; S. 5: Eimer Peters, ullstein bild - CARO/Andreas Teich, Ye group and Baxley/JILA, Oliver Killig, Thomas Ernsting/HA Hessen Agentur; S. 6/7: Eimer Peters; S. 18/19: ullstein bild - CARO/Andreas Teich; S. 22-24: Jindrich Novotny; S. 25: NOAA/National Climatic Data Center; S. 34/35: Veronika Mischitz/Helmholtz (CC BY-ND 3.0); S. 36: Thomas Ernsting/HA Hessen Agentur; S. 38: Sebastian Laubert, Helmholtz/Ausserhofer; S. 39: Helmholtz-Zentrum Berlin

### Chefredakteur Andreas Fischer

**Redaktionelle Mitarbeit** Kristine August, Bianca Berlin, Saskia Blank, Eric Hilgendorf, Kilian Kirchgeßner, Mareike Knoke, Roland Koch, Karsten Lemmer, Friederike Lübke, Nicola Reusch, Antonia Rötger, Christopher Schrader, Nicole Silbermann, Rebecca Winkels

### Artredaktion Franziska Roeder

**Gestaltungskonzept** Kathrin Schüller, Grafikdesign  
**Druck/Vertrieb** ARNOLD, Großbeeren

ISSN 2197-1579

Papier Circle Silk®



## Liebe Leserinnen und Leser,

Kohle, Erdöl und Erdgas werden uns irgendwann ausgehen. Diese fossilen Brennstoffe sind ein begrenztes Gut. Auch dass sauberes Trinkwasser in vielen Regionen der Erde mittlerweile ein begehrter Rohstoff ist, überrascht niemanden mehr. Doch wer hätte gedacht, dass ausgerechnet Sand eine Ressource ist, die knapp zu werden droht? Vor allem der weltweite Bauboom führt zu einer immer größeren Nachfrage. Mancher wird denken: Sand haben wir doch genug – allein in der Sahara. Und das stimmt auch. Nur eignet sich Wüstensand nicht zum Bauen, da seine Körner zu glatt sind. Sand von Stränden oder vom Meeresboden muss es ein, und diese Lagerstätten sind begrenzt. Mittlerweile ist der Sandpreis derart gestiegen, dass in manchen Regionen Raubbau betrieben wird. Das ist jedoch nicht das einzige Problem: Der Sandabbau mit Saugbaggern hinterlässt tiefe Löcher im Meeresboden und wirbelt Sediment auf, das sich in der Umgebung wieder absetzt und viele Bodenlebewesen unter sich begräbt. Am Ende leidet das ganze Ökosystem, weshalb zum Beispiel Fischpopulationen abwandern oder Küsten erodieren. Welche Ausmaße die Folgen des Sandabbaus haben können und welche Alternativen es gibt, erfahren Sie in unserer Titelstrecke. → Seite 6

Die ersten selbstständig fahrenden Autos und Lkw werden hierzulande bereits auf speziellen Strecken getestet. Zugegeben, die Vorstellung ist reizvoll, sich vom eigenen Auto chauffieren zu lassen und dabei ein Buch zu lesen oder ein Nickerchen zu halten. Aber wie soll sich das Fahrzeug verhalten, wenn plötzlich jemand auf die Straße springt? Lesen Sie zwei Meinungsbeiträge zum Für und Wider autonomer Fahrzeuge. → Seite 22

Das Ende des Atomzeitalters in Deutschland rückt in greifbare Nähe. Ein Endlager für die radioaktiven Abfälle ist allerdings noch nicht gefunden. In diesem Jahr startet die Suche aufs Neue. Welche Voraussetzungen ein Lagerort erfüllen muss und welche chemischen Reaktionen und Wechselwirkungen in den kommenden Jahrhunderten und Jahrtausenden der Lagerung voraussichtlich berücksichtigt werden müssen, untersuchen Forscher am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf. → Seite 30

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen und bin wie immer gespannt auf Ihre Fragen und Anregungen per Mail an [perspektiven@helmholtz.de](mailto:perspektiven@helmholtz.de).

Ihr Andreas Fischer

*Chefredakteur*



## Abonnement

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





## TITELTHEMA

## 06 VON WEGEN „WIE SAND AM MEER“

Weltweite Sandvorkommen werden knapp. Mittlerweile gefährdet der Abbau ganze Ökosysteme

## 12 INTERVIEW: BAUSCHUTT- RECYCLING ALS ALTERNATIVE ZUM SANDABBAU

## 03

Helmholtz extrem  
Der lauteste Arbeitsplatz

## 14

Telegramm

## 17

Nachgefragt  
Kann Alkohol wirklich blind machen?



## 18

Gute Nacht  
Erholsamer Schlaf ist nicht nur gut für die Laune, sondern auch für die Gesundheit

## 22

Auf Autopilot?  
Zwei Blickwinkel: Karsten Lemmer und Eric Hilgendorf zu selbstfahrenden Autos

## 24

*Bildung allein reicht nicht!*  
Ein Kommentar von Christopher Schrauder über den Irrglauben, dass Bildung alle Probleme lösen kann

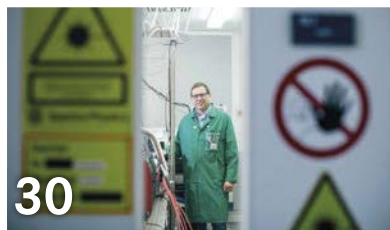
## 25

Können wir das Wetter kontrollieren?  
Eine Geschichte aus dem Journal für ungelöste Fragen



## 26

Im Grenzbereich der Wissenschaft  
Eine Exkursion zu den Grenzen der Forschung



## 30

Auf Nimmerwiedersehen  
Forscher untersuchen, wie das perfekte Endlager für Atommüll aussehen sollte

## 34

Comic  
Zahlen verstehen – Zahlen verdrehen



## 36

Im Rausch der Beschleunigung  
Der Physiker Jens Stadlmann im Porträt

## 38

Personalien

## 39

Kleine Forscher  
Kristalle – im Großen wie im Kleinen!





**Rohstoff Sand** In John Obey, Sierra Leone, ist der Sandabbau bis heute ein Problem. Im Jahr 2014 erließ Präsident Ernest Bai Koroma eine Anordnung, um den Abbau einzudämmen. Das Ergebnis: Der Betrieb wurde zwei Wochen ausgesetzt und danach im gleichen Maße wie zuvor fortgeführt. Bild: Eimer Peters





# VON WEGEN „WIE SAND AM MEER“

Die weltweiten Sandvorkommen werden knapp: Die ungebremste Nachfrage vor allem aus der Bauindustrie gefährdet inzwischen ganze Ökosysteme. Auch die Forschung ist dem unterschätzten Rohstoff auf der Spur



**S**and, wohin man blickt, Millionen Quadratmeter weit, flach oder zu imponierenden Dünen aufgeschichtet: Die gigantischen Sandberge der Sahara sind bis zu 100 Meter hoch, können über eine Million Tonnen Sand in sich versammeln und leuchten gelb, beige, hellgrau, orange. In anderen Regionen der Erde ist Sand schneeweiß, dunkelgrau, gesprenkelt oder auch blutrot – in unzähligen Farbschattierungen, die das bloße Auge kaum erfassen kann, je nachdem, welches Gestein an der Entstehung des Sandes vor Tausenden von Jahren beteiligt war.

Der Sand hat aber nicht nur ästhetische Reize: An den Küsten und am Grund der Ozeane ist er ein Tummelplatz für Tausende Lebewesen. Und er dient als Bollwerk gegen die anbrandenden Wellen, schwächt deren Wucht, schützt so die Küstenbewohner. Doch genau dieses Ökosystem ist vielerorts gefährdet: Der Sand schwindet, er wird in großen Mengen abgebaut. Für Beton, Glas, Computerchips, Papier, Putzmittel, Zahnpasta, Kosmetika und vieles mehr ist er unverzichtbarer Bestandteil. Nach Angaben der Umweltbehörde der Vereinten Nationen wird mit Ausnahme von Wasser keine andere Ressource in so großen Mengen verbraucht. „Sand, rarer than one thinks“ hat die Behörde deshalb 2014 ein Dossier überschrieben. Wegen der gewaltigen Nachfrage sind in den vergangenen Jahren die Kosten für Sand explosionsartig gestiegen – und er ist zum

Forschungsobjekt für Wissenschaftler geworden, die nach Alternativen suchen.

„Sand ist der unbekannte Held unserer Zeit“, sagt der britische Geologe Michael Welland von der University of Nottingham: Keine Wolkenkratzer aus Stahlbeton, keine Straßen wären ohne Sand denkbar. 15 Milliarden Tonnen werden jährlich weltweit aus der Natur abgebaut, an Land und am oder im Meer. Der Meeressand eignet sich zum Beispiel sehr gut für die Herstellung von Beton, weil Zement optimal an die oft unregelmäßig geformten, eher eckigen Körner anhaften kann. Für den Abbau kommen riesige schwimmende Saugbagger zum Einsatz, deren Rüssel bis zu 150 Meter in die Tiefe reichen. Wüstensand, der besser verfügbar wäre, eignet sich wegen seiner glatten, runden Körnerform für viele Einsatzgebiete nicht (Interview S. 12), sodass Sand aus dem Meer verwendet wird, wenn keine anderen Sand- und Kieslagerstätten verfügbar sind.

### In Saudi Arabien stirbt ein ganzes Korallenriff ab; in anderen Regionen ersticken Algen und Seegräser

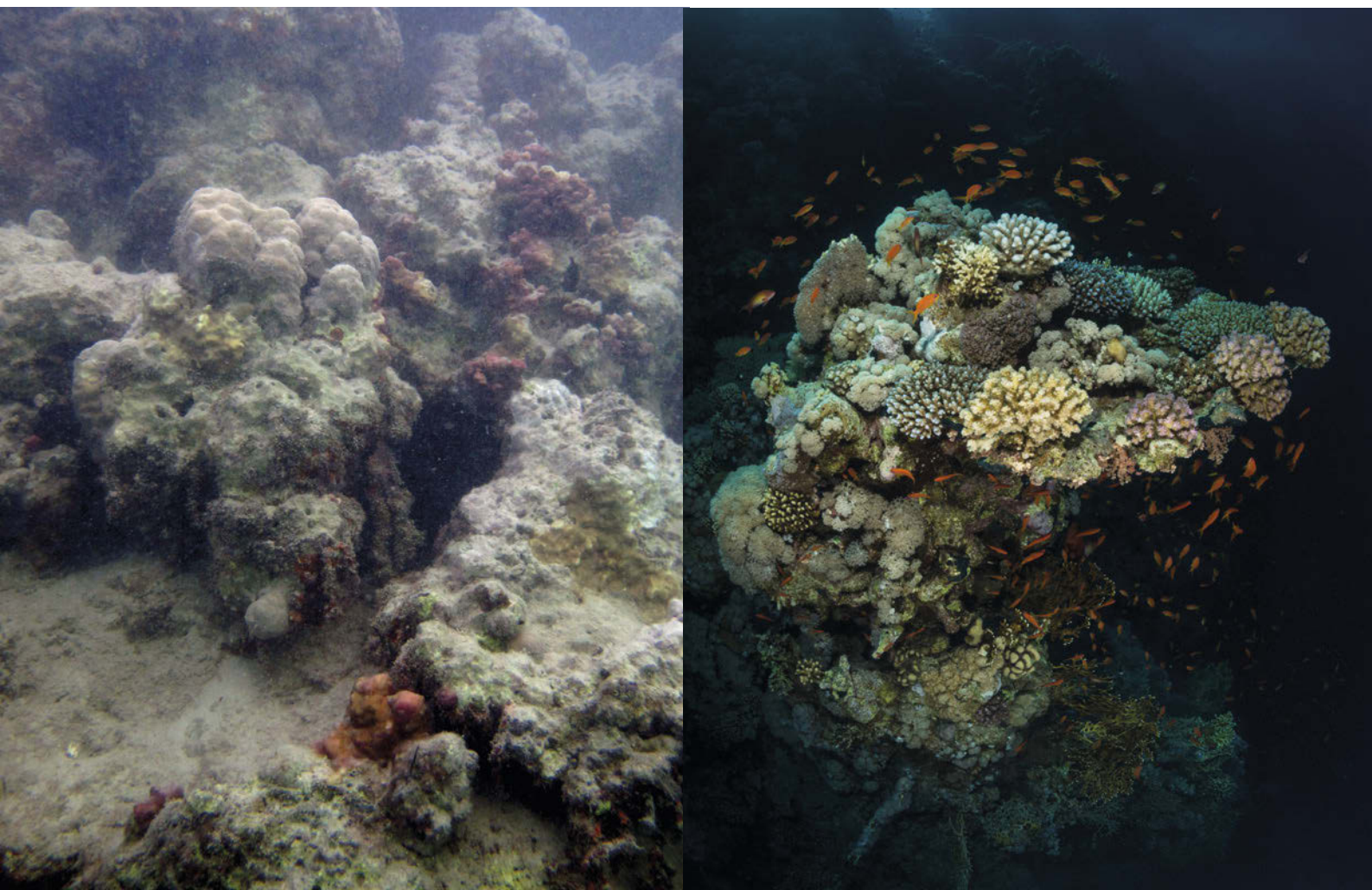
Die Folgen des Abbaus für die Ökosysteme sind oft verheerend: Die Saugrüssel wirbeln das Sediment mitsamt seiner Bewohner auf und hinterlassen Löcher im Meeresgrund. Und die Ozeane reagieren empfindlich auf Veränderungen: Von der Wasseroberfläche bis hinein ins Sediment stören die Bagger eine komplexe Abfolge von Schichten.

„Schon der Vorgang des Sandabsaugens stellt einen Störfaktor dar: Sandstaubbahnen verbreiten sich kilometerweit um die Abbaustelle, das Sediment lagert sich an anderer Stelle wieder ab, wo es eigentlich gar nicht hingehört und wo es die dortige Sedimentzusammensetzung verändert oder die dort lebenden Bodenorganismen begräbt“, sagt Martin Wahl. Er ist Meeresbiologe am GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung in Kiel und Mitglied des dort angesiedelten Exzellenzclusters „Ozean der Zukunft“. In Saudi-Arabien beobachtete Wahl, wie ein komplettes Riff abstirbt, weil durch den Sandabbau fremdes Sediment die Korallen bedeckt. In anderen Regionen werden Algen und Seegräser mit Sand bedeckt und ersticken. In seinem Forschungsgebiet, der Meeresökologie, beschäftigt sich Wahl auch mit Stressfaktoren im Ökosystem. „Algen und Seegräser sind essenziell für die Ozeanhygiene. Sie binden Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) und produzieren Sauerstoff. Wird eine Fläche von zehn Quadratmetern abgesaugt, ist das



**Sandfresser** Die Saugrüssel der Baggerschiffe wirbeln das Sediment und seine Bewohner auf und hinterlassen Löcher im Meeresgrund. Bild: GEOMAR





**Sandabbau begräbt Korallen** Das Bild links zeigt ein Riff, auf dem sich durch Sandabbau aufgewirbeltes Sediment abgelagert und die Korallen unter sich begraben hat. Zum Vergleich rechts ein intaktes Korallenriff. Bild links: Christian Lieberum/GEOMAR; Bild rechts: picture alliance/Borut Furlan

noch kein Problem – sind es aber zehn Quadratkilometer, wird es zum großen Problem.“

**Wenn Strände leergebaggert werden, kann kein Sand zurück ins Meer gespült werden; eine Regeneration ist kaum noch möglich**

Tiere, die am Meeresboden leben – Schnecken, Würmer, Stachelhäuter oder kleine Krebse – beziehen ihre Nahrung aus den oberen lichtdurchfluteten Schichten des Meeres. Diese sogenannte benthopelagische Kopplung – die Aufnahme und Abgabe von Nährstoffen an der Grenze von Sediment und Wasser – ist ein wichtiger Prozess im globalen Kohlenstoffkreislauf. Denn auf diese

Weise wird das an der Meeresoberfläche durch Photosynthese gebundene  $\text{CO}_2$  in die Sedimente am Meeresboden transportiert. Verschlechtern sich die Lebensbedingungen für die Tiere im Sediment, wandern sie ab. Das löst eine Kettenreaktion aus: „Weil die kleineren Lebewesen die Nahrung für größere Fische bilden, wandern diese ebenfalls aus dem Gebiet ab. Und so weiter. Am Ende der Kette stehen die Fischer, die in ihren angestammten Gebieten nichts mehr fangen“, sagt Wahl.

Wahls Kollege Klaus Schwarzer, Geologe an der Universität Kiel, beschäftigt sich mit den langfristigen Folgen des Sandabbaus. „Jede Küstenregion regeneriert sich unterschiedlich schnell oder auch gar nicht – es gibt keine Gesetzmäßigkeiten“, sagt er. Wenn beispielsweise Strände für die Herstellung von Beton leergebaggert werden ►



**Leergebaggert** An diesem Ort in Marokko war mal ein Strand, umfangreicher Sandabbau hat ihn in eine Mondlandschaft verwandelt.  
Bild: Einzelbild aus der Dokumentation „Sand - Die neue Umweltzeitbombe“ (<https://vimeo.com/ondemand/sandwars>)

und dort das blanke Gestein zurückbleibt – wie etwa in Marokko geschehen –, kann kein Sand vom Strand ins Meer nachgespült werden, eine Regeneration ist dann kaum möglich. Schwarzer hat in der Andaman-See vor Thailand im Rahmen eines Tsunami-Projektes regelrechte Mondlandschaften unter Wasser gesehen: „Da war kaum noch Leben.“ Dort war kein Sand, sondern das Mineral Kassiterit massenhaft abgebaut worden, das für die Zinnproduktion benötigt wird. In den Kratern hatte sich ein sauerstoffarmes Milieu gebildet. Ähnliches kann in großen, tiefen Sandaushubblöchern geschehen.

Auch in der Ost- und in der Nordsee hat Klaus Schwarzer im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte vor ein paar Jahren Aushubblöcher untersucht. „Vor dem Fischland an der vorpommerschen Ostseeküste kam es zu einer relativ schnellen Regeneration; im Tromper Wiek vor Rügen waren dagegen auch nach 15 Jahren noch Spuren des Aushubs aus DDR-Zeiten zu sehen.“ Und in der Nordsee vor Sylt dauert es offenbar

noch länger – „in den Löchern, aus denen man Sand für Aufschüttungen abgesaugt hatte, war nach mehreren Jahren so gut wie keine Regeneration zu beobachten“, sagt Schwarzer.

**Etwa die Hälfte des von Flüssen  
geführten Sandnachschiebs erreicht  
durch Stauseen und Begradigungen  
nie das Meer**

„Es ist ein gefährlicher Irrtum zu glauben, Sand sei eine schnell nachwachsende Ressource. Das ist er nicht“, warnt der Geologe Kay-Christian Emeis, Institutsleiter am Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Zentrum für Material- und Küstenforschung. „Sand ist im Grunde nichts Anderes als ein Zerkleinerungsprodukt von geologisch älteren Gesteinen, das durch Erosion entsteht. Doch dieser Prozess dauert eben Zehntausende von Jahren“, erläutert Emeis. „Sand wird von Gletschern zermahlen und über Flüsse in unsere Tiefenbenen,



an die Küsten und ins Meer transportiert. Durch physikalische Einwirkungen – die Energie des fließenden Wassers, die Reibung am Untergrund im Flussbett – erhält der Sand seine typische Korngröße und Form.“

Das Verschwinden des Sandes und das Schrumpfen der Strände hängen nicht nur mit den Baggern und Sandsaugern zusammen, sondern auch mit künstlichen Eingriffen in die Natur, sagt Emeis. Staudämme beispielsweise, die den Sand auf dem Weg zum Meer abfangen, oder auch Flussbegradigungen und Betonmauern, die als Schutzwälle vor Küsten gebaut werden, beeinflussen den natürlichen Sandtransport. Etwa 50 Prozent des Sandnachschiebs, der in Flüssen geführt wird, erreicht deshalb nach Expertenschätzungen nicht das Meer.

In reichen Ölstaaten wie Dubai bildet Sand wortwörtlich das Fundament: Die künstlichen Inselwelten „The Palm Jebel Ali“, die der Emir von Dubai vor seiner Küste kreieren ließ, sind mit 450 Millionen Tonnen Sand aufgeschüttet worden – auch das nicht aus Wüstensand, weil er zu schnell wieder verwehen würde. Dubai importiert den Sand deshalb aus Australien. Dort, im Nordosten an der Küste vor Brisbane, ist die vermutlich weltweit größte Abbaustelle für marinen Sand. Fünf Milliarden Dollar verdient Australien pro Jahr mit dem Sandexport.

Doch vor allem der wilde Sandabbau ist ein Problem. Längst ist Sand zum Objekt krimineller Machenschaften geworden, hauptsächlich in Regionen der Erde, die früher nicht wie Deutschland von Gletschern bedeckt waren. Sie verfügen deshalb nicht über große Sand- und Kieslagerstätten landeinwärts, aus denen sie Bausand schöpfen könnten. Das zeigte der französische Filmemacher Denis Delestrac 2013 in seiner Dokumentation „Sand – Die neue Umweltzeitbombe“. Sein Film bewegte die Umweltbehörde der Vereinten Nationen letztlich dazu, das Verschwinden des Sandes auf ihre Agenda zu setzen.

### **Zum massenhaften Sandabbau gibt es Alternativen, zum Beispiel das Recycling von Bauschutt**

Während in der EU strenge Gesetze den Sandabbau reglementieren und beispielsweise in Deutschland und den Niederlanden Sand aus dem Meer fast ausschließlich für Aufspülungen, also für die Rückgewinnung oder für Küstenschutzmaßnahmen verwendet wird, schert sich

in Schwellen- und Entwicklungsländern wie Marokko, Thailand, Indien oder Indonesien kaum jemand um Verbote. Häufig zählt nur, dass reiche Nachbarstaaten wie die Arabischen Emirate oder Singapur bereit sind, enorme Summen für etwas zu zahlen, das kostenlos an den eigenen Stränden herumliegt. Die Folgen sind gravierend: In Indonesien etwa sind durch die Erosion bereits zwei Dutzend Inseln versunken. Was der Klimawandel dort noch nicht geschafft hat, schaffen die Sandsauger. Menschen verlieren ihre Heimat und ihre Existenzgrundlage. „Und der Teufelskreis des Sandverbrauchs setzt sich fort, wenn Tausende heimatlos gewordene Inselbewohner sich auf einer anderen Insel niederlassen und dort neue Häuser gebaut werden müssen, um sie unterzubringen“, sagt Kay-Christian Emeis.

Zum massenhaften Sandabbau gäbe es Alternativen, zum Beispiel Bauschuttrecycling. In Deutschland werden bis zu 90 Prozent des Abbruchmaterials wiederverwendet. Doch die Weiterbehandlung des Bauschutts kostet Geld. Und solange Sand noch billiger und einfacher zu haben ist, als Bauschutt zu recyceln, wird sich diese Alternative kaum durchsetzen. ■

**Mareike Knoke**



**Auf Sand gebaut** Für die künstlichen Inselwelten „The Palm Jebel Ali“ in Dubai ließ der Emir 450 Millionen Tonnen Sand aufschütten, der aus Australien importiert wurde. Bild:picture alliance/ZB/euroluftbild.de

# „Bauschutt kann leicht wiederverwertet werden“

Baustoff-Experte Dietmar Stephan im Gespräch über Alternativen zum ungehemmten Sandabbau und zu den Grenzen des Recyclings

Herr Stephan, Wüstensand gibt es in rauen Mengen. Als Baustoff ist er aber wegen seiner glatten Körnung ungeeignet. Aber könnte man ihn künftig vielleicht doch für Bauvorhaben nutzbar machen?

Wüstensand bietet keine Möglichkeiten zur Anhaftung von zum Beispiel Zement. Dies müsste man ändern, etwa durch Anreicherung mit Flugaschen. Auch bauchemische Zusatzmittel können helfen, ihn besser verarbeitbar zu machen. Eine andere Möglichkeit wäre es, hochwertigen Bausand, der aus Kiesgruben kommt oder aus dem Meer, mit Wüstensand zu vermischen und so den Verbrauch zu reduzieren.

Und mit dieser Mischung kann man dann in gleicher Qualität bauen?

Das sicherlich nicht. Aber zum Beispiel für den Straßenbau wäre die Methode geeignet. Und zum Teil kommt sie dort auch schon zum Einsatz.

Warum nutzt man sie nicht für den Bau von Wolkenkratzern?

Wüstensand enthält Salze, die dazu führen, dass der Stahl im Stahlbeton schneller korrodiert, brüchig wird. Das würde die Halbwertszeit von Bauwerken erheblich verkürzen. Dem Sand müsste das Salz zunächst durch eine gründliche Reinigung entzogen werden. Dafür müsste man aber große Mengen Süßwasser verbrauchen, was natürlich absurd wäre – denn auch das ist in den Wüstenstaaten eine knappe Ressource. Im Sand aus dem Meer dagegen kommt Salz in gelöster Form vor und lässt sich deshalb

mit einem geringeren Wasserverbrauch auswaschen.

Es gibt die Idee, zermahlenes Altglas, das ja zu einem Teil aus Sand besteht, als Beimischung für die Herstellung von Beton zu verwenden. Funktioniert das?

Ich halte das Recycling von Altglas zu Neuglas für sinnvoller, denn für die Herstellung von neuem Glas müssten sonst wieder Sand und viel Energie aufgewendet werden. Glas kann als Ersatz für Sand und Kies nur eine untergeordnete Rolle spielen – das bewegt sich vermutlich nicht einmal im Promillebereich. Es wird derzeit in Hongkong viel dazu geforscht. Dort geht es allerdings eher um die Suche nach Möglichkeiten für die Glasabfall-Entsorgung. Aber auch, wenn es darum geht, die Ressource Sand zu schonen, ist solche Forschung natürlich interessant. Bei der Verwendung von Glas gibt es allerdings ein Problem: die sogenannte Alkali-Kieselsäure-Reaktion, die dazu führt, dass Betonstraßen rissig werden und an der Oberfläche aufbrechen. Der Volksmund spricht von „Betonkrebs“. Die im Zement enthaltenen Alkalien lösen einen Teil des Glases an. Dadurch entsteht zusammen mit Wasser ein Gel, das quillt und einen hohen Druck produziert. Das ist nicht auf Glas beschränkt, das Phänomen tritt auch auf, wenn Bausand und Kies beispielsweise Anteile von Feuerstein enthalten.

Ganz ohne Bausand geht es also nicht?

Er ist leider unverzichtbar für die meisten Bauvorhaben. Deshalb halte ich Bauschutt-Recycling für vielversprechender. Wenn Bauschutt schadstofffrei ist, kann er, geschreddert und gesiebt,



Dietmar Stephan leitet an der Technischen Universität Berlin das Fachgebiet Baustoffe und Bauchemie am Institut für Bauingenieurwesen. An der Universität-Gesamthochschule Siegen hat er Bauchemie studiert und dort auch promoviert. Dann arbeitete er bei der Heidelberger Zement Group Technology Center GmbH sowie als Habilitand am Lehrstuhl für Bauchemie der TU München. Ab 2006 war er Akademischer Oberrat im Fachgebiet Werkstoffe des Bauwesens und Bauchemie der Universität Kassel, wo er 2010 habilitierte.  
Bild: FG Baustoffe und Bauchemie





**Wertvoller Rohstoff** Bauschutt könnte in recycelter Form bald den knapper werdenden Strand- und Meeressand ersetzen. Bild: picture alliance/Sodapix AG

relativ leicht wiederverwertet werden. Recyclingmaterial aus der Bauschuttaufbereitung wird heutzutage vor allem im Tief- und Straßenbau eingesetzt. Künftig sollte man den recycelten Beton auch höherwertig verwenden, also auch für die Herstellung von neuem Beton.

**Auch das ist sicher sehr aufwendig.**

Nicht unbedingt. Zu wiederverwendbarem Bauschutt werden ja nicht nur Einfamilienhäuser verarbeitet, aus denen die Dämmstoffe für die Wärmedämmung erst noch entfernt werden müssen, sondern auch andere dämmstofffreie Bauwerke wie Brücken oder alte Straßen. Und wenn man bei Gebäuden von vornherein das Recycling mitdenkt – also vorausplant,

wie sich die einzelnen Stoffe später wieder leicht und mit weniger Kostenaufwand trennen lassen –, dann kann man etwa 20 bis 30 Prozent davon dem Baukreislauf wieder zuführen. Das wäre der Idealzustand.

**Und welche Bedingungen müssen dafür erfüllt sein?**

Man bräuchte mehr Investitionen in die Forschung, um optimale Verfahren, Maschinen und Bauzusatzmittel zu entwickeln. Denn Bauschutt-Sand hat natürlich nicht die gleiche ideale Körnung wie „frischer“ Sand.

**Kaum jemand wird sich bei den hohen Kosten die Mühe machen...**

Da wäre ich mir nicht so sicher. Denn die Ressource nimmt so dramatisch ab, dass man zu Maßnahmen gezwungen sein wird. Irgendwann ist der Punkt erreicht, an dem man für Sand so viel Geld bezahlen muss, dass es nicht mehr teurer wäre, den Aufwand des Recyclings zu betreiben. ■

Interview: **Mareike Knoke**



**Jugend unter dem Eis** Der Polardorsch (*Boreogadus saida*) verbringt seine ersten Lebensjahre unter der arktischen Eisdecke. Bild: AWI/Hauke Flores

# Telegramm

Forschung +++ Forschungspolitik +++ Termine

---

## Auf der Fährte junger Polardorsche

Nach Befürchtungen von Wissenschaftlern könnte der natürliche Lebensraum des Polardorsches (*Boreogadus saida*) unter der arktischen Eisdecke verloren gehen – eine Folge des Klimawandels, die auch für andere Meereisbewohner verhängnisvoll wäre, weil der Polardorsch ihre Hauptnahrungsquelle ist. Um darüber mehr zu erfahren, arbeitet ein internationales Forscherteam mit Beteiligung des Alfred-Wegener-Instituts (AWI) mit einem neuen Fanggerät. An 13 Stationen zwischen Grönland, Spitzbergen und Russland zogen die Wissenschaftler ein speziell entwickeltes Netz unter dem Eis kilometerweit

neben dem Forschungsschiff Polarstern her. So ist es erstmals gelungen, eine große Zahl von Polardorschen zu fischen und zu ermitteln, wie sie verbreitet sind und woher sie stammen. „Bis zu unserer Expedition hatte es nur punktuelle Fänge und Beobachtungen einzelner Polardorsche gegeben“, sagt AWI-Biologin Carmen David. „Jetzt wissen wir: Direkt unter dem Eis leben vor allem ein bis zwei Jahre alte Jungfische, die sich unter anderem von Flohkrebsen ernähren.“ Auswertungen von Satellitendaten und Computermodellen lassen vermuten, dass die Fische von ihren Laichgebieten nördlich von Sibirien mit dem treibenden Eis in die zentrale Arktis gelangen. Die Forscher schätzen, dass mehr als neun Milliarden Jungfische in der östlichen Arktis unter dem Eis leben.

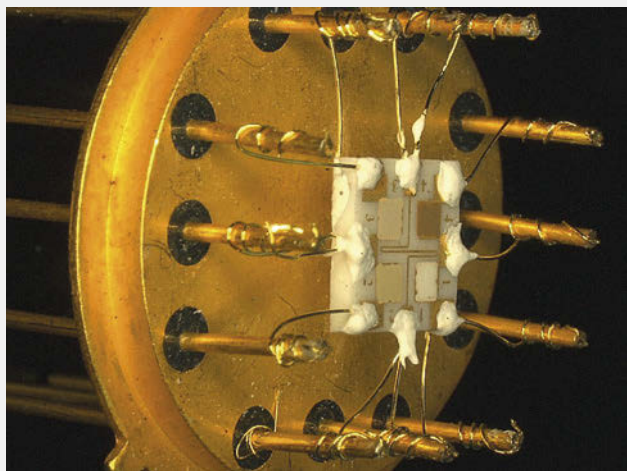


## Klimawandel braucht Artenvielfalt

Verschiedene Arten sind im Ökosystem umso stärker aufeinander angewiesen, je schlechter die Umweltbedingungen sind. Das fanden Forscher des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) heraus. Arten, die bei günstigen Bedingungen nur eine Nebenrolle spielen für das Funktionieren eines Ökosystems, können demnach unter ungünstigen Bedingungen eine Schlüsselfunktion übernehmen. Die Leitfrage der Forscher: Welchen Unterschied macht es für ein Ökosystem, ob in ihm eine, sechs oder zwölf Baum-, Vogel- oder Bakterienarten vorkommen? Manche Arten, das ist in der Biologie bekannt, überschneiden sich in ihren Aufgaben. Gehen einige davon verloren, könnten die ökologischen Prozesse weiter aufrechterhalten bleiben. Fallen jedoch Arten aus, deren Rolle nicht durch andere kompensiert werden kann, werden diese Prozesse gestört. Mit Mikroben-Mischungen fanden die UFZ-Forscher heraus, dass ein Ökosystem am besten funktioniert, je größer die Artenvielfalt ist.

## Sensoren sagen Kabelbrände voraus

Eine häufige Ursache von Feuern sind Kabelbrände. Deshalb ist es wichtig, schmorende Kabel frühzeitig zu entdecken. Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) entwickelte Hybrid-Sensoren können dabei helfen. Sie spüren Gase auf, die sich bei Hitze von der Kunststoff-Ummantelung des Kabels lösen. Die Gase sind für Menschen nicht wahrnehmbar. Außerdem lässt sich mithilfe der Sensoren bestimmen, um welches Gasgemisch es sich handelt und wie konzentriert es vorliegt. So lässt sich die Gefahr eines Brandes präzise vorhersagen.

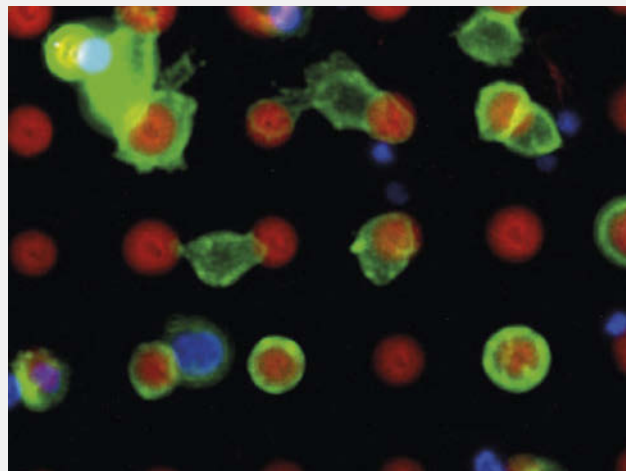


**Spüren Gas auf** Vier Sensorfelder mit verschiedenen Metalloxiden ändern ihren elektrischen Widerstand bei Kontakt mit Gas. Bild: KIT/HsKA

## Krebszellen frühzeitig aufspüren

Krebszellen im Blut frühzeitig zu erkennen, ist wegen ihrer geringen Konzentration sehr schwierig – auf eine kranke kommen

im Körper etwa eine Milliarde gesunde Zellen. Wissenschaftler am Karlsruher Institut für Technologie haben nun ein Verfahren entwickelt, mit dem sie einzelne Krebszellen in Blutproben sicher nachweisen und isolieren können. Derzeit arbeiten sie an einem Prototyp des Testverfahrens, der in Kliniken eingesetzt werden kann. Die rechtzeitige Erkennung ist wichtig, um zu verhindern, dass Krebszellen sich in neuem Gewebe einnisten, denn dadurch können Metastasen entstehen, selbst wenn der Haupttumor erfolgreich bekämpft wurde.



**Krebs früh erkennen** Auf einer präparierten Mikroarray-Plattform (rot) bleiben Krebszellen (grün) haften. Bild: Michael Hirtz/KIT

## Salz schadet dem Immunsystem

Dass zu viel Salzkonsum den Blutdruck in die Höhe treibt, ist bekannt. Aber auch auf das Immunsystem wirkt sich Salz negativ aus, wie jetzt eine Studie von Forschern am Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC) ergeben hat. Demnach schwächt zu viel Salz in der Nahrung die Fresszellen des Immunsystems. Diese bekämpfen unter anderem Entzündungen im Körper und spielen eine Rolle beim Wundverschluss. Frühere Studien hatten bereits gezeigt, dass ein hoher Salzgehalt im Essen mit einer hohen Anzahl von aggressiven Immunzellen einhergeht, die Autoimmunerkrankungen auslösen.

## Neue App zum Messen von Lichtverschmutzung

Christopher Kyba vom Helmholtz-Zentrum Potsdam (GFZ) hat mit der Firma Interactive Space eine neue Internet-basierte Anwendung entwickelt, mit der auch Bürger ihre eigenen Daten zur Lichtverschmutzung auswerten können. Durch die zunehmende künstliche Beleuchtung wird es vielerorts nachts nicht mehr richtig dunkel, was beispielsweise Auswirkungen auf den Tag-Nacht-Rhythmus von Mensch und Tier hat. Dieses Phänomen wird in Forschungsprojekten mit Bürgerbeteiligung untersucht: Anhand von Referenzsternen können auch Laien die Lichtverschmutzung an jedem Ort der Welt messen. ➡

Die neue App bündelt die Daten mehrerer Projekte und bietet außerdem die Möglichkeit, die selbst gesammelten Daten zu visualisieren und zu analysieren.

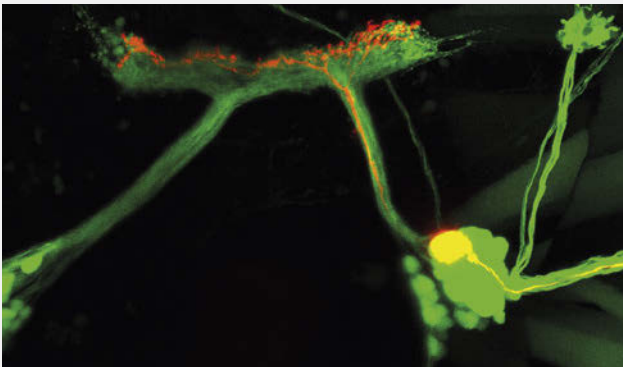
Zur App: → [www.myskyatnight.com](http://www.myskyatnight.com)



**Lichtverschmutzung** Die Lichter der Stadt Salzburg erhellen den Nachthimmel. Bild: picture alliance/Franz Pritz/picturedesk.com

## Nervenzellen mit Licht reparieren

Wenn Nerven durch neurodegenerative Krankheiten oder Unfälle beschädigt werden, lassen sie sich kaum wiederherstellen. Einen neuen Weg haben nun Forscher vom Helmholtz Zentrum München aufgezeigt: Mit einem Lichtreiz haben sie die Produktion des Enzyms cAMP erhöht, das die Regeneration von Nervenzellen unterstützt. Ihre Erkenntnis: Während ohne Bestrahlung nur etwa fünf Prozent der Nervenenden wieder als Synapsen zueinanderfanden, waren es mit Lichtstimulation schon 30 Prozent.



**Licht heilt Nerven** Eine dieser Zebrafisch-Nervenzellen trägt ein durch Licht aktivierbares Enzym (rot). Wissenschaftler konnten die Regeneration von verletzten Neuronen mithilfe optogenetischer Methoden stimulieren. Bild: Helmholtz Zentrum München

## Mehr Angebote an Billigflügen als jemals zuvor

Laut dem diesjährigen „Low Cost Monitor 2/2015“-Report des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) stieg die

Zahl der Billigflug-Verbindungen um 4,3 Prozent gegenüber dem vergangenen Jahr. Im ersten Halbjahr 2015 nutzten in Deutschland rund 32 Millionen Passagiere Low-Cost-Fluggesellschaften, was bei insgesamt 101 Millionen Fluggästen einem Anteil von nahezu 32 Prozent entspricht. Insgesamt gibt es inzwischen 754 Verbindungen im Niedrigpreissegment. Besonders beliebt sind dabei innerdeutsche Strecken. Spitzenreiter unter den Fluggesellschaften ist Germanwings mit 300 Flugzielen und rund 2200 Starts pro Woche. Wegen der wachsenden Konkurrenz und den sinkenden Treibstoffpreisen sind die Tickets im Durchschnitt billiger als im Vorjahreszeitraum.

## 80 Prozent der EU-Projekte nutzen DESCA

**Helmholtz-Büro Brüssel:** DESCA ist ein Musterkonsortialvertrag für EU-Projekte, der die Verhandlungen zwischen den Projektpartnern erleichtern soll. Koordiniert vom Helmholtz-Büro Brüssel und der Fraunhofer-Gesellschaft, wurde er gemeinsam mit Einrichtungen aus ganz Europa erstellt und für das Forschungsrahmenprogramm Horizon 2020 weiterentwickelt. Eine Umfrage über die Webseite und die DESCA Consultation Group, die etwa 100 große Forschungseinrichtungen aus Europa und darüber hinaus umfasst, ermittelte Ende 2015 seine Reichweite. Das Ergebnis: Rund 80 Prozent der EU-Projekte, in denen diese Einrichtungen involviert sind, verwenden DESCA – das bedeutet auch deutlich weniger Verhandlungsaufwand für die dort beteiligten Helmholtz-Zentren. Eine aktualisierte Fassung des Vertrags steht Anfang 2016 auf der DESCA-Webseite bereit.

Weitere Informationen: → [www.desca-2020.eu](http://www.desca-2020.eu)

## Russland vertieft Mega-Science-Projekte

**Helmholtz-Büro Moskau:** Das Budker-Institut für Kernphysik der Russischen Akademie der Wissenschaften liefert für die internationale Beschleunigeranlage FAIR in Darmstadt einen 220 Meter langen Collector-Ring sowie Magnetelemente, die zum Transport von Antiprotonen und Ionen dienen. Außerdem haben Wissenschaftler vom Budker-Institut einen sechs Meter langen und 16 Tonnen schweren Cooler für den Teilchenbeschleuniger NICA hergestellt, der in internationaler Zusammenarbeit in Dubna entsteht. Diese „Kühlung“ schärft die physikalischen Eigenschaften des erzeugten Ionenstrahls und ermöglicht so technisch anspruchsvolle Experimente. An beiden Mega-Science-Projekten sind auch Forschungszentren der Helmholtz-Gemeinschaft beteiligt. ■

Saskia Blank, Rebecca Winkels



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

Macht Schnaps blind? Alkoholische Getränke werden teilweise mit Methanol gestreckt, das der Körper in giftige Substanzen abbaut. Bild: picture-alliance/dpa

# Nachgefragt

## Kann Alkohol wirklich blind machen?

Ein Gerücht besagt, dass man durch Alkohol sein Augenlicht verlieren könne. Stimmt das? Was passiert in unserem Körper, wenn wir Alkohol aufnehmen? Das erklärt Mediziner und Zellbiologe Andras Balogh vom Max-Planck-Centrum für Molekulare Medizin in der Helmholtz-Gemeinschaft:

” Wenn wir umgangssprachlich von Alkohol reden, meinen wir meistens Ethanol. Das ist die Alkoholvariante in Wein oder Schnaps. Ethanol wird in der Leber von einem Enzym namens Alkoholdehydrogenase (ADH) abgebaut und in kleinere, unschädliche Einheiten zersetzt – in Moleküle, die dem Körper entweder als Energiequelle dienen oder die er im Fett einlagert. Bekannt ist: Zu viel Ethanol führt zu einem Kater und wirkt auf die Hirnzellen, deswegen fallen oder taumeln Betrunkene. Blind macht es aber nicht. Anders ist es mit Methanol: Diese Alkoholvariante ist eigentlich ein Zusatz in Lösungs- oder Frostschutzmitteln. Sie kann aber entstehen, wenn beim unprofessionellen Schnapsbrennen etwas falsch läuft – teils werden alkoholische Getränke auch damit gestreckt. Methanol wird im Körper vom gleichen En-

zym zersetzt wie Ethanol. Dabei entstehen aber giftige Nebenprodukte: zunächst Formaldehyd, im nächsten Schritt durch ein weiteres Enzym Ameisensäure. Sie ist hochgiftig und führt bereits in kleinen Dosen zu einer Übersäuerung des Körpers, die tödlich enden kann. Typisch für eine Methanol-Vergiftung ist, dass zunächst das Sehvermögen gestört wird. Die Netzhaut – auch Retina – des Auges ist ein hochempfindliches Organ, ihre Zellen brauchen konstant Energie. Die giftigen Nebenprodukte blockieren deren Stoffwechsel, die Netzhaut schwillt an, ihre Zellen können die Lichtinformationen nicht mehr in elektrische Impulse umwandeln und ans Hirn senden. Schließlich wird auch der Sehnerv selbst geschädigt, es droht die dauerhafte Erblindung. Einem Patienten mit Methanol-Vergiftung kann eventuell mit Ethanol geholfen werden: Das Enzym ADH reagiert bevorzugt mit ihm statt mit Methanol – und wenn es mit Ethanol beschäftigt ist, kann es das Methanol nicht zersetzen. Ein Schnaps hilft aber nicht bei Methanol-Vergiftung, sie muss ärztlich behandelt werden. “

Nachgefragt hat **Kristine August**

# Gute Nacht

Erholsamer Schlaf trägt nicht nur zum Wohlbefinden des Menschen bei, er ist vor allem wichtig für die Gesundheit. Das Entscheidende dabei: Qualität statt Quantität





Wenn die Gute-Nacht-Geschichte vorgelesen und das Kuscheltier fest in den Arm genommen ist, dauert es meist nicht mehr lange, bis die Augen zufallen und der Atem der Kleinen regelmäßig wird. Der Stress und die Aufregung des vergangenen Tages scheinen verfliegen. Doch die äußerliche Ruhe täuscht. Kinder wie Erwachsene fallen direkt nach dem Einschlafen zunächst in den Tiefschlaf – und in dem ist der Körper höchst aktiv. Wissenschaftler wissen heute, dass in dieser Phase die wichtigsten Reinigungsprozesse stattfinden: das Immunsystem wird aktiviert, Wachstumshormone werden ausgeschüttet, Eiweiße aufgebaut und freie Radikale, die beim Stoffwechsel entstehen und das Erbgut schädigen können, abgebaut.

Schlaf ist ein wichtiger Baustein unseres Wohlbefindens und unserer Gesundheit. Neueste Studien zeigen, dass es weniger auf die Quantität des Schlafs ankommt, als vielmehr auf die Qualität. An eben dieser scheint es vielen Menschen jedoch zu fehlen. Einer Statistik des Robert-Koch-Instituts zufolge erleben elf Prozent der deutschen Bevölkerung ihren Schlaf als „häufig nicht erholsam“. Rund 25 Prozent klagen über Schlafstörungen.

Durchschnittlich schlafen Erwachsene täglich sieben Stunden und 15 Minuten. „Der individuelle Schlafbedarf kann davon jedoch wesentlich abweichen“, sagt Alfred Wiater, Präsident der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin. „Es gibt Kurz- und Langschläfer. Entscheidend ist, wie wir uns tagsüber fühlen, ob wir schlafbedingt körperliche Störungen oder psychische Belastungen erfahren.“

Die erste Tiefschlafphase nach dem Einschlafen dauert rund eine Stunde, anschließend folgt die erste Traumphase. Da sich in dieser die Augen unter den Lidern schnell hin und her bewegen, wird sie auch REM-Phase genannt, kurz für Rapid Eye Movement. Wissenschaftler gehen davon aus, dass während des REM-Schlafs die Ereignisse des Tages verarbeitet werden. Außerdem werde das Gehirn trainiert.

„Während der Nacht durchlaufen wir mehrfach Schlafzyklen mit den unterschiedlichen Schlafstadien“, sagt Wiater. „Zum Beispiel ermöglicht erst das Zusammenwirken dieser Schlafstadien die Gedächtniskonsolidierung, also die Festigung des Gedächtnisses.“ Ist dieses Zusammenspiel gestört, kann das fatale Folgen haben. Verschiedene Studien setzen schlechten Schlaf in Verbindung mit erhöhtem Risiko für Diabetes, ►



#### Nicht erholsam

Lärm, künstliches Licht oder Ablenkung durch elektronische Geräte stören den Tag-Nacht-Rhythmus.

Bild: Justin Paget/Corbis

Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Depressionen. Einer der Hauptgründe dafür ist den Experten zufolge, dass die meisten regulativen Hormone im Körper einen 24-Stunden-Rhythmus haben. Das körpereigene Anti-Stress-Hormon Kortisol beispielsweise folgt einem solchen circadianen Rhythmus: Unmittelbar vor dem Aufstehen wird es in erhöhter Konzentration ausgestoßen, um es dem Körper zu ermöglichen, mit dem Stress durch das Aufwachen umzugehen. Im Laufe des Tages nimmt die Konzentration kontinuierlich ab und bleibt nachts konstant niedrig, da kein Stress zu erwarten ist. „Wenn aber unser Schlafrhythmus gestört ist, verändert sich auch der Rhythmus, in dem Kortisol ausgeschüttet wird“, sagt Karl-Heinz Ladwig, Professor am Institut für Epidemiologie am Helmholtz Zentrum München. „Etwas Ähnliches lässt sich auch bei vielen anderen Hormonen oder beispielsweise beim Blutdruck beobachten. Hält die Schlafstörung länger an, kommen die circadianen Rhythmen durcheinander und es kommt zwangsläufig zu Fehlleistungen.“

Ein durch Schlafstörungen oder Schlafmangel bedingtes hormonelles Ungleichgewicht führt zu einem Risiko für Diabetes und Adipositas, also Fettleibigkeit. „So kann ein mit Schlafstörungen

einhergehender Mangel des Hormons Leptin, das unser Hungergefühl hemmt, Adipositas begünstigen“, sagt Alfred Wiater.

Neben körperlichen Erkrankungen ist auch der Zusammenhang zwischen Schlafstörungen und Stimmungsschwankungen ein bekanntes Phänomen. Wiater und seine Kollegen konnten in der Kölner Kinderschlafstudie ein erhöhtes Risiko für Hyperaktivität und emotionale Störungen wie Angstzustände und Depressionen bei Kindern und Jugendlichen nachweisen. Darüber hinaus zeigte sich, dass Schlafstörungen zu Konzentrations- und Ausdauerproblemen sowie eingeschränkter schulischer Leistungsfähigkeit führen.

**„Die optimale Schlafumgebung ist dunkel, still und maximal 18 Grad temperiert“**

Eine aktuelle, im Journal *Sleep* veröffentlichte Studie zeigt, dass vor allem unterbrochener Schlaf zu Stimmungsschwankungen führt. Menschen, die in der Nacht mehrfach aufwachen, weil sie sich um ihr Kind kümmern müssen, der Partner schnarcht oder Lärm sie stört, sind demnach unausgeglichener und weniger leistungsfähig. „Durch unterbrochenen Schlaf wird die Schlafarchitektur gestört. Das ist schädlich“, sagt Ladwig. „Die Studie unterstreicht im Wesentlichen, dass die Qualität des Schlafs wichtiger ist als die Quantität.“

Die zunehmende Globalisierung und permanente kommunikative Verfügbarkeit stört empfindlich den Tag-Nacht-Rhythmus, was wiederum zu Schlafstörungen führt. „Die optimale Schlafumgebung ist dunkel, still und maximal 18 Grad temperiert“, sagt Alfred Wiater. So induziere Dunkelheit die Ausschüttung des Einschlafhormons Melatonin. Fehlt es oder ist es in geringerer Menge vorhanden, etwa durch künstliches Licht, stört das den natürlichen Wach-Schlaf-Rhythmus, der Schlaf ist schlechter. Nicht nur künstliche Lichtquellen wirken den natürlichen Hell-Dunkel-Einflüssen entgegen, auch erfordert der Alltag der meisten Menschen, dass sie zu einer bestimmten Zeit aufstehen müssen. Dazu kommen Wecker, Mobiltelefone oder der zunehmende Verkehr, die den Schlaf stören.

An neue Bedingungen und Störfaktoren kann man sich nur scheinbar gewöhnen. „Schlafen wir einige Zeit bei extremem Lärm oder in hellen Räumen, kommen wir damit zwar nach eigenem Empfinden zurecht, Daten zeigen aber, dass die körperlichen Folgen weiter Bestand haben“, sagt Ladwig. „Gleiches gilt für die zunehmende Unsi-



cherheit in der Lebensplanung, die es in der heutigen Gesellschaft gibt.“ Denn auch die Gemütslage wirkt sich auf die Schlafqualität aus.

Alfred Wiater fasst die wichtigsten Parameter für gesunden und erholsamen Schlaf zusammen unter Schlafhygiene und Schlafumgebung: „Schlafhygiene beinhaltet, dass wir physisch und emotional entspannt zu Bett gehen, weder hungrig noch übersättigt, ohne Stimulantien wie Tee, Kaffee oder Nikotin und ohne die schlafstörende

Wirkung des Alkohols.“ Ein probates Mittel, um gegen die Folgen einer wenig erholsamen Nacht anzukämpfen, ist übrigens der Mittagsschlaf.

„Dieser ist zur Gesamtschlafzeit hinzuzurechnen“, sagt Alfred Wiater. „Er ist in der Regel nicht so erholsam wie der Nachtschlaf, kann aber durchaus der kurzen Regeneration und Leistungsverbesserung dienen.“ ■

Rebecca Winkels

## SCHLAFSTÖRUNG DURCH FLUGLÄRM – DER VERSTECKTE STRESS



Wie lange und wie gut Menschen schlafen, ist von vielen äußeren Faktoren abhängig: Ein unbequemes Bett, Temperaturschwankungen oder bestimmte Lichtverhältnisse können den Schlaf erheblich stören. „Das sind allerdings Faktoren, die sie selbst regulieren und abstellen können“, sagt Uwe Müller vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Der studierte Physiker und seine Kollegen untersuchen dagegen einen Störfaktor, der sich nicht so einfach ausschalten lässt: Fluglärm. Müller leitete ein Teilprojekt der NORAH-Studie – kurz für Noise-Related Annoyance, Cognition, and Health-Studie. Zwischen 2011 und 2013 untersuchten die Wissenschaftler das Schlafverhalten von über 200 Personen in der Region um den Frankfurter Flughafen. Das Besondere: Die erste Messung fand schon vor der Einführung der Kernruhezeit von 23 bis 5 Uhr und der Inbetriebnahme einer zusätzlichen Landebahn statt. „Wir haben sowohl die Körpersignale während des Schlafs aufgezeichnet, als auch die Geräusche, die während der Nacht zu hören waren“, sagt Müller. „Dadurch konnten wir sehen, wie tief die Teilnehmer schliefen und wie sie auf die Überflüge von Flugzeugen und den dadurch steigenden Lärmpegel reagierten.“

Im Schnitt wacht jeder Mensch zwischen 20- und 25-mal in der Nacht auf. Studien zufolge kann man sich in der Regel am nächsten Morgen aber nur dann daran erinnern, wenn man dabei länger als 90 Sekunden wach war. „Lärm sorgt dafür, dass die bewussten und auch die unbewussten Aufwachreaktionen zunehmen und unser normaler Schlafzyklus verändert wird“, sagt Uwe Müller. Der Schlaf sei dann weniger erholsam. Und auch das Risiko für Depressionen und Herz-Kreislauf-Erkrankungen steige langfristig.

Sicher ist: Fluglärm ist nicht gut für den Körper. Die NORAH-Daten belegen, dass selbst dann körperliche Reaktionen auftreten, wenn Menschen meinen, sich an den Lärm gewöhnt zu haben. Flugverbote in der Nacht könnten Abhilfe schaffen, sind aber längst nicht überall verordnet. Die Studie zeigt allerdings auch, dass der Fluglärm allein nicht darüber entscheidet, ob sich die Anwohner müde fühlen oder nicht. In der Studie wurde das subjektive Schläfrigkeitsempfinden mit einem Fragebogen auf einer

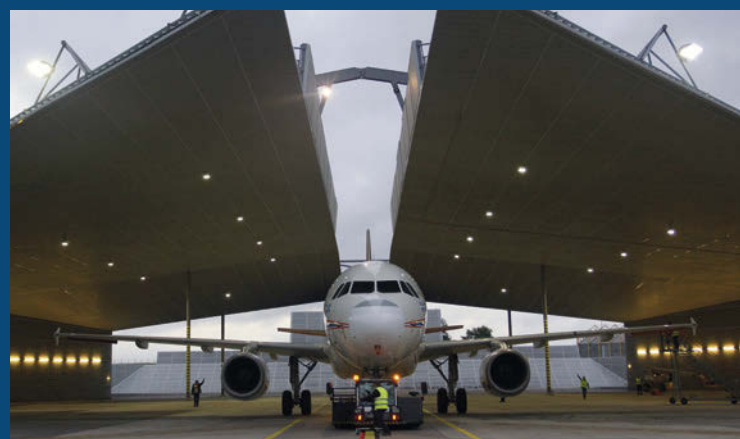
9-stufigen Skala von 1 (sehr wach) bis 9 (sehr müde) gemessen.

„Obwohl die Aufwachreaktionen unserer Probanden seit der Einführung der Kernruhezeit in Frankfurt weniger geworden sind, gaben sie an, sich am nächsten Morgen noch genauso schläfrig zu fühlen“, sagt Müller. Was genau hinter diesem Ergebnis steckt, müssen die Forscher noch weiter untersuchen.

Bei der Diskussion rund um Lärmschutz in Flughafennähe spielten laut Müller unterschiedliche Interessen eine große Rolle. Er fordert deshalb einen ehrlicheren Diskurs: „Es muss einfach ein gesellschaftlicher Konsens darüber erzielt werden, wie wichtig der wirtschaftliche Mehrwert des durchgängigen Flugverkehrs ist, und dem müssen die Risiken, die er für die Bevölkerung bedeutet, gegenübergestellt werden.“ Bisher werde die Diskussion sehr emotional geführt, kritisiert er. „Die Daten, die wir und andere Studien erheben, werden von beiden Seiten sehr selektiv ausgewertet.“

Mehr Informationen zur NORAH-Schlafstudie:

→ [www.norah-studie.de/s2d](http://www.norah-studie.de/s2d)



**Ohrenbetäubend** In einer Lärmschutzhalle haben DLR-Forscher Lärm verursachende Strömungen hinter den Triebwerken untersucht. Bild: DLR (CC-BY 3.0)

# Auf Autopilot?

Wie von Geisterhand gesteuert scheinen sie sich ihren Weg durch den Verkehr zu bahnen. Einmaligen Komfort auf Autofahrten sollen sie bieten und die Straßen deutlich sicherer machen. Doch sind autonome Fahrzeuge tatsächlich die Zukunft unserer Mobilität? Ist die Technik alltagstauglich und sind die ethisch-rechtlichen Probleme lösbar? Zwei Blickwinkel



„Autonomes Fahren wird die Straßen sicherer machen“,

sagt Karsten Lemmer, Direktor des Instituts für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Schneller als wir denken, sitzen wir mit einer Tasse Kaffee und unserem Tablet hinter dem Steuer und lassen uns von unserem Auto zur Arbeit oder in den Urlaub fahren. Utopie ist das autonome Fahren schon lange nicht mehr! Bei dieser neuen Form der Mobilität geht es auch nicht nur um Bequemlichkeit: Knapp 90 Prozent aller Unfälle sind auf menschliches Versagen zurückzuführen. Autonom fahrende Autos könnten dieses Problem beheben. Wenn mein Fahrzeug weiß, dass eine gefährliche Situation naht, dann drosselt es automatisch seine Geschwindigkeit. Der Risikofaktor Mensch könnte durch selbstfahrende Autos minimiert werden: Bis zu 100 im Fahrzeug verbaute Sensoren sehen besser als zwei menschliche Augen.

Mit einem autonomen Fahrzeug sind wir in Zukunft sicherer und gleichzeitig energieeffizienter unterwegs. Unnötiges Abbremsen und Gasgeben könnten durch die sogenannte Car-2-X-Kommunikation verhindert werden: Ampeln, Pylonen, Kreuzungen können untereinander und mit den Autos kommunizieren. Geschieht zum Beispiel im Umfeld einer Kreuzung ein Unfall oder blockiert eine Baustelle einen Fahrstreifen, kann eine intelligente Pylone diese Information an die

Ampel schicken, die wiederum den Hinweis an das Fahrzeug sendet. Das Auto wählt dann eine andere Strecke. Eine kluge Vernetzung kann also den Verkehrsfluss insgesamt deutlich verbessern.

Bis die Technik marktreif sein wird, die uns in unserem autonomen Auto nur noch Passagier sein lässt, werden vielleicht noch zwischen zehn und 25 Jahre vergehen. Doch die Forschung und Entwicklung beschäftigt sich schon jetzt intensiv damit, die bereits verbauten Sensoren für das autonome Fahren weiterzuentwickeln und zu präzisieren. Die Car-2-X-Technologie wird enorme Datenmengen produzieren, die es zu beherrschen gilt. Natürlich entstehen mit dem steigenden Autonomiegrad der Fahrzeuge auch neue rechtliche und moralische Fragen. Hier sind Politik und Hersteller gefragt. Kein automatisiertes Fahrzeug soll schließlich einen Unfall verschulden. Doch: Autonomes Fahren ist ein Trendthema, das allein in Deutschland auch in Zukunft unzählige Arbeitsplätze sichern wird.

Wenn alle Fragen geklärt sind und die Technologie so weit ist, überwiegen die Vorteile der neuen Mobilität ganz klar: Mehr Komfort für den Einzelnen, steigende Energieeffizienz und hohe Verkehrssicherheit für die Allgemeinheit. ■





## „Bevor Autos autonom auf unseren Straßen fahren, haben wir juristische und ethische Fragen zu klären“,

sagt Eric Hilgendorf, Professor für Strafrecht, Strafprozessrecht, Rechtslehre, Informationsrecht und Rechtsinformatik an der Universität Würzburg



Angenommen, Sie fahren in einem technisch hochgerüsteten, mit einem Kollisions-Vermeide-Assistenten versehenen Fahrzeug auf einer Landstraße, und plötzlich springen vor Ihnen drei Kinder aus dem Gebüsch auf die Straße. Ein Mensch könnte in einer solchen Situation nicht mehr willensgesteuert reagieren, doch der mit leistungsfähigen Sensoren und hoher Rechenkapazität ausgestattete Bordassistent steuert den Wagen blitzschnell nach rechts. Dadurch geht dort zwar ein Straßenpfosten zu Bruch, doch die Kinder bleiben unverletzt.

Eine solche Reaktion des Fahrzeugs würde in unserem Kulturkreis sowohl ethisch wie rechtlich positiv eingestuft. Denn wir bewerten damit das Leben von Menschen höher als die Erhaltung einer Sache, hier also des Straßenpfostens. Moral und Recht folgen in der Auseinandersetzung mit Notstandssituationen dem Prinzip des kleineren Übels. Doch im Straßenverkehr sind leider nicht alle Situationen so einfach zu entscheiden – und wenn es darum geht, für autonome Fahrzeuge Handlungsweisen zu programmieren, stellt uns das vor unzählige Problemfälle.

Was soll zum Beispiel gelten, wenn mehrere Leben gegen ein Leben stehen, wenn also etwa das Leben der drei Kinder nur dadurch gerettet wer-

den kann, dass der Wagen nach rechts ausschert und dort einen Fußgänger überfährt? Die deutsche Rechtsprechung steht bisher auf dem Standpunkt, dass das Prinzip des kleineren Übels hier nicht gelten soll. Die Tötung eines Unschuldigen kann also nicht damit gerechtfertigt werden, dass sie das einzige Mittel ist, um eine größere Zahl anderer Unschuldiger zu retten. Diese Haltung wird häufig auf die Formel gebracht, Menschenleben seien nicht quantifizierbar.

Doch ist Unrecht gleich Unrecht? Kann es uns wirklich gleichgültig sein, ob eine oder drei Personen getötet werden? Müssen wir eine Abstufung im Unrecht treffen, wenn wir die Algorithmen für Notstandssituationen programmieren? Wir werden wohl nicht umhinkommen, dies zu tun. Es bleibt Unrecht, einen Unschuldigen zu töten. Aber ist es nicht nur ethisch, sondern auch rechtlich vorzugswürdig, so wenige Unschuldige zu töten wie möglich? Zwingt uns der technische Fortschritt, Menschenleben doch zu quantifizieren?

Bevor Autos autonom auf unseren Straßen fahren, haben wir einige wichtige juristische und ethische Grundlagenfragen zu klären. ■

# Bildung allein reicht nicht!

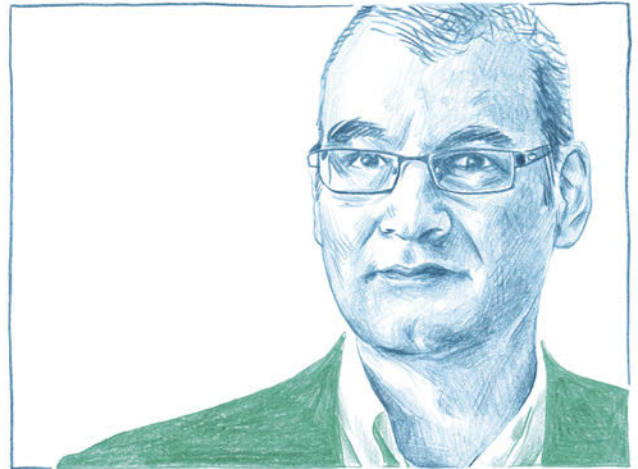
Viele Politiker glauben, dass sich gesellschaftliche Probleme allein mit dem Bau von Schulen und Hochschulen lösen lassen. Was für ein Irrtum. Ein Kommentar von Christopher Schrader

1980 brachte der Systemforscher Frederic Vester ein Brettspiel auf den Markt. Es hieß „Ökolopoly“, die Spieler sollten ein Land namens Kybernetien regieren. Sie investierten politisches Kapital in verschiedene Reformen und versagten oft. Erfolg versprach nur die Strategie, das öffentliche Gut „Aufklärung“ zu mehren. Es ging um Schulen und die Förderung des Problembewusstseins der Bürger, sprich Bildung. Damit lösten sich die Probleme von allein – diese simple Botschaft machte das Spiel ziemlich langweilig.

Bildung gilt noch heute vielen Politikern als Allheilmittel für gesellschaftliche Probleme. Sie soll gegen Fremdenfeindlichkeit helfen, Flüchtlingen in ihren Herkunftsstaaten eine Perspektive bieten oder ihre Integration hierzulande erleichtern. Womöglich, so glauben viele, entspringt sogar der Terrorismus den mangelnden Bildungschancen muslimischer Jugendlicher. Wäre es nur so einfach!

In der Tat sprechen Zahlen für die Bedeutung von Bildung: Mehr als 80 Prozent der Menschen mit einem Universitätsabschluss haben einen Job, stellt die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) im jüngsten Bildungsbericht fest, verglichen mit weniger als 60 Prozent nach dem Absolvieren der Grundschule. Aber das heißt auch: Für viele Menschen erfüllen sich die Versprechen einer höheren Ausbildung nicht. Bildung ist eine Investition in die Zukunft. Ein Mensch stellt seine Bedürfnisse für Jahre zurück, verbringt Zeit in Klassenzimmer oder Hörsaal, anstatt schon Geld zu verdienen. So ein Belohnungsaufschub, wie das die Psychologie nennt, weckt berechnete Erwartungen, und die Gesellschaft sollte bereit und in der Lage sein, sie zu erfüllen.

Das ist sie bei Weitem nicht immer. Enttäuschung kann gravierende Folgen haben. Das zeigt zum Beispiel der arabische Frühling. Einer seiner Auslöser war eine unerwartete Wendung der hohen Jugendarbeitslosigkeit: In etlichen Ländern hatten Jugendliche mit höheren Bildungsabschlüssen seltener eine Anstellung als Altersgenossen mit niedrigeren. Ein zweites Beispiel findet man auf dem deutschen Arbeitsmarkt. Immer mal wieder ist die Rede vom Schweinezyklus, bei dem die verzögerte Reaktion auf einen Mangel zum Überschuss führt und umgekehrt. Früher hat man das drastisch bei der Ausbildung von Lehrern gesehen, jetzt warnt das erste Wirtschaftsforschungs-Institut vor einer Fehlsteuerung bei Ingenieuren. Gerade in Fächern, die Studierende nach Lockrufen von Unternehmen gewählt haben, nimmt die Zahl der Arbeitslosen langsam zu.



Christopher Schrader (53) ist freiberuflicher Wissenschaftsjournalist in Hamburg

Für viele Frauen erfüllt sich das inhärente Versprechen der Bildung erst recht nicht. Als Schülerinnen haben sie meist bessere Noten als männliche Klassenkameraden. Aber mit jedem Schritt der Karriere wird ihr Anteil kleiner, ob das nun der Weg von der Doktorandin zur Professorin ist oder von der Sachbearbeiterin in den Vorstand.

Schließlich ist nicht recht klar, wie Bildung Ausländerhass verringern soll. Wer sie als primäres Mittel fordert, erliegt der Illusion, besser gebildete Bürger würden ihre Vorurteile revidieren. Das ist zweifelhaft: Die meisten Menschen nehmen nur solche Fakten und Argumente zur Kenntnis, die in ihre Lebenswirklichkeit passen.

In all diesen Fällen ist mehr Bildung nicht genug. Sie mag ein notwendiges Kriterium für Verbesserung sein, aber sicherlich kein hinreichendes. Was zusätzlich nötig ist, reicht über das Bildungsressort hinaus – in die Außen- und Wirtschaftspolitik. Das kann die Förderung von vernünftigen Jobs bedeuten, in den Heimatstaaten der Flüchtlinge wie in strukturschwachen Gebieten Deutschlands. In Entwicklungsländern setzt das faire, nicht freie, Handelsbedingungen voraus. Für Frauen in Wirtschaft und Wissenschaft braucht es Quoten. Mit solchen Forderungen macht man sich in der Politik die Hände schmutzig. Dem Ruf nach mehr Bildung hingegen widerspricht niemand. ■





→ JUNQ – Ungelöste Fragen

# Können wir das Wetter kontrollieren?

Ob Schnee zu Weihnachten oder Regen für die Landwirtschaft – das Wetter spielt für viele Bereiche des Lebens eine wichtige Rolle. Manchmal würde man es auch gerne verbessern. Ist das möglich? Ein Beitrag aus dem *Journal of Unsolved Questions (JUNQ)*

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

„Wenn der Hahn kräht auf dem Mist, ändert sich's Wetter oder es bleibt wie es ist.“ Diese alte Bauernweisheit scheint auch für manch moderne Wettervorhersage zu gelten. Wohl jeder hat schon einmal im Regen gestanden, obwohl Sonne angesagt war. Ist also schon die Meteorologie überfordert, dann ist die Kontrolle des Wetters ein Ding der Unmöglichkeit? Zunächst eine Ehrenrettung für die Meteorologen: Sie können lediglich eine Wahrscheinlichkeit dafür angeben, wie das Wetter am nächsten Tag vermutlich werden wird. Denn ihre Vorhersagen beruhen auf Simulationen. Wetterphänomene müssen mithilfe der Chaostheorie beschrieben werden, deren vielleicht bekanntester Fall der sogenannte Butterfly Effect ist: Eine geringe Änderung in den Anfangsbedingungen (wie der Flügelschlag eines Schmetterlings) kann zu einer großen Abweichung im Ergebnis führen.

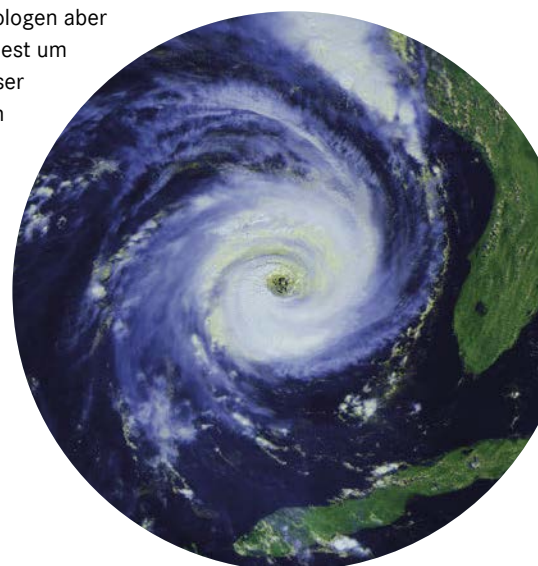
Und wie ist es mit dem Wetter auf Wunsch? In manchen Fällen gelingt es den Menschen schon, Einfluss zu nehmen. Blitzableiter zum Beispiel sind in gewisser Weise eine Form der Kontrolle. Sie lenken die Entladung gezielt auf einen bestimmten Ort ab. Weit verbreitet ist auch die sogenannte Wolkenimpfung mit Silberiodid. Bei dieser Methode sollen Kondensationskeime dazu führen, dass die Wolke gezielt abregnet und dadurch Hagel verhindert wird. So oft diese Methode auch angewendet wird – etwa in Deutschland, Kuala Lumpur und Australien – es

gibt keine wissenschaftlich eindeutigen Belege für ihre Effektivität. Das liegt unter anderem daran, dass keine Vergleichsmessungen möglich sind: Hätte es ohne den Einsatz von Silberiodid tatsächlich nicht oder an einem anderen Ort geregnet? Die Verhinderung von Hurrikänen ist ein anderes Beispiel für künstlich beeinflusstes Wetter. Es gibt Ideen, sie – wie bereits an Blitzen erprobt – mit Lasern zu entladen oder die Meeresoberfläche mit Flüssigstickstoff zu kühlen. Doch ob dies auch tatsächlich gelingt, ist ebenfalls reine Spekulation, die nicht wissenschaftlich belegt ist.

Von einer echten Kontrolle des Wetters ist die Menschheit also weit entfernt.

Die Meteorologen aber sind zumindest um einiges besser als ein Hahn auf dem Mist. ■

Nicola  
Reusch



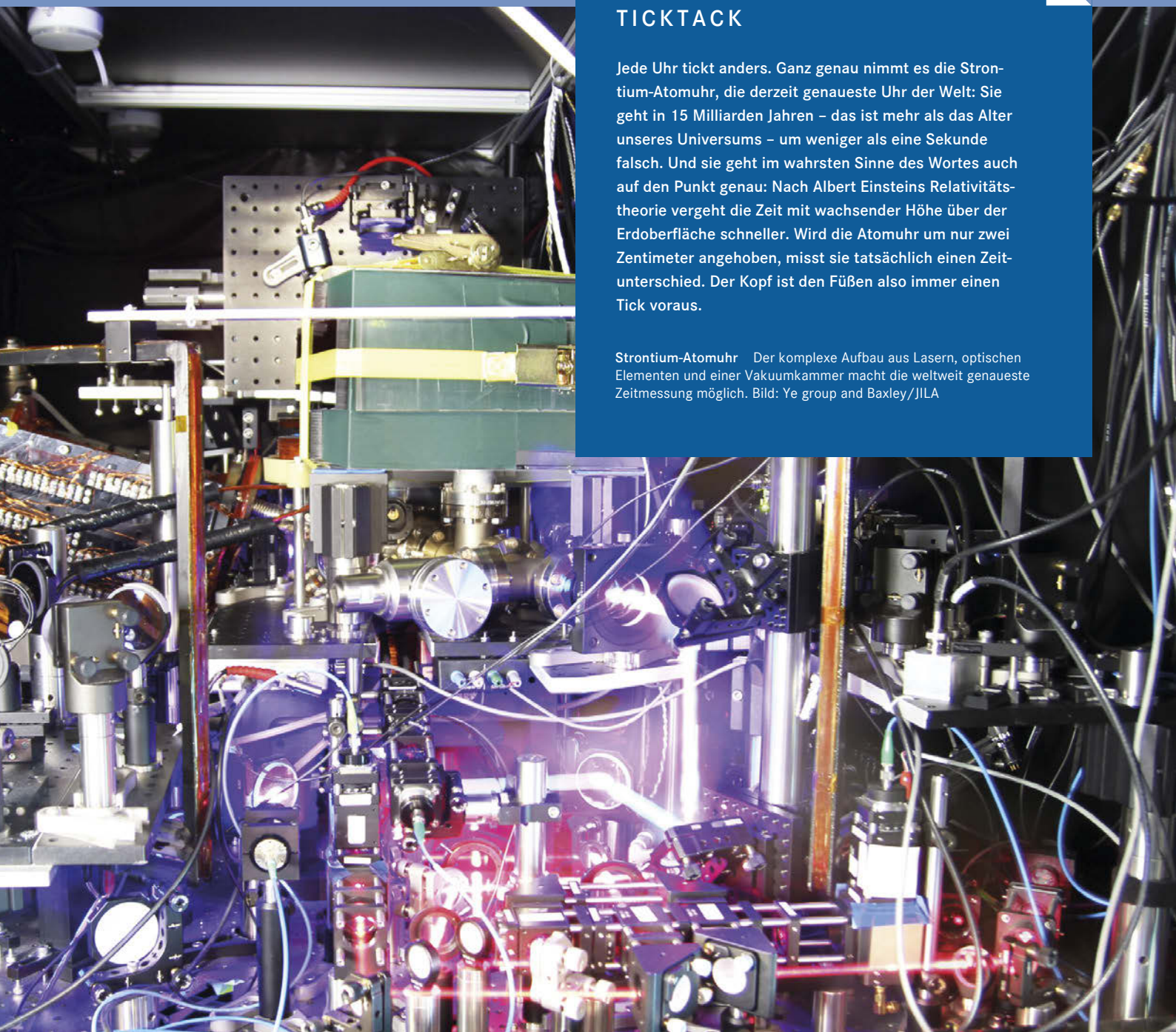
# Im Grenzbereich der Wissenschaft

Ob winzig klein oder riesengroß, ganz nah dran oder sehr weit weg – Wissenschaftler stoßen immer wieder zu Extremen vor. Ausgefeilte Werkzeuge helfen ihnen dabei, die Erkenntnis über unsere Welt Stück für Stück auszuweiten. Eine Exkursion zu den Grenzen der Forschung

## TICKTACK

Jede Uhr tickt anders. Ganz genau nimmt es die Strontium-Atomuhr, die derzeit genaueste Uhr der Welt: Sie geht in 15 Milliarden Jahren – das ist mehr als das Alter unseres Universums – um weniger als eine Sekunde falsch. Und sie geht im wahrsten Sinne des Wortes auch auf den Punkt genau: Nach Albert Einsteins Relativitätstheorie vergeht die Zeit mit wachsender Höhe über der Erdoberfläche schneller. Wird die Atomuhr um nur zwei Zentimeter angehoben, misst sie tatsächlich einen Zeitunterschied. Der Kopf ist den Füßen also immer einen Tick voraus.

**Strontium-Atomuhr** Der komplexe Aufbau aus Lasern, optischen Elementen und einer Vakuumkammer macht die weltweit genaueste Zeitmessung möglich. Bild: Ye group and Baxley/JILA







## BESSER ALS ADLERAUGEN

Mit modernen Elektronenmikroskopen bleibt nichts im Verborgenen: Die derzeit stärksten Modelle haben eine Auflösung von rund 50 Picometern. Das sind 0,0000000005 Meter. Die enorme Vergrößerung lässt damit – wenn gewünscht – sogar den Blick auf die atomare Ebene zu: Es können einzelne Atome und ihre chemischen Bindungsverhältnisse beobachtet werden. Also durchaus etwas für Detailverliebte.

**Elektronenmikroskop PICO** Das fast fünf Meter hohe Gerät steht auf einem 200 Tonnen schweren, luftfedergedämpften Betonfundament, damit es vor allen Erschütterungen bis in den Mikrometerbereich geschützt ist – sonst könnten seine ultrahochauflösenden Messergebnisse verfälscht werden.  
Bild: NRW.invest

## HÖRT, HÖRT!

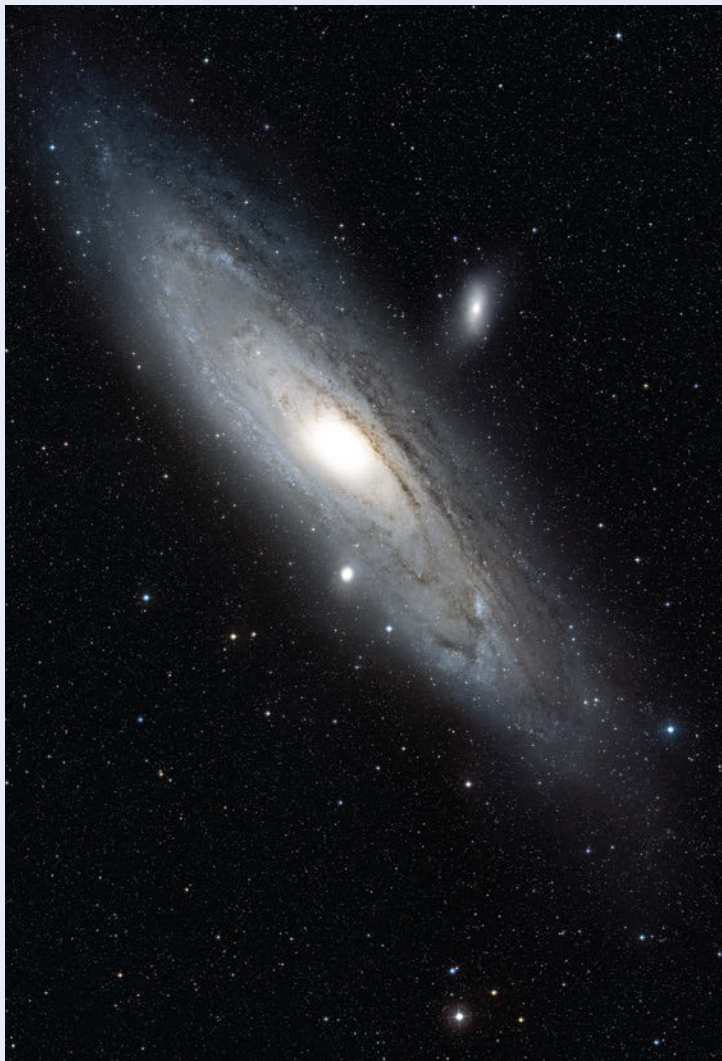
Man kann noch so gut die Ohren spitzen – es ist einfach nichts zu hören, absolut nichts für unser menschliches Hörorgan. Das leisestmögliche Geräusch ist das Phonon. Es bleibt aber nicht nur wegen seiner extrem geringen Lautstärke von uns unerhört, sondern auch, weil der Ton rund 500.000-mal höher ist als der für den Menschen höchste wahrnehmbare Ton. Mit dem sogenannten Quantenmikrofon will man dieser schrillen Angelegenheit auf die Schliche kommen. Das extrem sensible Mikrofon ist in der Lage, winzigste Schallwellen zu detektieren, die dem Phonon schon sehr nahekommen.

## TIEFE EINSICHTEN

Schon im Sandkasten geht es darum, tiefe Löcher zu buddeln und zu schauen, was es da unten zu entdecken gibt. Diese kindliche Neugierde setzt sich in der Wissenschaft fort: Forscher bohren Löcher, die tiefer sind, als der Mount Everest mit seinen 8848 Metern hoch ist. Das bislang tiefste Bohrloch der Welt ist mit 12.262 Metern die Kola-Bohrung in Russland. Das tiefste Bohrloch, das aktuell für die Forschung genutzt wird, geht in Windischeschenbach östlich von Nürnberg 9101 Meter in den Boden. Und was wurde dort unten bislang entdeckt? Temperaturen von über 280 Grad Celsius und Drücke über 900 bar.

## KÄLTHER ALS DAS ALL ERLAUBT

Im Weltraum ist es mehr als frostig. Es herrschen dort eisigkalte minus 270 Grad Celsius. Es geht aber noch kälter, zumindest ein kleines bisschen: Die theoretisch tiefstmögliche Temperatur liegt bei minus 273,15 Grad Celsius. Das ist der absolute Nullpunkt. Tieftemperaturphysiker pirschen sich an ihn heran. In ihren Laboren können sie Temperaturen erzeugen, die nur noch ein Millionstel Grad wärmer sind.



## SCHARFER BLICK

Seit über 25 Jahren dreht das Weltraumteleskop Hubble in gut 550 Kilometern Höhe seine Runden um die Erde und liefert wertvolle Aufnahmen von Sternen, Planeten und Galaxien. So schoss Hubble über 400 Fotos der rund 2,5 Millionen Lichtjahre entfernten Andromeda-Galaxie, die zu einem einzigen Bild mit sagenhaften 1,5 Milliarden Pixeln zusammengefügt wurden. Das Ergebnis: das bislang größte veröffentlichte Bild von Hubble mit Millionen von Sternen, und das gestochen scharf. Scharfe Himmelsaufnahmen sind auch von der Erde aus möglich: Das Magellan-Teleskop in Chile beispielsweise macht Aufnahmen, auf denen Strukturen auf dem Mond in der Größe eines Baseballfeldes erkennbar sind. Aber natürlich nur, wenn kein Wölkchen am Himmel ist – da ist Hubble klar im Vorteil.

**Andromeda-Galaxie** Aus den Daten des Weltraumteleskops Hubble konnten Astronomen ein Bild der Andromeda-Galaxie berechnen, das sogar einzelne Sterne und Sternhaufen zeigt. Bild: ESA/Hubble & Digitized Sky Survey 2. Acknowledgment: Davide De Martin (ESA/Hubble)

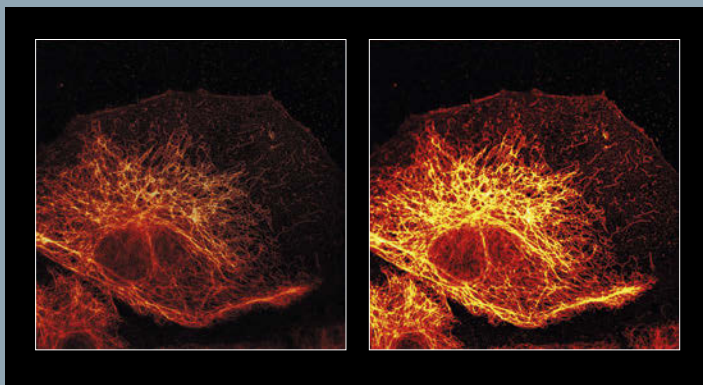
## HAARIGE ANGELEGENHEIT

Ein Billiardstel Gramm (0,000000000000001 g) ist gerundet eigentlich gar nicht mehr vorhanden. Für Forensiker jedoch ist eine solch geringe Menge ausreichend, um beispielsweise eine Droge oder K.-o.-Tropfen mithilfe zweier Analysemethoden nachzuweisen: Hochleistungsflüssigkeits-Chromatografie (HPLC) heißt die eine, hochauflösende Massenspektrometrie (HRMS) die andere. Mit ihnen lässt sich in einem Haar der Hauch einer Substanz herausanalysieren – und das sogar noch Wochen später. Aber nicht nur das: Völlig unbekannt darf die Substanz obendrein auch noch sein. Denn es ist sogar möglich, die Summenformel der aufgespürten Substanz zu ermitteln. Die Stecknadel im Heuhaufen finden – ein Kinderspiel!

## ABSOLUTE STILLE

Bei all dem Trubel jeden Tag wünscht man sich manchmal nichts sehnlicher als Ruhe. In einem Raum der Firma Orfield Laboratories in den USA herrscht extreme Stille. 99,9 Prozent aller Geräusche werden dort absorbiert, übrig bleibt eine Lautstärke von minus neun Dezibel. Zum Vergleich: Das leiseste durch das menschliche Ohr wahrnehmbare Geräusch hat null Dezibel. Eine normale Unterhaltung hat eine Lautstärke von etwa 55 Dezibel, bei einem leisen Flüstern lauschen wir etwa 30 Dezibel. Nirgends auf der Erde ist es so ruhig wie dort. Klingt traumhaft, doch hat es an diesem stillen Örtchen angeblich niemand länger als 45 Minuten ausgehalten.

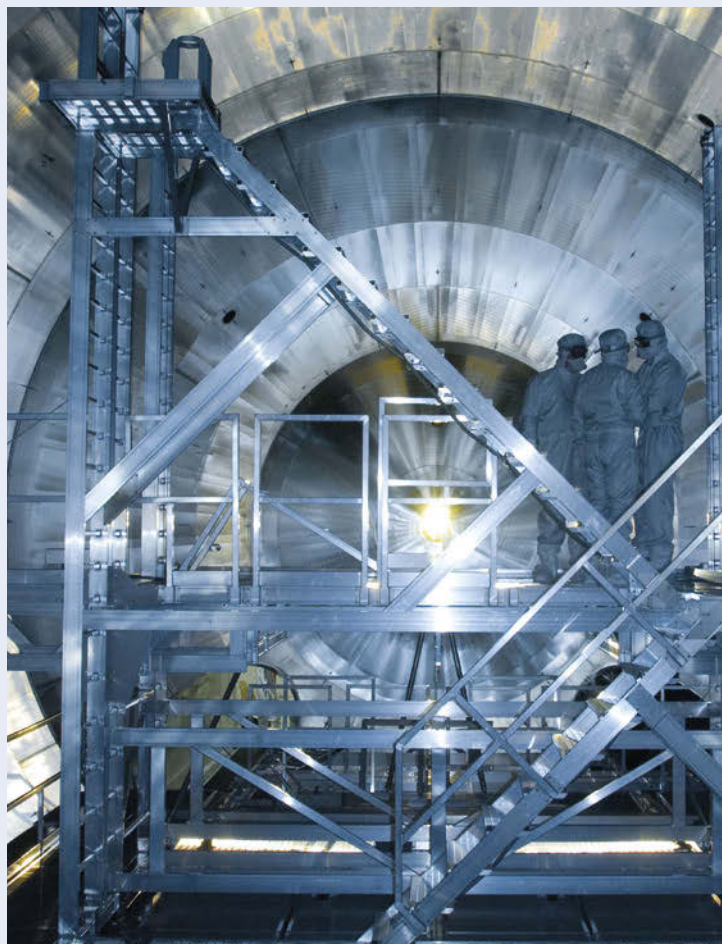




**STED-Mikroskopie** Das linke Bild zeigt feinste Fasern des Zellskeletts (Vimentin) und wurde mit der STED-Mikroskopie aufgenommen; zum Vergleich rechts die gleiche Struktur mit einer konventionellen Technik, der konfokalen Mikroskopie. Bild: DKFZ

## SPOT AN

Um das große Ganze zu verstehen, muss man die Dinge manchmal ganz genau unter die Lupe nehmen, besser noch unter ein Mikroskop. Mit einem Lichtmikroskop können beispielsweise so winzige Dinge wie Bakterien beobachtet werden. Bei Strukturen, die kleiner als 200 Nanometer (200 Millionstel Millimeter) sind, stößt das Lichtmikroskop an seine Grenzen. Die größtmögliche Auflösung ist erreicht – Schuld ist die Physik. Ein genauerer Einblick in lebende Zellen ist mit der supraauflösenden Fluoreszenzmikroskopie, der sogenannten STED-Mikroskopie, möglich: Damit lassen sich Strukturen mit einer Größe von weniger als 20 Nanometern erkennen und sogar molekulare Prozesse beobachten, wie beispielsweise die Entstehung von Proteinen aus Erbinformation oder die Ausschüttung von Botenstoffen zwischen Nervenzellen.



## DIE LEICHTIGKEIT DES SEINS

KATRIN ist extrem empfindlich – sie ist die sensibelste Waage der Welt und soll die Masse von Neutrinos, den kleinsten Bauteilen des Universums, ermitteln. Das Gewicht von Neutrinos wird auf weniger als ein Millionstel der Masse eines Elektrons geschätzt. Dabei wiegt ein Elektron schon so gut wie nichts: rund  $10^{-30}$  Kilogramm – da stehen hinter dem Komma 29 Nullen, bevor endlich die eins kommt. KATRIN selbst ist übrigens ein Schwergewicht: Über 200 Tonnen bringt sie auf die Waage. ■

Nicole Silbermann

**Feinste Waage** Das Hauptspektrometer von KATRIN ist 24 Meter lang und hat einen Durchmesser von 10 Metern. Bild: KIT



Forscht für die Sicherheit Thorsten Stumpf im Laserlabor des HZDR. Bild: Oliver Killig

Mehr zur  
Endlagerforschung  
im HZDR-Magazin  
„entdeckt“:  
→ [www.hzdr.de/  
entdeckt](http://www.hzdr.de/entdeckt)

# Auf Nimmerwiedersehen

Wie das perfekte Endlager für Atommüll aussieht, ist nicht nur eine politische Frage. Sie beschäftigt vor allem auch die Wissenschaftler: In ihren Laboren spielen sie Prozesse durch, die erst in vielen Jahrhunderten auftreten könnten

In die ferne Zukunft zu sehen – das gehört zum Arbeitsalltag des Chemikers Thorsten Stumpf. Er leitet das Institut für Ressourcenökologie am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) und untersucht dort gemeinsam mit seinen Kollegen, was mit den radioaktiven Atomsorten – den Radionukliden – aus abgebrannten Brennelementen in einem Endlager passieren kann. Die Brennelemente stammen zum Beispiel aus Kernkraftwerken und stellen einen Großteil des hochradioaktiven Abfalls, rund

28.000 Kubikmeter fallen allein in Deutschland bis zum endgültigen Ausstieg aus der Atomkraft in 2022 an. Auch danach wird die Aufgabe der Lagerung bleiben: Hochradioaktiver Abfall muss für eine Million Jahre unterirdisch von der Außenwelt abgeschottet werden.

Das Problem: In den Brennstäben sind sogenannte Transurane entstanden – Elemente, die schwerer als Uran sind. Sie kommen in der Natur kaum vor und haben sehr lange Halbwertszeiten.



Bislang ist nicht bekannt, wie sie im umgebenden Wirtsgestein eines Endlagers mit den Mineralien und den dort lebenden Organismen reagieren werden, wenn die Behältnisse undicht werden – und das wird eines Tages passieren.

„In den ersten 300 Jahren sind in den abgebrannten Brennstäben Spaltprodukte wie Cäsium-137 dominant“, sagt Thorsten Stumpf. „Auch diese Spaltprodukte sind hochgefährlich und dürfen nicht in die Biosphäre gelangen. Doch in dieser Zeit und auch noch für Jahrhunderte danach sorgen die Stahlbehälter, in denen das radioaktive Material gelagert wird, für einen sicheren Einschluss.“ Aber irgendwann halten diese technischen Barrieren nicht mehr dicht. Zwar sind die Spaltprodukte dann bereits zerfallen, doch die Radioaktivität ist weiterhin hoch. Etwa 30.000 Jahre lang dominiert das Element Americium, in den nächsten 200.000 Jahren fast ausschließlich Plutonium. Danach muss das Wirtsgestein den Abfall sicher einschließen.

Entsprechend hoch sind die Anforderungen an ein Endlager in Deutschland: Es muss über eine Million Jahre geologisch stabil sein, Eiszeiten überstehen und von wasserführenden Schichten durch mindestens 400 Höhenmeter getrennt sein. Nach dem Zerfall der Behältnisse müssten radioaktive Substanzen eben diese 400 Meter senkrecht durchs Gestein wandern, ein fast unüberwindbarer Migrationsweg. Damit wäre die größte Gefahr, nämlich der Austritt radioaktiver Materialien, so gut wie ausgeschlossen, insbesondere weil die langlebigen Transurane wie Americium und Plutonium als ziemlich unbeweglich gelten. „Dennoch betrachten wir sogenannte Worst-Case-Szenarien wie einen Wassereintritt. Denn der größte Fehler wäre, fest davon auszugehen, dass so etwas wirklich niemals passieren kann“, sagt Stumpf.

Auch Michael Sailer vom Öko-Institut in Darmstadt betont, wie wichtig es ist, ein sicheres Endlager in Deutschland zu finden. „Wir haben zurzeit 16 oberirdische Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle. Wenn wir kein Endlager finden, dann muss man sich nur mal eine Kriegssituation wie in Jugoslawien in den 1990er Jahren vorstellen und dann überlegen, ob man in akuten Notsituationen die Sicherheit garantieren kann.“ Sailer ist Gutachter und Sachverständiger für nukleare Sicherheit und Vorsitzender der Bundestags-Kommission „Lagerung hochradioaktiver Abfälle“. Im Juli 2013 hat der Bundestag ein Gesetz verabschiedet, um einen Endlagerstandort in Deutschland zu suchen, 2016 wird diese Suche beginnen. „Bis 2013 hatten wir den Streit um Gorleben als mögliches Endlager. Da-

mals war klar, dass nach jeder neuen Bundestagswahl wieder etwas geändert werden könnte“, sagt Sailer. Dieser Streit sei nun aber beigelegt. „Das Endlagersuchgesetz ist mit sehr großer Mehrheit im Bundestag von fast allen Parteien beschlossen worden. Und die Bundesländer waren im Bundesrat alle damit einverstanden. Deshalb ist es egal, was die nächste Wahl ergibt, die nächste Regierung muss den Fahrplan weiter umsetzen.“

Wenn es um Endlagerung geht, fällt oft das Schlagwort „Rückholbarkeit“: Soll der radioaktive Abfall nun so eingelagert werden, dass er unter Umständen wieder geborgen werden kann, oder nicht? Michael Sailer spricht sich dagegen aus, gibt aber zu bedenken: „Jedes Abfallgebinde muss geordnet und wiederauffindbar eingelagert werden. Wir plädieren also nicht für Rückholbarkeit im Sinne von Offenhalten, sondern wollen das Lager nach Ende der Betriebszeit dicht verschließen. Wenn man dann zum Beispiel nach 300 Jahren feststellen würde, dass unsere Sicherheitsanalysen falsch waren, könnten unsere Nachfahren in der Nähe des verschlossenen Endlagers ein neues Bergwerk einrichten und die Behälter noch geordnet bergen.“

Aber was passiert in einem fest verschlossenen Endlager, wenn es eben doch zum „Worst Case“ kommt und Transurane etwa mit Wasser und Mineralien in Berührung kommen? Könnten sie Verbindungen eingehen, die wasserlöslich sind, oder könnten sie in Form von winzigen Nanopartikeln, als sogenannte Kolloide, mit dem Wasser transportiert werden? Wie wirken sich Salzgehalt und Säuregrad aus? Und welche Rolle spielen

**Gorleben**  
Die Salzstollen in 850 Meter Tiefe werden als mögliches Endlager untersucht.  
Bild: picture alliance/Ulrich Baumgarten





### Vorsicht geboten

HZDR-Forscherin Marisol Janeth Lozano Rodriguez untersucht, ob sich verschiedene Materialien dauerhaft an radioaktive Metalle binden können. Bild: AVANGA

Mikroben, Algen oder Pilze? Solche Fragen will Thorsten Stumpf vom Institut für Ressourcenökologie beantworten.

Um in die Labore zu gelangen, betritt er zunächst eine Schleuse, loggt sein persönliches Dosimeter ein, schlüpft in einen grünen Kittel und weiße Schuhe. In Handschuhboxen, die vor der Alpha-Strahlung schützen, stehen Hunderte von weißen Behältern auf Schütteltischen. Sie enthalten Lösungen mit Americium, Curium, Neptunium oder Plutonium, vermischt mit Mineralien wie Calzit, Eisenoxiden oder Muskovit und unterschiedlichen Mikrobenstämmen. Akkurat beschriftet steht alles an seinem Platz, eine Ordnung, die typisch für die Arbeit der Mikrobiologen sei, sagt Stumpf. Und natürlich stehen auch keine Kaffeetassen herum, im Kontrollbereich sind Essen und Trinken tabu. Hier untersuchen die Forscher systematisch, welche Verbindungen unter verschiedenen Bedingungen entstehen und wie sie sich auf Oberflächen anlagern. Dabei analysieren sie nicht nur die Endprodukte, sondern ermitteln mit physikalischen Methoden auch die Bildungskonstanten, die Beweglichkeit der Endprodukte, ihre Löslichkeit oder ihre Tendenz, Kolloide zu bilden. Das Institut verfügt über Labore mit Röntgendiffraktometer, Kernresonanzspektroskopen, Fluoreszenz- und Laserspektro-

skopiegeräten sowie über ein großes Geo-PET-Gerät, um zu untersuchen, wie gelöste oder kolloidale Komponenten durch Bohrkern wandern können.

„Nur so können wir einigermaßen zuverlässige Prognosen dazu abgeben, welche Verbindungen in größerem Ausmaß entstehen könnten und ob sie mobil sind oder nicht“, erklärt Stumpf. Die Daten stehen Forschern, Behörden und zukünftigen Endlagerbetreibern aus aller Welt zur Verfügung.

So ist Plutonium chemisch recht vielseitig, es kann verschiedene Oxidationsstufen einnehmen und dadurch ganz unterschiedlich reagieren. „Aber die Randbedingungen sind entscheidend“, sagt Stumpf. „Je nach dem pH-Wert und anderen chemischen Randbedingungen im Salz oder im Ton stellt sich eine bestimmte Oxidationsstufe fest ein. Jetzt untersuchen wir noch alle Möglichkeiten, aber wenn erst der Standort für ein Endlager in Deutschland feststeht, können wir noch genauer eingrenzen, welche Reaktionen überhaupt denkbar sind.“

Auch die Organismen, die tief im Untergrund unter unwirtlichsten Bedingungen gedeihen, sind noch ein weitgehend unbekannter Faktor. Nach dem Verschluss des Endlagers setzen sich vor allem anaerobe Organismen durch – das sind solche, die ohne Sauerstoff auskommen. Sie könnten die Behälter angreifen, das Eisen allmählich verstoffwech-

Lesen Sie  
das vollständige  
Interview mit  
Michael Sailer unter:  
→ [www.helmholtz.de/  
sailer](http://www.helmholtz.de/sailer)



seln und dann möglicherweise auch Transurane. „Wir kennen aus Uranbergbaugebieten Mikroben, die von der Umwandlung des Urans leben“, sagt Stumpf. Dabei verwandeln sie sechswertiges – also sechsfach geladenes – Uran, das gut wasserlöslich und damit relativ mobil ist, in vierwertiges Uran und scheiden es als schwer lösliche Uran-Phosphorverbindung aus. „Wenn wir so etwas auch für das Plutonium identifizieren könnten, wäre das interessant.“

Thorsten Stumpf ist davon überzeugt, dass die Nachfrage nach gut ausgebildeten Experten in den kommenden Jahren steigen wird. Wenn ab 2016 die systematische Suche nach einem Endlager in Deutschland startet, werden sie dringend gebraucht, und zwar über viele Jahrzehnte: Frühestens 2031 soll der Standort feststehen. Im günstigsten Fall können ab 2045 die ersten Behälter einfahren. Die ordnungsgemäße Einlagerung wird Jahrzehnte dauern, eine Aufgabe für die nächsten Generationen von Fachkräften. Trotzdem leisten sich nur noch wenige Universitäten einen Lehrstuhl für Radiochemie, denn die Kontrollbereiche sind teuer. „Da sehe ich ein riesiges Problem auf Deutschland zukommen“, sagt Stumpf.

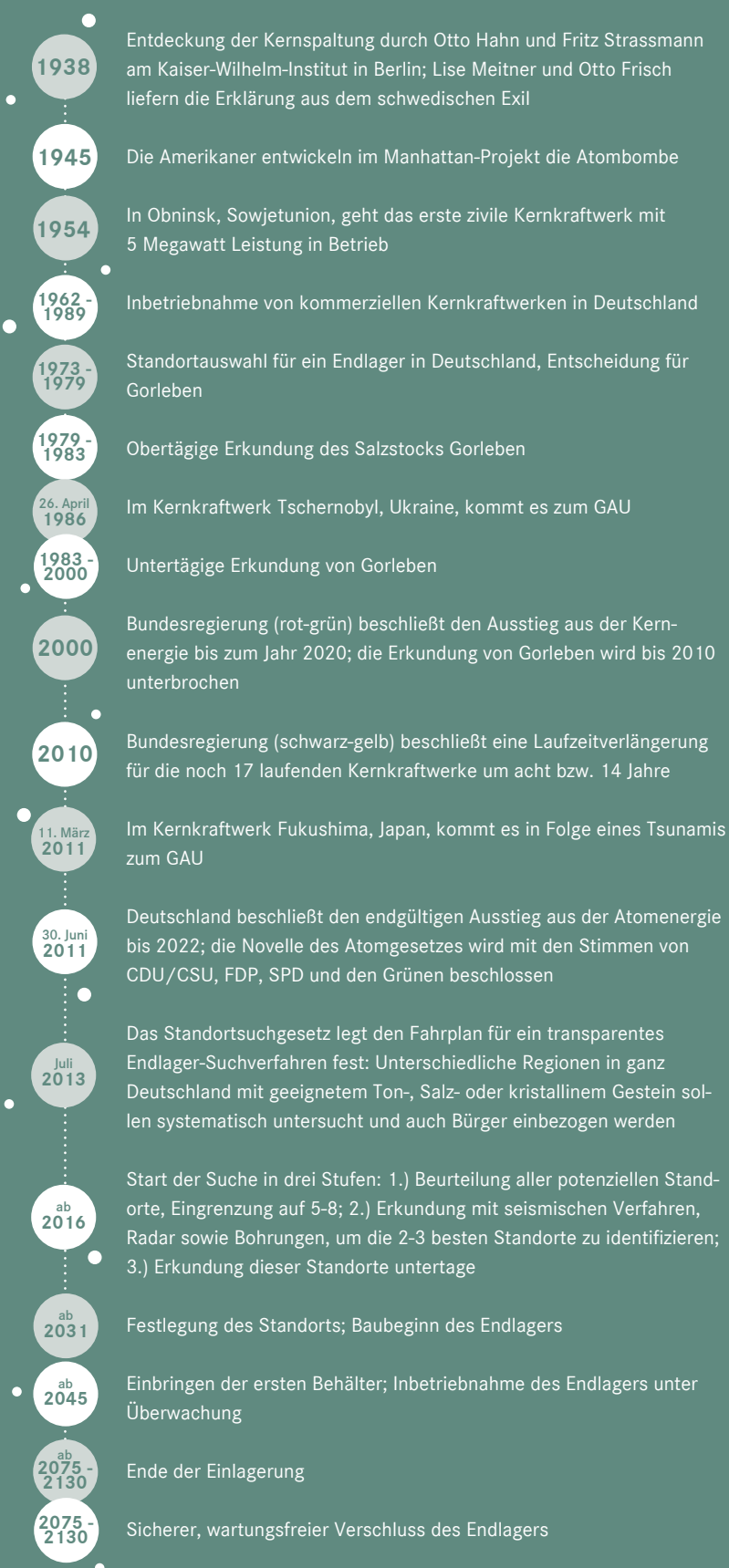
Michael Sailer geht noch einen Schritt weiter. Er fordert von der Regierung neue Programme, in denen qualifizierter Nachwuchs ausgebildet und Arbeitsplätze in den entsprechenden Fachbehörden geschaffen werden. „Wir brauchen nicht nur für die Suche nach einem Endlagerstandort, für den Bau und den Betrieb Fachleute, sondern natürlich auch für die unabhängigen Kontrollinstanzen.“

Die naturwissenschaftlichen Gesetze gelten auch noch in einer Million Jahren, hier schafft Forschung also Sicherheit. Doch über die gesellschaftliche Entwicklung der Zukunft lässt sich höchstens spekulieren, selbst Prognosen über zehn Jahre sind nicht zuverlässig. Dieses Thema werde zu wenig reflektiert, meint Thorsten Stumpf. Terrorismus, Wirtschaftskrisen oder Kriege könnten noch viel gefährlicher werden, wenn der hochradioaktive Abfall zugänglich bleibt. Deshalb plädiert auch Stumpf nachdrücklich dafür, ein künftiges Endlager sicher zu verschließen, die Endlagerung dürfe nicht rückholbar sein. Sonst verlagern wir die Verantwortung auf spätere Generationen, die niemals von der Kernkraft profitiert haben. ■

**Antonia Rötger**

*In der Helmholtz-Gemeinschaft forschen auch das Karlsruher Institut für Technologie und das Forschungszentrum Jülich zu nuklearer Sicherheit.*

## VON DER ENTDECKUNG DER KERNSPALTUNG BIS ZUM ENDLAGER IN DEUTSCHLAND



Quellen: Wikipedia und Endlagerkommission vom 20.4.2015, [https://www.bundestag.de/presse/hib/2015\\_04/-/370688](https://www.bundestag.de/presse/hib/2015_04/-/370688)

# KLAR SOWEIT?

ZAHLEN VERSTEHEN - ZAHLEN VERDREHEN

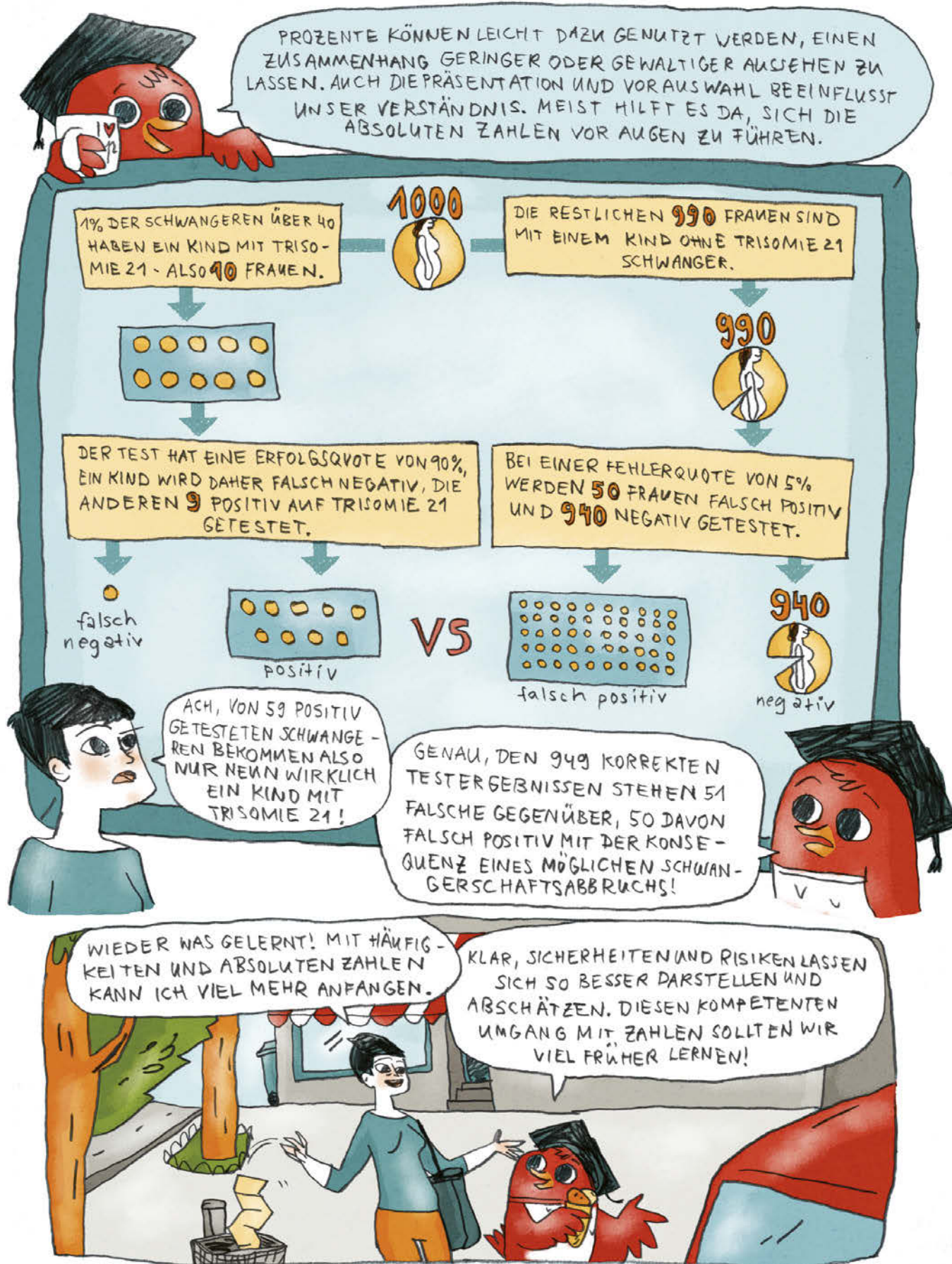
ZAHLEN HABEN ERHEBLICHEN EINFLUSS AUF UNSERE WAHRNEHMUNG. ABER VERSTEHEN WIR SIE AUCH IMMER RICHTIG?

Ausgezeichnet  
mit dem  
Journalistenpreis  
2015  
der Deutschen  
Mathematiker-  
Vereinigung



Mal witzig, mal erklärend  
Der Helmholtz-Wissenschafts-  
comic erscheint monatlich auf  
→ [www.helmholtz.de/comic](http://www.helmholtz.de/comic)  
und erzählt eine Geschichte  
rund um die Wissenschaft.











# Im Rausch der Beschleunigung

Schon als Kind schraubte Jens Stadlmann gerne an Fahrrädern herum. Diese Leidenschaft fürs Tüfteln kann der Physiker heute auch in seinem Beruf ausleben

Wenn Jens Stadlmann arbeitet, wirkt er wie der Kommandant eines großen Raumschiffs. Vor ihm im Kontrollraum türmen sich blau leuchtende Monitore, unzählige Knöpfe und Schalter. Schon ein kleiner Druck darauf setzt gewaltige Kräfte frei. Der Raum gehört zum GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt, Jens Stadlmann arbeitet dort als Beschleunigerphysiker.

Ähnlich wie am bekannten CERN in der Schweiz werden in den Anlagen bei GSI Ionen auf hohe Geschwindigkeit beschleunigt, im Ringbeschleuniger SIS18 etwa auf 270.000 Kilometer pro Sekunde. So erforscht man zum Beispiel den Aufbau von Atomen oder kann Rückschlüsse über Sterne oder Sternexplosionen ziehen. Forscher aus der ganzen Welt kommen nach Darmstadt, um dort ihre Experimente durchzuführen. Stadlmanns Aufgabe ist es, die Anlage funktionsfähig zu halten und weiterzuentwickeln. Bei GSI soll bald ein neuer Ringbeschleuniger mit zahlreichen Speicherringen gebaut werden. „Ein Heer der Ringe“, wie Stadlmann im Scherz sagt.

Um eine solche Anlage zu planen, muss man überlegen, was Forscher in den nächsten Jahren wie untersuchen wollen. Denn danach richtet sich der Aufbau. Jens Stadlmann beschäftigt sich gern mit solchen Fragen. Er ist Generalist. Anstatt sich auf ein einzelnes Thema zu spezialisieren, hat er lieber den Überblick. Technik interessierte ihn schon immer: Als Kind hat der jetzt 45-Jährige an seinen Fahrrädern herumgeschraubt, später Autos repariert. Sein Vater ist Ingenieur und Nachrichtentechniker. „Als Sohn muss man was anderes machen“, fand Stadlmann und begann 1990 mit dem Physikstudium, das er 1997 abschloss. Aber auch in diesem Fach interessierten ihn vor allem die technischen Aspekte.

Jetzt kann Stadlmann sein Interesse für Naturwissenschaft und Technik verbinden. 1998 fing er bei GSI an und schrieb dort seine Doktorarbeit, die er 2002 erfolgreich abschloss. Seitdem arbeitet er im Beschleunigerbereich. Bisher mit der Anlage allerdings wirklich vertraut war, dauerte es etwa vier Jahre. Für einen normalen Betrieb sind im Kontrollraum drei Personen notwendig. Wenn Forscher für ihre Experimente Sonderwünsche haben, werden es schnell mehr. Jens Stadlmann ist ein kommunikativer Mensch. Das muss er auch sein, denn er hat viel zu koordinieren, sowohl mit den Operateuren, die die GSI-Beschleunigeranlage betreiben, als

auch mit den internationalen Forschern, die hier ihre Experimente durchführen.

Das GSI Helmholtzzentrum gehört zu den wenigen Einrichtungen, die jedes Element des Periodensystems beschleunigen können, selbst seltene Elemente wie Gadolinium oder Samarium, die in Leuchtstoffröhren oder Glas verwendet werden. Mit den beschleunigten Elementen führen die Wissenschaftler bei GSI eine große Vielfalt von Experimenten durch. Sie wollen damit den Aufbau der Materie entschlüsseln und die Entwicklung des Universums nachvollziehen. Zu den bekanntesten Ergebnissen zählt die Entdeckung von sechs neuen chemischen Elementen. Den Wissenschaftlern gelang es aber auch, mithilfe der Beschleunigungsexperimente eine neuartige Krebstherapie zu entwickeln.

Gearbeitet wird im Schichtbetrieb. Jens Stadlmanns Arbeitsalltag hat zwei Phasen. An den Tagen, an denen der Ringbeschleuniger in Betrieb ist, muss er für einen reibungslosen Ablauf sorgen. Läuft der Beschleuniger nicht, koordiniert er Umbauarbeiten. Einen Pieper hat er immer bei sich. Der holt ihn auch immer mal wieder aus dem Bett, wenn es ein technisches Problem zu lösen gibt. Wenn das am Telefon nicht möglich ist, macht sich Stadlmann auch mitten in der Nacht auf den Weg zu GSI. Mit fünf oder sechs Kollegen steht er dann schon mal um zwei Uhr morgens im Kontrollraum und sucht die Fehlerquelle. „Forscherguppen bereiten sich vielleicht ein Jahr für die drei Wochen bei uns vor. Wenn sie dann hier sind, muss alles klappen“, sagt Stadlmann.

Der Physiker arbeitet aber nicht nur. In seiner Freizeit liebt er es zu fotografieren. Er programmiert gern oder hört Rock, Metal und Alternative – „wie alle Physiker“, meint er. Stadlmann ist überdies Star Wars-Fan. Auch als Sportschütze und Jäger verbringt er freie Zeit. Seit einem Jahr ist er zudem Vater und genießt das Familienleben. ■

Friederike Lübke

# Personalien

## Leibniz-Preis für Frank Bradke



Der Molekularbiologe Frank Bradke vom Deutschen Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen erhält den mit 2,5 Millionen Euro dotierten Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis 2016. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft würdigt seine Forschung an der Regeneration von Nervenzellen. Bradke möchte die Grundlagen für neuartige Therapien etwa zur Behandlung von Rückenmarksverletzungen schaffen. Zu den weiteren Preisträgern gehört auch Emmanuelle Charpentier vom Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie und vom Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung.

## Helmholtz-Geschäftsführer wechselt ans BIG

Rolf Zettl wird kaufmännischer Vorstand am Berliner Institut für Gesundheitsforschung (BIG). Zettl, der seit 2008 Geschäftsführer der Helmholtz-Gemeinschaft ist, übernimmt sein neues Amt im März 2016. Das BIG ist erst vor kurzem in eine rechtlich selbstständige Körperschaft des öffentlichen Rechts umgewandelt worden, an der die Charité und das Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin beteiligt sind. Die BIG-Forscher beschäftigen sich damit, wie Erkenntnisse aus der Wissenschaft schneller den Patienten zugutekommen und wie klinische Beobachtungen besser in die Grundlagenforschung übertragen werden können.



## Hohe Pharmazie-Auszeichnung für Rolf Hartmann

Rolf Hartmann vom Helmholtz-Institut für Pharmazeutische Forschung Saarland (HIPS) in Saarbrücken wird mit dem Phoenix Pharmazie Wissenschaftspreis 2015 ausgezeichnet. Die Jury würdigt seine „innovative und herausragende wissenschaftliche Arbeit auf dem Gebiet der Pharmazeutischen Chemie“. Der Preis wird für die besten wissenschaftlichen Arbeiten der pharmazeutischen Grundlagenforschung verliehen.

## Der Swiss Bridge Award geht nach Heidelberg

Andreas Trumpp erhält für seine Forschung an Krebsstammzellen den diesjährigen Swiss Bridge Award. Der Molekularbiologe arbeitet am Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) sowie am Heidelberger Institut für Stammzelltechnologie und Experimentelle Medizin (HI-STEM). Das Preisgeld von 500.000 Schweizer Franken teilt er sich mit Joerg Huelsken von der École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Mit dem Geld wird Trumpp in den kommenden drei Jahren ein groß angelegtes Projekt zur Charakterisierung von Brustkrebs-Stammzellen finanzieren. Ziel ist es, neue Kombinationstherapien zu entwickeln, die auch gegen Metastasen wirksam sind. Die Swiss Bridge Stiftung fördert mit der Auszeichnung hochkarätige Forschungsprojekte gegen Krebs.

## Meyenburg-Stiftung verleiht Preis an Ton Schumacher

Der Meyenburg-Preis 2015 geht an den Immunologen Ton Schumacher vom Netherlands Cancer Institute in Amsterdam. Er erhält die Auszeichnung für seine herausragenden Arbeiten zur Immunabwehr von Krebs. Die mit 50.000 Euro dotierte Auszeichnung wird von der Meyenburg-Stiftung unter dem Dach des Deutschen Krebsforschungszentrums verliehen. Ton Schumacher konnte in wegweisenden Studien zeigen, dass eine erfolgreiche Krebs-Immunabwehr von veränderten Proteinstrukturen abhängt, die durch Erbgut-Mutationen in den Tumorzellen entstehen.

## Wissenschaftspreis Niedersachsen für Emmanuelle Charpentier

Emmanuelle Charpentier hat ein präzises und einfach zu verwendendes Gen-Editier-Werkzeug entwickelt, mit dem gezielt Änderungen im Genom vorgenommen werden können, um etwa Gendefekte zu beheben. Für diese Arbeit erhält sie den Wissenschaftspreis Niedersachsen 2015, der mit 25.000 Euro dotiert ist. Charpentier ist Abteilungsleiterin am Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung (HZI) in Braunschweig und Professorin an der Medizinischen Hochschule Hannover. Seit Oktober ist sie Direktorin am Berliner Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie, bleibt dem HZI aber durch Kooperationen verbunden. Ihr Gen-Editier-Werkzeug eröffnet großes Potenzial für die medizinische Forschung, heißt es in der Begründung der Jury. ■

Kilian Kirchgeßner



# Kristalle - im Großen wie im Kleinen!

## So wird's gemacht:

Um das Calcit-Stück zu zerschlagen, wickelst du es in ein Küchentuch oder einen Stoffbeutel und legst es auf eine feste Unterlage, die einen kräftigen Hammerschlag aushält. Dann ziehst du Handschuhe und Schutzbrille an und schlägst mit dem Hammer einmal kräftig auf den verpackten Calcit, sodass er zerbröselt. Wenn du ihn auspackst, wirst du viele kleinere und größere Calcitstücke erkennen. Die Calcit-Kristalle, egal ob groß oder klein, zeigen stets die gleiche Form, ein sogenanntes Rhomboeder. Das ist ein Körper, der geformt ist wie ein Quader, der an zwei gegenüberliegenden Ecken auseinandergezogen wurde. Hast du auch ein Mikroskop zur Hand?

## Erklärung:

Calcit ist eine Verbindung aus Kalzium, Kohlenstoff und Sauerstoff, gemeinhin bekannt als Kalk. Die drei Atomsorten sind im Calcit nicht ordnungslos verteilt, sondern jede Sorte hat ihren festen Platz. Wenn man sich um die kleinste immer wiederkehrende Baueinheit im Calcit einen Körper denkt, dann erhält man ein Rhomboeder. Stelle dir dieses Rhomboeder wie einen Ziegelstein vor, aus dem du viele Mauern hintereinander baust. Genauso ist das große Calcitstück aufgebaut. Und immer, wenn du Calcit zerkleinerst, erhältst du kleine Rhomboeder. Das gilt für alle Kristalle: Sie haben einen geordneten inneren Aufbau, aus dem die äußere Form hervorgeht. Unser Experiment klappt allerdings nicht mit allen Kristallen, da auch ihre Spaltbarkeit eine wichtige Rolle spielt.

Seit fünf Jahren hat das Schülerlabor „Blick in die Materie“ des Helmholtz-Zentrums Berlin zwei Standorte. Das erste Schülerlabor wurde bereits 2004 in Wannsee eingerichtet. 2010 folgte dann in Adlershof ein zweites. Seitdem kamen mehr als 5500 Schülerinnen und Schüler zum Experimentieren in das Labor in der Adlershofer Kekuléstraße.

→ <https://www.helmholtz-berlin.de/angebote/schuelerlabor>

## Das brauchst du:

- Hammer
- Schutzbrille und -handschuhe
- feste Unterlage
- Stofftuch/-beutel
- Lupe oder einfaches Mikroskop
- Calcit-Bruchstücke (für wenige Euro im Mineralienhandel oder im Internet)



Das brauchst du



Calcit-Bruchstück

