

## Machen Maschinen Meinungen?

Social Bots und ihre Rolle bei der politischen Meinungsbildung

### RAUSFAHREN

Expedition  
nach Neuseeland

### ÜBERLEBEN

Nacktmulle:  
Die Supernager

### ENTWICKELN

Lebenswerte Städte  
dank Forschung





## Kunstvoll verwirbelt

Richtig dekorativ muten die vielen in sich gedrehten Wirbel an, die unter der Borke eines Stückes Totholz zum Vorschein kommen. Diese Verformungen halten den Baum stabil. Bäume können sich an Belastungen anpassen, indem sie sich beim Wachsen deformieren. Ständiger Wind lässt Baumkronen beispielsweise abflachen wie einen Bachkieselstein – eine Selbstoptimierung der äußeren Baumgestalt. Im Inneren funktioniert diese Art der Selbstoptimierung auch. Wenn an Teilen des Baumes gegeneinander gleitende Kräfte wirken, besteht die Gefahr der Abscherung, ähnlich wie beim Schneiden mit einer Schere. An dieser Stelle bildet der Baum Wirbel aus, die das Abscheren verringern. Der Wirbel ist eine Universalform der Natur, die sich in Flüssigkeiten und festen Körpern findet. Sie taucht in Gebirgen ebenso auf wie in Knochen oder eben Bäumen. Ihr Prinzip lässt sich auch auf technische Bauteile übertragen.

Bild: C. Mattheck, Die Körpersprache der Bauteile, KIT Verlag 2017



**ONLINE**

Mehr eindrucksvolle Bilder aus der Wissenschaft finden Sie hier:

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

## TITELTHEMA

- 08 Social Bots**  
Wahlkampf mit Algorithmen
- 14 Interview**  
Ein Forscher an der Schnittstelle zwischen Informatik und Sozialwissenschaften

## WISSENSCHAFTSBILD

- 02** Kunstvoll verwirbelt

## INFOGRAFIK

- 06** Helmholtz International  
Zahlen und Fakten

## STANDPUNKTE

- 24** Klimabewusst reisen – geht das?  
Zwei Blickwinkel: Diana Rechid und Hella Kaiser
- 30** Jammern auf hohem Niveau?  
Ein Kommentar von Hauke Harms über die Forschungsbedingungen in Deutschland

## PORTRAIT

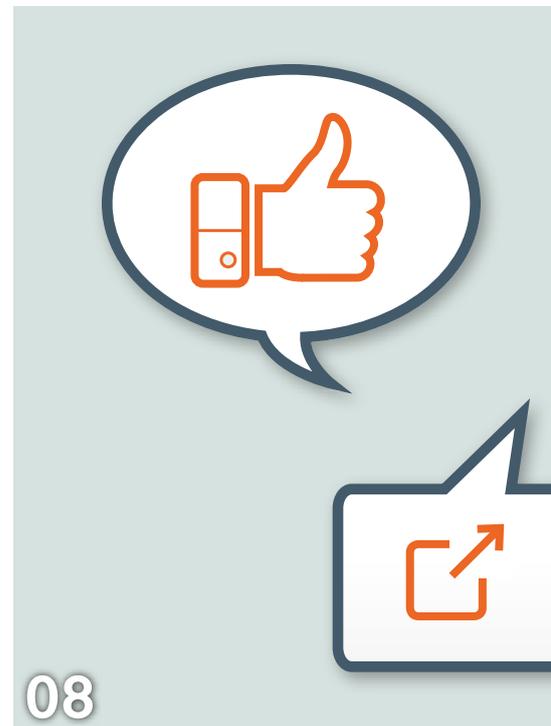
- 40** Barbara Terhal  
Die Geistesgipfelstürmerin

## FORSCHUNG

- 07** Helmholtz extrem  
Die vernetztesten Biobanken Deutschlands
- 16** Helmholtz kompakt  
Neues aus der Welt der Helmholtz-Gemeinschaft
- 19** Resonator-Podcast  
Quantentechnologie
- 20** Urbanes Umdenken  
Was Städte lebenswert macht
- 26** Von der Grasnarbe bis ins All  
Satelliten unterstützen Ersthelfer
- 31** Mythos  
Solarenergie ist zu teuer
- 32** Nackte Überlebenskünstler  
Was wir von Nacktmullen lernen können
- 35** Nachgefragt  
Was ist Wissenschaft?
- 36** Wo die Erde den Meeresboden verschluckt  
Mit Helmholtz JWD nach Neuseeland

## EXPERIMENT

- 43** Kleine Forscher:  
Mini-Raketenantrieb  
Mit einer Rakete auf dem Weg zu den Sternen



## 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 (V.i.S.d.P. Roland Koch)  
Anna-Louisa-Karsch-Str. 2 · 10178 Berlin  
Fon +49 30 206329-57 · Fax +49 30 206329-60

**Chefredaktion** Rebecca Winkels  
**Artdirektion** Stephanie Lochmüller, Franziska Roeder

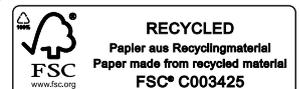
**Redaktion**  
Kristine August, Hauke Harms, Hella Kaiser, Kilian Kirchgeßner, Ricarda Laasch, Sina Löschke, Lorenz Matzat, Diana Rechid, Franziska Roeder, Martin Trinka, Agata Tuzimek, Carolina Pizano Wagner, Rebecca Winkels (Chefredaktion)

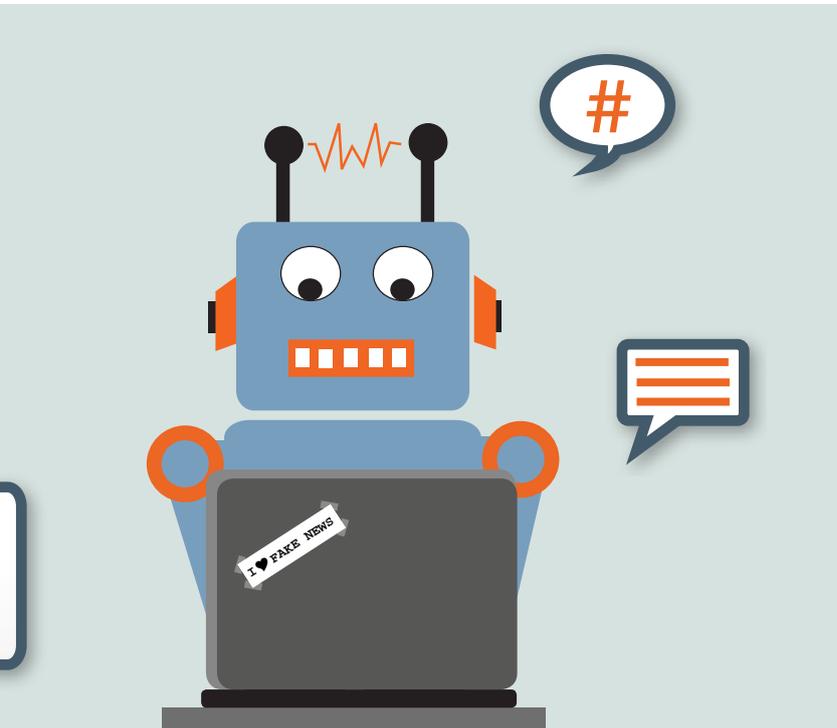
**Bildnachweise**  
Titel/Umschlag: Franziska Roeder, Freepik, Gongtong Kittiyantakarn/Shutterstock; S. 4–5: Franziska Roeder, Freepik, Gongtong Kittiyantakarn/Shutterstock, Reindeer Renderings, Paul-Philipp Braun, Sascha Kreklau, Roland Gockel, Meinhard Simon/ICBM, Universität Oldenburg, Verena Mörath; S. 6: Franziska Roeder, agrus/Fotolia, Freepik; S. 8–13: Franziska Roeder, Freepik, Gongtong Kittiyantakarn/Shutterstock;

S. 10: Quelle: Twitter; S. 14/15: Freepik, privat; S. 19: Freepik; S. 20: ÁRTER Architects, Ty Stange/Copenhagen Media Center, Reindeer Renderings; S. 22: Rtstudio/shutterstock; S. 24–25, 30: Jindrich Novotny; S. 31: picsfive/Fotolia, namtipStudio/shutterstock, Freepik; S. 36–37: Meinhard Simon/ICBM, Universität Oldenburg; S. 40: Sascha Kreklau; S. 43: Tanja Hildebrandt

**Druck/Vertrieb** Druck- und Verlagshaus  
Zarbock GmbH & Co. KG, Frankfurt a.M.

**Papier** Arctic Volume white  
ISSN 2197-1579





Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Sommerzeit ist Urlaubszeit. Doch kann man eigentlich noch guten Gewissens Reisen ohne das Klima zu gefährden? Zwei Meinungen dazu gibt es in unseren Blickwinkeln.

Kommen Sie außerdem mit auf Entdeckungsfahrt mit dem Forschungsschiff Sonne. Lernen sie mehr darüber, wie Forscher Katastrophenschützer bei der Arbeit unterstützen und wie sie dabei helfen, die Städte von morgen zu entwickeln. Zudem stellen wir Ihnen einen echten Überlebenskünstler vor: den Nacktmull.

Sie wollen zu einzelnen Themen mehr erfahren? Kein Problem. Folgen Sie einfach den entsprechenden Icons im Heft und tauchen Sie noch tiefer ein in die bunte Welt der Forschung.

Viel Spaß beim Lesen, Anschauen und Hören!

Rebecca Winkels  
Pressereferentin

## → Abonnement

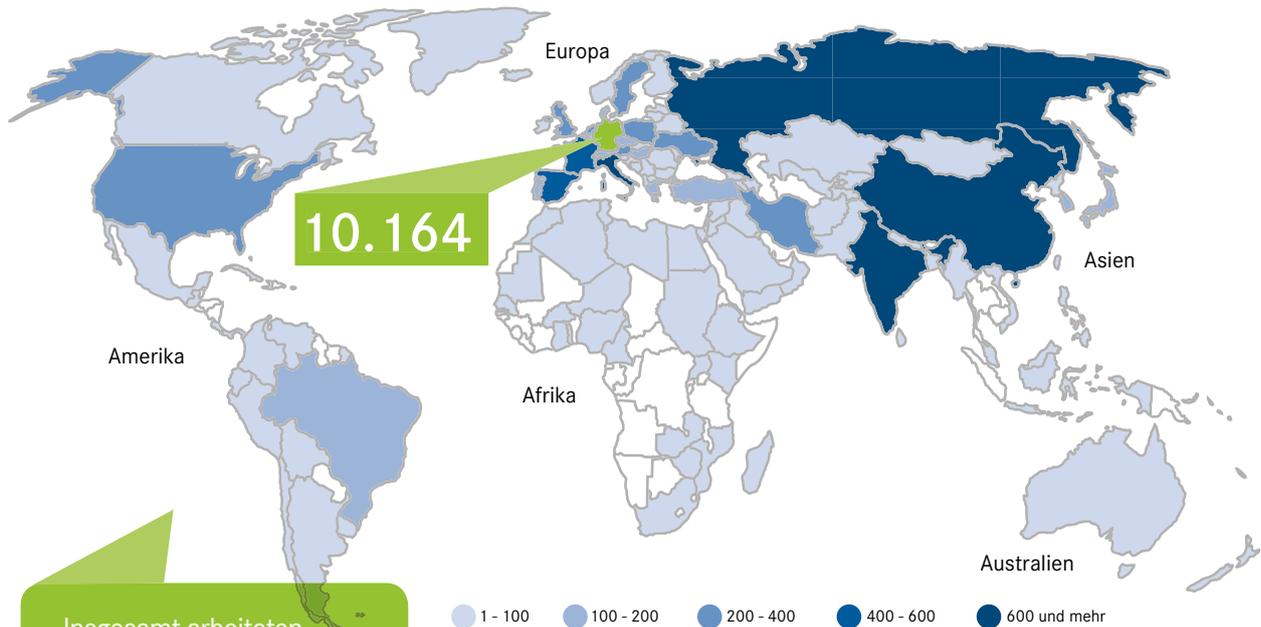
Möchten Sie die Druckausgabe der Helmholtz Perspektiven **kostenlos** beziehen? Dann schreiben Sie eine Mail an: [perspektiven@helmholtz.de](mailto:perspektiven@helmholtz.de)

# Helmholtz international

Zahlen zu ausländischen Wissenschaftlern, Auslandsbüros und Kopublikationen



## Anzahl und Herkunft der ausländischen und Gastwissenschaftler



Insgesamt arbeiteten **5.616 ausländische Wissenschaftler** im Jahr 2016 in der Helmholtz-Gemeinschaft. Damit sind 15 % aller Helmholtz-Wissenschaftler internationaler Herkunft. Die Zahl der internationalen Gastwissenschaftler ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen und belief sich im Jahr 2016 auf **4.548 Gastwissenschaftler**.

**8.650**



### Kopublikationen

Wie international Helmholtz ist, lässt sich anhand der Kopublikationen mit ausländischen Partnern ablesen. 2016 waren es ca. 60 % von insgesamt über 14.000 Publikationen.

**3**



### Auslandsbüros

Helmholtz unterhält Büros in Brüssel, Moskau und Peking. Sie helfen den Zentren in der Zusammenarbeit mit den jeweiligen Ländern.

Internationalisierung ist für Helmholtz nicht nur ein wesentlicher Teil der Mission, sie ist auch eine unverzichtbare Voraussetzung für wissenschaftlich herausragende und strategisch relevante Forschung. In ihrem jeweiligen Gebiet sind Helmholtz-Zentren weltweit bekannte, exzellente Forschungsstätten und ziehen talentierte Wissenschaftler aus aller Welt an.

# HELMHOLTZ extrem

Die vernetztesten Biobanken Deutschlands: The German Biobank Alliance (GBA)



**Biobank** Die Strohhalm sind mit humanem Blut von Probanden der EPIC Kohorte gefüllt. Die Proben werden bei minus 196°C aufbewahrt. Bild: Jutta Jung/DKFZ

Um Krankheiten zu erforschen und medizinische Erkenntnisse zu gewinnen, muss man möglichst viel über die Erkrankten wissen. Nur dann lassen sich Zusammenhänge erkennen und die richtigen Rückschlüsse auf die Ursachen ziehen. Ein enormes Potenzial schlummert in Biobanken: Sie sammeln und lagern Blut, Gewebe sowie anderes Körpermaterial kranker und gesunder Menschen gleichermaßen und stellen dies für die biomedizinische Forschung zur Verfügung. Wissen wird aus diesen Proben aber nur dann, wenn Forscher mit ausreichend vielen Proben in vergleichbarer Qualität in Kombination mit relevanten Daten zur Krankheitsgeschichte des Spenders arbeiten können. Und da sie immer speziellere Subgruppen von Krankheiten untersuchen, benötigen sie immer seltenere Proben, die sich kaum an einem einzigen Standort finden.

Die Vernetzung verschiedener Biobanken wird daher zu einer zentralen Grundlage der biomedizinischen Forschung. So lassen sich beispielsweise die Proben und Daten von vielen Patienten vergleichen, die dieselben krankheits-

relevanten Merkmale haben. Auch dann, wenn die Erkrankung nur sehr selten auftritt. Bestenfalls führt das zu einer effizienteren Entwicklung neuer diagnostischer Methoden, neuer Therapien oder Medikamente.

In Deutschland haben sich jetzt elf große Biobankstandorte miteinander vernetzt. Sie bilden eines der größten Biobank-Netzwerke der Welt: Die German Biobank Alliance (GBA, Deutsche Biobanken-Allianz). Sie wird neben einer breiten Verfügbarkeit auch eine standortübergreifende Vergleichbarkeit von Proben und zugehörigen Daten herstellen. „Damit Forscher künftig über Biobanken hinweg nach Proben und Daten suchen und für gemeinsame Forschungsprojekte zusammenstellen können, müssen deshalb auch die IT-Strukturen zwischen Biobanken harmonisiert werden“, sagt Martin Lablans, der als Leiter des IT-Expertenzentrums am Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) für die IT-Infrastruktur des Verbundprojekts verantwortlich ist. ◆

**Carolina Pizano Wagner**



**ONLINE**

Alle Ausgaben von  
HELMHOLTZ extrem  
unter:

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

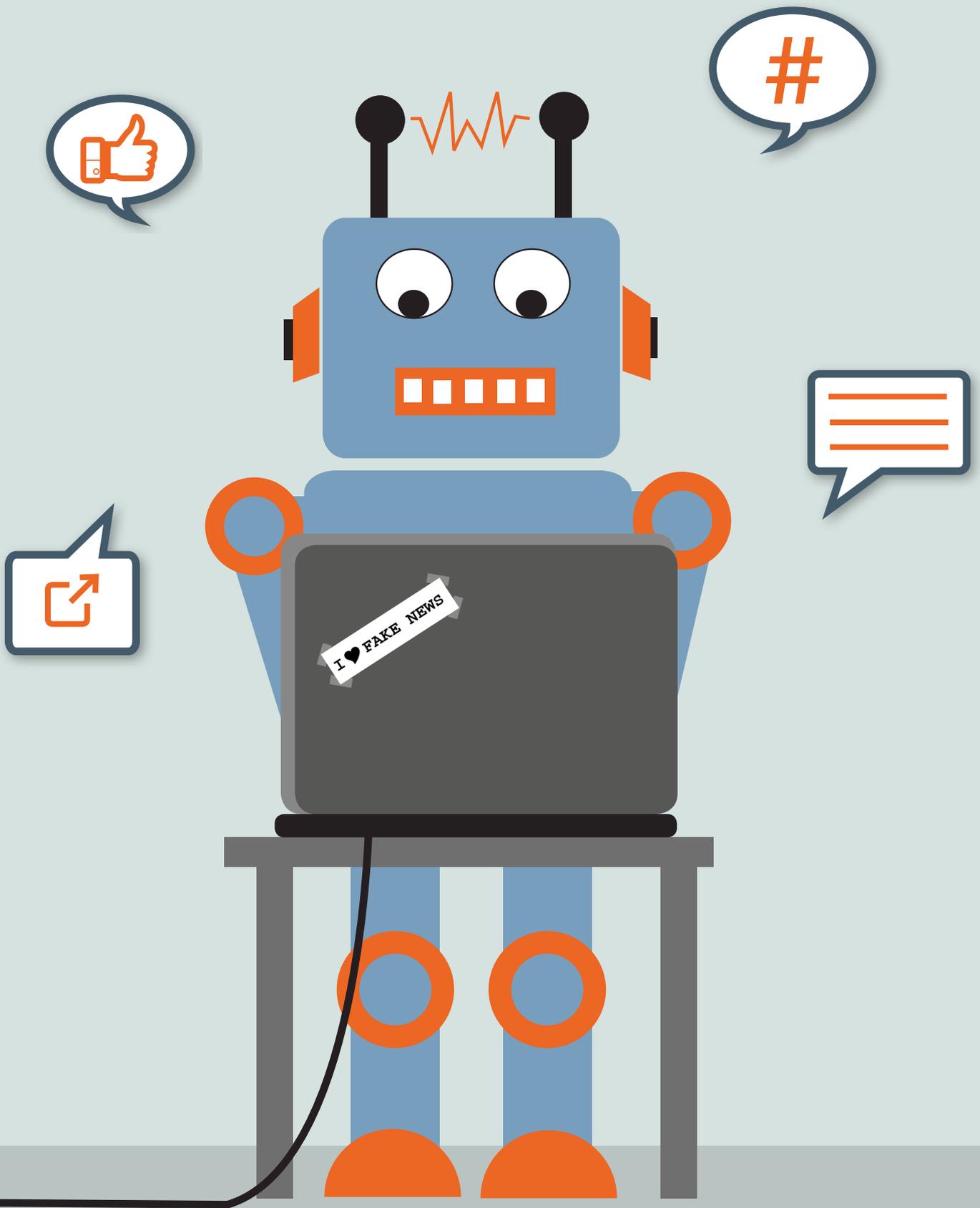




# WAHLKAMPF MIT ALGORITHMEN

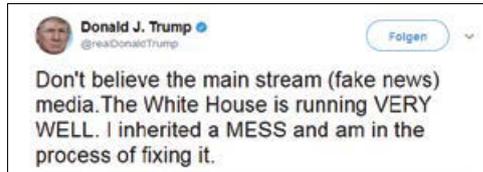
In der medialen Berichterstattung über Wahlen finden Social Bots zunehmende Beachtung. Könnten sie am Ende auch bei den kommenden Bundestagswahlen eine entscheidende Rolle spielen oder wird ihr Einfluss doch überschätzt? Ein Überblick.







Die Leidenschaft spielt US-Präsident Donald Trump auf der Klaviatur des sozialen Netzwerks Twitter. Hier kann er ungefiltert verkünden, was ihn gerade beschäftigt:



– das schrieb er Mitte Februar, es ist nur ein Beispiel dafür, wie er auf kurze und prägnante Weise austeuert. Im Wahlkampf hat er damit begonnen, sich mit seinen Botschaften direkt an die potenziellen Wähler zu richten, und jetzt nach seiner Amtsübernahme macht er damit weiter.

Die Frage, welche Rolle die Sozialen Medien bei Wahlen spielen, interessiert nun auch mehr und mehr die Wissenschaft. In Europa vermuten Kommentatoren oft, dass sich gerade junge Wähler durch Soziale Medien beeinflussen lassen, sei es bei der französischen Präsidentschaftswahl oder bei den Erfolgen der rechtspopulistischen AfD in deutschen Landtagen. Tatsächlich setzen viele Kampagnen-Manager professionelle Teams ein, um die Social Media-Kanäle zu bespielen – genauso wie große Unternehmen, für deren Öffentlichkeitsarbeit die Sozialen Medien eine immer größere Rolle spielen. Wissenschaftliche Untersuchungen zu dem Thema sind allerdings noch rar.

### Den Sozialen Medien könne hierzulande als „Zünglein an der Waage“ Bedeutung zukommen.

„Die Studie, die schlüssig die Effekte der Beeinflussung durch Social Media erklärt, kenne ich nicht“, sagt Christoph Bieber von der Universität Duisburg-Essen. Der Politikwissenschaftler beschäftigte sich unter anderem mit der Piratenpartei und setzt sich derzeit mit dem vergangenen Wahlkampf in Nordrhein-Westfalen auseinander. Es gebe in der Wahlforschung Modelle, so Bieber,

die versuchten, Wahlentscheidungen nachzuvollziehen – etwa den Kausalitätstrichter. Hier fänden diverse Faktoren Berücksichtigung, die einen Wähler beeinflussen: Beispielsweise soziale Lage und Milieu, peer groups und Parteienidentifikation. Der Aspekt Social Media spiele da als ein Faktor von vielen hinein. Der Wahlkampf in den USA habe die politischen Parteien hierzulande elektrisiert und für die Debatte sensibilisiert, meint Bieber. Die Situation sei nicht so brisant wie in den stark polarisierten USA, was nicht zuletzt an dem dort herrschenden Mehrheitswahlrecht gegenüber dem hiesigen Verhältniswahlrecht läge. Social Media könne hierzulande allerdings als „Zünglein an der Waage“ Bedeutung zukommen, wenn es um eine knappe Entscheidung geht, etwa ob eine Partei die Fünf-Prozent-Hürde schafft.

In den USA kommen Wissenschaftler der Stanford University zum Schluss, dass Soziale Medien bei der Wahlentscheidung gemeinsam mit Radio und Zeitungen nur einer von vielen Faktoren waren. Das Fernsehen hingegen sei für den Ausgang der Wahl medial mit deutlichem Abstand am bedeutendsten gewesen. Der „Digital News Report 2016“ des „Reuters Institute for the Study of Journalism“ aus diesem Frühjahr legt nahe, dass es sich hierzulande ähnlich verhalten dürfte: Das Fernsehen ist für die Hälfte der befragten deutschen Internetnutzer die bedeutendste Nachrichtenquelle. Ein Viertel nannten das Internet als wichtigste Quelle. Der Report zeigt aber auch, dass es in der Gruppe der 18- bis 24-Jährigen anders aussieht: Dort spielen Soziale Medien eine weitaus größere Rolle.

Ein Thema, das in Zusammenhang mit Wahlen immer wieder diskutiert wird, sind die sogenannten Social Bots – Bot ist eine Kurzform von Roboter. Sie können automatisiert Beiträge in den Sozialen Medien veröffentlichen, ohne dass die Nutzer erkennen, dass sie es nicht mit einem Menschen zu tun haben. Sie reagieren meistens auf Stichworte, etwa wenn jemand das Wort „Flüchtlinge“ bei Facebook oder Twitter veröffentlicht. Die Bots können dann vorgefertigte Kommentare abgeben oder Links auf bestimmte Artikel und Internetseiten verbreiten. Beobachter befürchten, dass solche Social Bots wichtige Debatten regelrecht fluten. Es kursieren zwar unterschiedliche



**Getwittert** Der deutsche Regierungssprecher Steffen Seibert sendet auf Twitter kurze Nachrichten zu aktuellen politischen Themen. Bild: Screenshot, Quelle: Twitter

Schätzungen dazu, wieviele Konten in sozialen Netzwerken künstlich sind; ein Anteil von zehn bis 30 Prozent aber gilt als wahrscheinlich.

Das Büro für Technik-Folgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) veröffentlichte zu Beginn des Jahres ein Papier zu den Social Bots. Mit 25 Experten hatte das TAB dafür gesprochen. Sonja R. Kind war bei der ausführenden Agentur, der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, für diese Interviews zuständig. Es sei schwierig gewesen, Wirtschaftsvertreter dafür zu gewinnen, erinnert sie sich: Auf Anfragen hätten Amazon, Microsoft, Facebook und Twitter nur schriftlich oder gar nicht geantwortet. Dagegen hätten Medienvertreter, Wissenschaftler, Social Media-Beauftragte der Parteien, aber auch das Bundeskriminalamt sowie der Chaos Computer Club (CCC) bereitwillig zugesagt. „Dass Social Bots nicht nur politische, sondern auch wirtschaftliche Auswirkungen mit Blick auf Börsenkurse haben könnten, beispielsweise durch Kundenbe-

einflussung, war für mich eine neue Erkenntnis“, sagt Kind.

**„Es scheint mir, als würde bei der Debatte um Social Bots nach schnellen Erklärungen für komplexe Zusammenhänge gesucht.“**

„Ich halte die Aufregung um Social Bots in Politik und Medien für etwas übertrieben“, urteilt hingegen Politikberater Martin Fuchs: „Es scheint mir, als würde bei der Debatte um Social Bots nach schnellen Erklärungen für komplexe Zusammenhänge gesucht.“ Automatisierte Verfahren könnten durchaus auch hilfreich sein, sagt er – etwa als Assistenzsysteme. So könnten Parteien automatisch auf ihre Positionen hinweisen oder auf Fragen reagieren. Solange deutlich gekennzeichnet sei, dass es sich um Äußerungen von Automaten handelt, sei das kein Problem. Doch derzeit →

seien Social Bots so verpönt, dass die etablierten Parteien den Einsatz im Wahlkampf kategorisch ausgeschlossen hätten. In zwei, drei Jahren könne das anders sein, sagt Martin Fuchs.

Dass es Versuche geben werde, den Bundestagswahlkampf per Sozialer Medien zu beeinflussen, hält er für wahrscheinlich. Jedoch verweist er auf die Feststellung des TAB-Papiers: „Die tatsächlichen Effekte der Social Bots auf die politische Meinungsbildung und wirtschaftliche Prozesse beruhen überwiegend noch auf Annahmen, weil keine der bisherigen Studien einen gesicherten Nachweis der Wirkungen und Effekte von Social Bots liefern konnte.“

Hier tritt ein grundlegendes Problem der Forschung zu Sozialen Medien zu Tage: Nur bei Twitter sind Beiträge aller User auch im Nachhinein abrufbar – bei allen anderen sozialen Netzwerken ist es schwierig oder gleich unmöglich, Beiträge systematisch zu analysieren. Facebook bietet keine Schnittstelle dafür an und macht auch nicht transparent, wie sein News Feed-Algorithmus funktioniert (s. Kasten): Welche Nachrichten die Nutzer in ihrem Netzwerk aus Freunden und Gruppierungen zu sehen bekommen, ist individuell verschieden, der Automatismus dahinter beruht auf einem Verfahren, das Facebook als Geschäftsgeheimnis streng hütet. Bei Angeboten wie Snapchat löschen sich die Nachrichten selbst, sobald sie gelesen sind. Dazu gesellen sich weitere technologische Hürden: Für Instagram, auf dem hauptsächlich Fotos veröffentlicht werden, und für YouTube mit seinen Videos bedürfte es aufwendiger Analysesoftware, um Inhalte zu erfassen – und die befindet sich trotz bemerkenswerter Fortschritte noch im Experimentierstadium.

Das Projekt „PropStop“ will Propaganda trotz solcher Hindernisse automatisiert sichtbar machen. Projektleiter Christian Grimme von der Wilhelms-Universität in Münster arbeitet dazu mit einem multidisziplinären Team aus Kommunikationswissenschaftlern und Informatikern zusammen. Auch die Redaktionen der Süddeutschen Zeitung und von Spiegel Online sind beteiligt, zudem ein Softwarehaus. Gemeinsam wollen sie ein Werkzeug entwickeln, mit dessen Hilfe

Journalisten automatisierte Propaganda erkennen können. Die Software prüft dafür beispielsweise, ob in Social Media-Konten immer wieder die gleichen Satzbausteine miteinander kombiniert werden – das wäre ein Hinweis darauf, dass nicht ein Mensch, sondern eine Maschine die Botschaften schreibt. Die Untersuchung einzelner Accounts ist allerdings nur der Anfang. ProStop hat es sich zum Ziel gemacht ganze Propagandastrategien also koordiniert Aktionen mit Manipulationspotential kennbar zu machen und offen zu legen.

Solche Werkzeug hält Grimme für äußerst wichtig: Journalisten, die auch immer mehr in Social Media-Kanälen recherchieren und kommuni-

## SOZIALE NETZWERKE

Das bekannteste Soziale Netzwerk ist Facebook. Herzstück von Facebook ist der sogenannte News-Feed: Hier sieht der Nutzer Neuigkeiten von Freunden und Projekten, Firmen, Musikgruppen und anderen, für die er sich interessiert. Weil Facebook-Nutzer oft mehrere hundert oder gar tausende dieser Freunde haben, filtert Facebook diesen News-Feed durch Algorithmen, um die Menge der Nachrichten zu reduzieren. Nach welchen Regeln diese Algorithmen funktionieren, ist für Außenstehende kaum nachvollziehbar. Unter technikaffinen Menschen besonders beliebt ist der Kurznachrichtendienst Twitter. Er wird, so lassen sich offizielle Zahlen des börsennotierten Unternehmens interpretieren, in den USA von rund 60 Millionen Personen genutzt, in Deutschland sind es weniger als zwei Millionen. Instagram, Snapchat und YouTube sind weitere populäre Plattformen; alle sind in ihren Funktionen verwandt, setzen aber Schwerpunkte: YouTube auf Videoclips, Instagram auf Bilder und Snapchat auf Inhalte, die nach kurzer Zeit gelöscht werden.



zieren, stellten als Multiplikatoren herausragende Ziele für Beeinflussungsversuche dar.

Christian Grimme erinnert sich, dass er vor einigen Jahren bei einer Reportage über Stimmungsmache durch Social Bots dachte: „Wenn das elektronisch geschieht, müsste es sich auch elektronisch erkennen lassen.“ Während das Thema in den USA seit 2011 erforscht werde, sei es in Deutschland mit einigen Jahren Verzögerung zum Forschungsgegenstand geworden, sagt Grimme. 2015 begann er damit, PropStop anzuschieben. Er hofft, dass das derzeit spürbare Interesse an Social Bots bei Politikern auch über die Bundestagswahl hinaus anhält.

**„Die Bevölkerung hierzulande ist nüchterner und aufmerksamer als in den USA“**

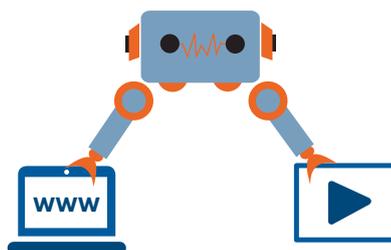
Auch York Sure-Vetter vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) beschäftigt sich mit der Inhaltsanalyse von Sozialen Medien. Der Professor für Web Science ist unter anderem auf die Themen Data Mining und Text Mining spezialisiert, also das automatisierte Auswerten von großen Daten- und Textmengen.

Er unterscheidet drei Ansätze zur Analyse der Kommunikation in den sozialen Medien. Man könne in großen Mengen von Nachrichten nach interessanten statistischen Mustern suchen. Zweitens komme das semantische Erschließen in Frage. Hier wird die inhaltliche Bedeutung von Nachrichten von Computerprogrammen verstanden. Dazu zählt auch die Untersuchung, ob Beiträge grundsätzlich positiv oder negativ gestimmt sind. Beide Ansätze werden in der Regel zur Klassifikation von Nachrichten anhand von vorgegebenen Kriterien verwendet. Und drittens biete sich eine Netzwerkanalyse an. Dabei steht im Zentrum der Analyse, wie einzelne Social Media-Profilen mit anderen Profilen in Beziehung stehen. Weisen die Vernetzungen, also „Freundschaften“ und „Follower“, auf eine organisch gewachsene Struktur hin oder sind es offensichtlich künstlich entstandene, die unnatürlich wirken?

Sure-Vetter sieht die Gefahr von Social Bots für Wahlkämpfe gelassen: „Die Bevölkerung hierzulande ist nüchterner und aufmerksamer als in den USA“, urteilt er. Wie bei jeder Technologie gebe es die Möglichkeit des „dual-use“, der Nutzung für positive und für negative Zwecke. Der Wissenschaftler erinnert an Spam-Mails, die ungefragt in großer Zahl verschickt werden. Nach einer Phase des intensiven Aufrüstens auf beiden Seiten, bei Spammern ebenso wie bei E-Mail-Anbietern, sei inzwischen ein Gleichgewicht entstanden. So ähnlich dürfte es bei den Social Bots laufen, vermutet Sure-Vetter. Die Abwehrmechanismen gegen missbräuchliche Nutzung würden über kurz oder lang so gut werden, dass sich ihr Einsatz oft nicht mehr lohnen werde. Er sei da Optimist, sagt der Forscher.

Dennoch sei es den Experten zufolge wichtig, vor allem den Umgang mit solchen Internetphänomenen bei uns Nutzern zu schulen. Denn es gilt: Verschwinden werden Social Bots und Fake News aus dem Internet nicht mehr. ♦

Lorenz Matzat



#### ONLINE

Weitere Informationen zu Social Bots finden Sie bei:

→ [www.die-debatte.org](http://www.die-debatte.org)



#### VIDEO

Wie es sich als Social Bot so lebt, erfahren Sie in unserem Video

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



# „Social Bots wollen möglichst viele Menschen gleichzeitig manipulieren“

York Sure-Vetter vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) forscht unter anderem an neu aufkommenden Internetphänomenen wie Social Bots. Fünf Fragen zur Schnittstelle von Informatik und Sozialwissenschaften.

?

Die Beeinflussung von Meinungen durch Soziale Medien – inwieweit ist das ein Gebiet für die Sozialwissenschaften, inwieweit für die Informatik?



Nur mit einem interdisziplinären Ansatz kann ein tieferes Verständnis von Chancen, Potenzialen, Wirkungsweisen und auch Risiken von sozio-technischen Plattformen wie sozialen Medien erlangt werden. Informatik-Kenntnisse erlauben es, Algorithmen und technische Wirkungsmechanismen zu verstehen oder selbst zu entwickeln. Sozialwissenschaftliche Kenntnisse erlauben es, die mit den Plattformen verbundenen relevanten gesellschaftswissenschaftlichen Fragen zu formulieren. Zentral ist oft die Erstellung und Analyse eines Forschungsdatensatzes zur Bearbeitung einer sozialwissenschaftlichen Fragestellung. Hier brauchen wir sowohl Programmierfähigkeiten, um Forschungsdaten beispielsweise aus dem Web zu extrahieren, statistische Kenntnisse, um die Daten aufzuarbeiten und um eine Analyse durchzuführen, sowie sozialwissenschaftliches Wissen, um anfangs die Hypothese richtig zu formulieren und schließlich die Analyse zu bewerten.

?

Warum sind Social Bots und ähnliche Phänomene für sie als Wissenschaftler interessant?



Hier kommen gleich mehrere interessante Aspekte zusammen. Für mich als Informatik-Wissenschaftler ist es sehr spannend zu sehen, wie sich Computerprogramme beim sogenannten Turing Test verhalten. Der Test wurde von Alan Turing im Jahr 1950 unter dem Namen Imitation Game veröffentlicht und beschäftigt sich mit der Frage, ob Computer vergleichbar zu Menschen kommunizieren können. Anfängliche Programme wie ELIZA waren vergleichsweise einfach gestrickt. ELIZA konnte in einer Konversation durch geschickte Anwendung von Regeln zur Erzeugung von Fragen und Antworten zumindest kurzzeitig wie ein Mensch wirken. Heutige Social Bots nutzen teilweise sehr anspruchsvolle und komplexe Technologien, um Meinungen gezielt zu beeinflussen. Dabei werden viele Tricks angewendet, zum Beispiel zum massenhaften Anlegen von gefälschten Profilen auf Plattformen. Im Kern geht es dabei jedoch um die Frage, ob Maschinen, in dem Fall bestimmte Social Bots, in der Kommunikation als Mensch wahrgenommen werden.

?

Wie lässt sich die Auswertung großer Daten- und Textmengen in der wissenschaftlichen Praxis zusammenbringen mit subjektiven Faktoren, die ja auch eine tragende Rolle spielen in diesem Forschungsfeld?

Der subjektive Faktor Mensch spielt natürlich eine wichtige Rolle bei Forschungsansätzen. Trotzdem ist die Betrachtung eines einzelnen Menschen weniger zielführend, als die Betrachtung einer Gruppe von Menschen. Denn Social Bots haben typischerweise zum Ziel, möglichst viele Menschen gleichzeitig zu manipulieren. Zur Untersuchung der Aktivitäten bietet daher die Auswertung von großen Daten- und Textmengen das nötige Rüstzeug, um die Auswirkungen von Social Bot-Aktivitäten ganzheitlich zu erkennen und dann bewerten zu können.



?

Kann die Forschung zu Sozialen Medien mit bestehenden Methoden geleistet werden oder ist das Feld so speziell, dass dafür neue Herangehensweisen entwickelt werden müssen?

Mit Web Science hat sich ein vergleichsweise junges Forschungsfeld etabliert, welches neue Herausforderungen aus dem Umfeld des Webs, insbesondere der Sozialen Medien, mit neuen Methoden und Untersuchungen angeht. Hier profitiert die wissenschaftliche Community bereits von einer gelebten Zusammenarbeit von Informatikern und Sozialwissenschaftlern. Eine große Hürde für die Forschung ist aktuell der stark eingeschränkte Zugriff auf Forschungsdaten aus den Sozialen Medien. Hier wäre eine enge Zusammenarbeit mit den großen Plattformbetreibern zielführend, zum Beispiel damit Methoden zur Echtzeit-Erkennung von Social Bot-Aktivitäten erforscht werden und Untersuchungen über deren Auswirkungen stattfinden können. In einem solchen Dialog wäre es auch besser möglich, die Umsetzung gesellschaftlicher Werte in sozio-technischen Systemen weiterzuentwickeln. Neben Privatheit und informationeller Selbstbestimmung sind etwa auch Digitale Souveränität, Fairness und Wahlfreiheit wichtige Werte. Zur Umsetzung dieser Werte in technischen Plattformen brauchen wir völlig neue Herangehensweisen.



?

Welche Erkenntnis hat Sie in Ihrer Beschäftigung mit Sozialen Medien am meisten überrascht?

Ich finde es immer wieder erstaunlich, wie eng Chancen und Risiken bei der Verwendung von Sozialen Medien beieinanderliegen. Es sind sehr ähnliche Technologien und Mechanismen, die einerseits den wirtschaftlichen Erfolg eines jungen Start-up Unternehmens befeuern oder den Zusammenhalt von Familien über räumliche Entfernungen hinweg stärken können. Andererseits können sie zur gezielten Manipulation im politischen Umfeld genutzt werden oder Mobbing im privaten und beruflichen Umfeld verstärken.



# → HELMHOLTZ kompakt



**Im ewigen Eis** Das deutsch-russische Team bereitet die Bohrung im Permafrost vor. Bild: Jens Kallmeyer/GFZ

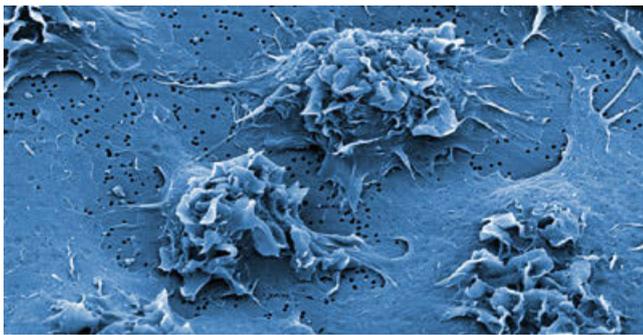
## Bohrung im sibirischen Permafrost erfolgreich beendet

Die Permafrostlandschaften auf der Nordhalbkugel gelten als Schlüsselregionen für den globalen Wandel. Deshalb sind sie für die Forschung besonders interessant. Ein deutsch-russisches Team aus Wissenschaftlern hat bei einer Expedition Proben des Untergrunds vom Lena-Delta auf der sibirischen Halbinsel Bykovsky genommen. Insgesamt haben die Forscher unter Leitung des Deutschen GeoForschungsZentrums (GFZ) vier Wochen im Permafrost verbracht und sechshundneunzig Meter gefrorene Kerne erbohrt. Das Material stammt aus verschiedenen Schich-

ten, die durch unterschiedliche Entstehungsbedingungen und Temperaturen gekennzeichnet sind. „Die Proben werden gekühlt und dann für weitere Analysen in unser Labor nach Potsdam gebracht“, sagt Susanne Liebner, Leiterin der Helmholtz-Nachwuchsgruppe MicroCene in der Sektion Geomikrobiologie am GFZ. Die aktuellen Forschungsarbeiten sollen präzisere Daten darüber liefern, welche Art und welche Menge an Treibhausgasen im Zuge der Erderwärmung tatsächlich aus dem tauenden Permafrost abgegeben wird.

## Kleine Unterschiede mit großer Wirkung

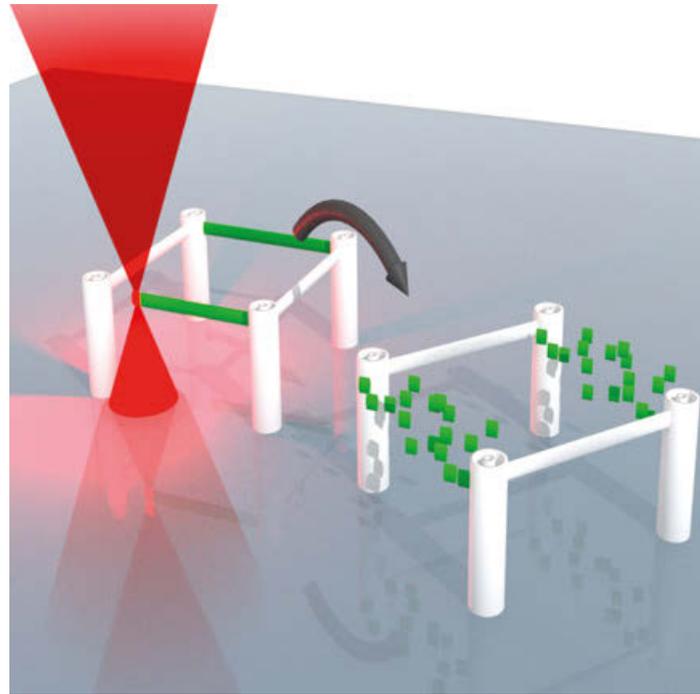
Als Ursache für die Alzheimer-Demenz-Erkrankung gelten Verklumpungen des körpereigenen Proteins Amyloid-beta (A- $\beta$ ) im Gehirn. Etwa 20 Prozent der Amyloid-Proteine liegen in einer besonders aggressiven Variante vor, die schneller verklumpt und schwerer abbaubar ist. Sie unterscheidet sich von der häufigeren Form durch das Fehlen von zwei Aminosäuren, eine dritte ist verändert. Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich konnten nun mit spektroskopischen Methoden beobachten, wie sich die relativ kleinen Unterschiede in der molekularen Struktur des Proteins auf sein Verhalten auswirken. Die Veränderungen der drei Aminosäuren haben unerwartet weitreichende Folgen für das ganze Molekül. Sie verändern die räumliche Orientierung der zehn nächstliegenden Aminosäuren. Etwa ein Drittel des aus 40 Aminosäuren bestehenden Proteins ist damit betroffen. Auch in der Art und Weise, wie sich die Proteine zusammenlagern, um die typischen Plaques zu bilden, haben die Forscher Unterschiede zwischen den beiden Amyloid-Varianten feststellen können. Sie hoffen, dass diese Erkenntnisse dabei helfen, neue Ansatzpunkte für die Behandlung der Alzheimer-Demenz zu entwickeln.



**Riesenfresszellen** Makrophagen sind Teil der angeborenen Immunabwehr  
Bild: Manfred Rohde/HZI

## Makrophagen lassen braunes Fettgewebe kalt

Dass nicht nur Neugeborene, sondern auch Erwachsene einen gewissen Anteil an braunem Fettgewebe besitzen, ist erst seit einigen Jahren bekannt. Wissenschaftler suchen nun nach Wegen, dieses Gewebe, das Fettsäuren oxidiert und so Wärme erzeugt, zu aktivieren. So könnte es gelingen, Fettleibigkeit medikamentös zu bekämpfen. Bisher glaubten die Wissenschaftler, dass bestimmte Immunzellen, die Makrophagen, das Hormon Noradrenalin produzieren, um die Zellen des braunen Fettgewebes zu stimulieren. Forscher vom Institut für Diabetes und Adipositas am Helmholtz Zentrum München konnten nun zeigen, dass M2-Makrophagen gar nicht in der Lage sind, das Hormon Noradrenalin zu produzieren. Sie spielen, anders als vermutet, keine Rolle bei der Fettverbrennung durch braunes Fettgewebe.



**Löschbare 3D-Tinte** Lasergeschriebene dreidimensionale Mikrostrukturen lassen sich nun schreiben, auflösen und neu schreiben Bild: KIT

## Forscher entwickeln löschbare Tinte für den 3D-Druck

Wissenschaftler des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) haben ein neues Verfahren entwickelt, durch das sich Tinte für 3D-Drucker wieder wegwischen lässt. Die bis zu hundert Nanometer kleinen Strukturen lassen sich dadurch mehrfach auflösen und erneut zum Schreiben verwenden. Beim sogenannten „direkten Laserschreiben“ erzeugt ein computer-gesteuerter, fokussierter Laserstrahl in einem Fotolack wie ein Stift die Struktur.

Die löschbare Tinte ermöglicht zahlreiche neue Anwendungen in der Biologie oder Materialentwicklung. So wird es zum Beispiel möglich sein, beim dreidimensionalen Druck Stützkonstruktionen, ähnlich wie beim Brückenbau, herzustellen und sie im weiteren Fertigungsprozess wieder zu entfernen. Für die Biologie ließen sich 3D-Designer-Petrischalen weiterentwickeln, wie sie jüngst ebenfalls am KIT entworfen wurden; sie helfen mit, Zellkulturen im Labor in einer passgerechten Raumstruktur wachsen zu lassen. Bereits heute ist 3D-Druck in vielen Fertigungsbereichen unverzichtbar. „Es wird geschätzt, dass im Jahr 2030 vielleicht zehn Prozent aller Güter 3D-gedruckt werden“, sagt Martin Wegener, Professor am Institut für Angewandte Physik und am Institut für Nanotechnologie am KIT.



**Deutsch-Israelische Kooperation** Der Hochleistungslaser DRACO und das Zentrum für Hochleistungs-Strahlenquellen ELBE am HZDR bieten den Forschern eine exzellente Infrastruktur für die ersten Experimente.  
Bild: Frank Bierstedt/HZDR

### HZDR und Weizmann-Institut gründen Laser-Labor in Israel

Um ihre Kompetenzen auf dem Feld der Laser-Teilchenbeschleunigung zu kombinieren, haben Wissenschaftler des Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR) und des israelischen Weizmann Institute of Science ein gemeinsames Labor in der Stadt Rechovot gegründet. Gemeinsam wollen sie hochintensive Laser entwickeln. Diese extrem starken Lichtquellen können Teilchen wie Protonen, Ionen oder Elektronen beschleunigen. Zudem erzeugen sie brillante sekundäre Strahlung, die es Forschern unter anderem erlaubt, ultraschnelle chemische oder biologische Prozesse zu beobachten.

### Daten sicher verschlüsseln

Seien es Hackerangriffe auf Unternehmen oder das Ausspionieren privater Computer – digitale Daten sind anfällig für kriminelle Angriffe. Datensicherheit ist deshalb eine der großen Herausforderungen für unsere Gesellschaft. Wissenschaftler in aller Welt arbeiten intensiv an Lösungen für eine Kommunikation, die nicht durch Schadsoftware oder Spionage gefährdet ist. Eine der wichtigsten Entwicklungen dabei ist die Quantentechnologie. Im Gegensatz zu bisherigen Verschlüsselungsmöglichkeiten, erlaubt sie eine Verschlüsselung von Kommunikation, die als absolut sicher gilt. Denn ein Quantenschlüssel, der auf Atomen oder Lichtteilchen beruht, macht jeden Eingriff Dritter unweigerlich sichtbar. Das Russian Quantum Center ist eine der international bekanntesten Organisationen im Bereich der Quantentechnologie, auch Helmholtz arbeitet mit ihr zusammen. Wissenschaftler haben hier bereits die dritte Phase der angewandten Forschung im Bereich eines „Prototyps für sichere Datenübertragung auf der Basis quantenmechanischer Zustände“ abgeschlossen. Das Projekt wird finanziell vom russischen Ministerium für Bildung und Wissenschaft unterstützt. Yuriy Kurochkin, Leiter des Labors für Quantenkommunikation, hat jetzt angekündigt, dass bis Ende 2017 ein Prototyp für die Serienproduktion hergestellt werden kann. Die Forscher glauben, dass diese Technologie eine breite Anwendung in der Wirtschaft finden wird. ◆

Agata Tuzimek und Martin Trinkaus

Medienkooperation



**Gratis testen**

## 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](http://www.tagesspiegel.de/kostenlos) · Telefon (030) 290 21-555





## Erst lesen, dann hören



Quantentechnologie versetzt die Wissenschaft in große Aufregung: Dank ihr erhoffen sich Forscher eine sichere digitale Kommunikation, bessere Rechner, neue Möglichkeiten in Biologie und Medizin. Doch was sind eigentlich Quanten? Das erklärt Robin Santra, Professor für Physik an der Universität Hamburg, in **Folge 110 des Resonator-Podcasts**.

Um Quantentechnologie zu verstehen, benötigt man zunächst Mathematik und Modelle. Beides nutzt Robin Santra mit seiner Theoriegruppe am Center for Free-Electron Laser Science bei DESY in Hamburg. In der klassischen Physik geht man davon aus, dass Teilchen immer einen bestimmten Ort und eine bestimmte Geschwindigkeit haben. „Wir denken dabei etwa an ein Wasserstoffatom, bei dem ein Elektron um einen Kern herumfliegt, so ähnlich wie ein Planet um die Sonne kreist. Die klassische Physik würde sagen, dass sich das Elektron in einem bestimmten Zustand befindet“, sagt Santra.

In der Quantenmechanik hingegen hat ein als Quant bezeichnetes Teilchen unendlich viele Zustände und bewegt sich

nicht auf einer fest definierten Bahn, sondern gleichzeitig auf unterschiedlichen Pfaden. Ein Phänomen, das dem gesunden Menschenverstand zu widersprechen scheint, denn das bedeutet nichts anderes, als dass sich ein Teilchen an zwei Orten gleichzeitig aufhalten kann. Das verdeutlichen sogenannte Doppelspalt-Experimente: Dabei wird ein Lichtteilchen (Photon) auf eine Wand mit zwei Spalten geschossen – und taucht nicht hinter der rechten oder linken Spalte wieder auf, sondern hinter beiden. Das geht nur, weil ein Teilchen zugleich Teilchen- als auch Welleneigenschaften hat. Ort und Geschwindigkeit können somit nie gleichzeitig exakt bestimmt werden. „Das hat dramatische Konsequenzen dafür, wie wir unsere Umgebung sehen.

Und es ist ein Grund dafür, dass Materie verschiedene Materialien, verschiedene Farben hat“, sagt Robin Santra. Mit Röntgenstrahlung lassen sich die Welleneigenschaften aufzeigen. Das wollen die Forscher in Hamburg nutzen: Mit Hilfe von extrem kurzen Röntgenpulsen und hochintensivem Licht wollen sie die Bewegung von Elektronen beeinflussen.

Agata Tuzimek



### AUDIO

Mehr Wissenschaft auf die Ohren gibt es hier:

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



# Urbanes Umdenken

Immer mehr Menschen leben in Städten und diese verändern sich: Radbahnen und neue Mobilitätskonzepte, großzügige Fußgängerzonen und neu gestaltete öffentliche Räume. Bei alledem geht es darum, unsere Städte lebenswerter zu gestalten. Mit welchen Ansatzpunkten kann die Forschung dazu beitragen?

Die Erwartungen an die Städte der Zukunft sind hoch. Sie sollen ressourcenschonend sein, energieeffizient, an den Klimawandel angepasst, lebenswert. Das macht das Unterfangen der Stadtplanung so herausfordernd – und hochaktuell ist es auch: Schon heute leben über 70 Prozent der europäischen Bevölkerung in Städten und Stadtregionen. Die Europäische Kommission geht davon aus, dass dieser Wert bis zum Jahr 2050 auf 80 Prozent steigen wird. Wie bleiben die Städte dabei in Balance?

Sigrun Kabisch beschäftigt sich als Leiterin des Departments für Stadt- und Umweltsoziologie am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig mit genau dieser Frage. Sie untersucht urbane Dynamiken sowie deren Auswirkungen und Steuerbarkeit. „In einer Stadt sollten junge und alte Menschen gut und friedlich miteinander leben können, ihr Auskommen haben und gute Wohn- und Umweltbedingungen vorfinden“, sagt sie. „Das macht sie lebenswert.“ In der Realität sehe es jedoch häufig anders aus. Daran orientierten sich ihre wissenschaftlichen Fragestellungen.

Stadtentwicklung muss sich mit komplexen Zusammenhängen befassen. Wenn Menschen es mit Arbeitslosigkeit, Umwelt- oder zunehmend auch Klimaproblemen zu tun haben, verlassen viele von ihnen notgedrungen ihren Wohnort. Leipzig hat dies in den 1990er und 2000er Jahren erlebt. Als die Stadt stark schrumpfte und etwa 20 Prozent ihrer Bevölkerung einbüßte, wurden 10.000 Wohnungen sowie zahlreiche Schulen und andere Einrichtungen abgerissen. Kabisch hat diesen Prozess mit ihrer Forschung begleitet und beschreibt Städte als „lebende Gesamtkörper“.

In einem ihrer Projekte befasst sich Kabisch mit der Wohn- und Lebensqualität in einer Leipziger Großwohnsiedlung. Schon seit 1979, damals noch als Studentin, arbeitete sie an einer Langzeitstudie zur Analyse der sozialräumlichen Entwicklung des Stadtteils Grünau. Das Plattenbau-Viertel liegt am

westlichen Stadtrand und wurde einst für 90.000 Menschen geplant. Diese Dimension von Stadterweiterung war vollkommen neu. Wie würden die Menschen dort zusammenleben? „Als Sozialwissenschaftlerin untersuche ich Verhaltensweisen sozialer Gruppen in ihrem Alltag, ihre Wahrnehmungen und Entscheidungen. Mit den Analyseergebnissen erarbeiten wir dann wissenschaftlich fundierte Empfehlungen zum Beispiel für die Präzisierung des Stadtentwicklungskonzeptes.“

Im Abstand von vier bis fünf Jahren befragen sie und ihr Team die Bewohner Grünaus zu ihrer Einschätzung von Wohn- und Lebensqualität. Immer die gleichen Adressen steuern sie dafür an und beziehen Daten über Zu- und Abwanderung mit ein. „Wir können dann mit unseren Ergebnissen verschiedene Entwicklungsszenarien für den gesamten Stadtteil und – besonders wichtig – für problematische Teilräume aufzeigen“, sagt Kabisch. Während die Zufriedenheit der Menschen mit der modernen Siedlung anfangs noch hoch war, nahm sie ab Ende der 1980er Jahre rapide ab. Es wurde stark verdichtet gebaut, häufig sechs Stockwerke ohne Aufzug, Infrastrukturen wurden nicht fertiggestellt. In den vergangenen Jahren jedoch zeigt sich eine positive Entwicklung, die Zufriedenheit der Bewohner ist ähnlich hoch wie in den Anfangsjahren. Vorausgegangen waren Investitionen: Häuser in Grünau wurden zurückgebaut, modernisiert, das Wohnumfeld wurde aufgewertet. „Wir können belegen, dass die Entwicklung innerhalb Grünaus sozial wie auch baulich sehr →

## Öffentlicher Raum

Werden die Interessen der potenziellen Nutzer einbezogen, dann werden Plätze wie hier in Grünau auch angenommen.

Bild: Antje Stumpe



heterogen ist. Plattenbauten sind nicht per se als sozialer Brennpunkt zu stigmatisieren“, sagt die Wissenschaftlerin. Vielmehr fänden viele verschiedene Bewohner dort ihre Heimat, die es zu respektieren gelte. Heute leben in Grünau 42.000 Menschen – das ist die Größe einer deutschen Mittelstadt. „Es lohnt sich also, genau hinzuschauen“, sagt Kabisch.

**„Wir brauchen Viertel, die so gestaltet sind, dass Menschen sich auch ohne Auto bewegen können.“**

Dies geschieht bei ihr immer über die Disziplinen hinweg. So arbeiten in ihrem Team unter anderem auch Geographen und Stadtplaner. Sie können mittels Satellitendaten zum Beispiel bestimmen, wieviel und welche Art Brachfläche vorhanden ist, um sie anders zu nutzen. „Bei jeder Umgestaltung ist es wichtig, schon im Vorfeld mit den potenziellen Nutzern und den Anwohnern in Kontakt zu treten und ihre Meinung zu berücksichtigen. Sonst kann es passieren, dass geplante Grün- und Erholungsflächen nicht genutzt und erhalten werden.“

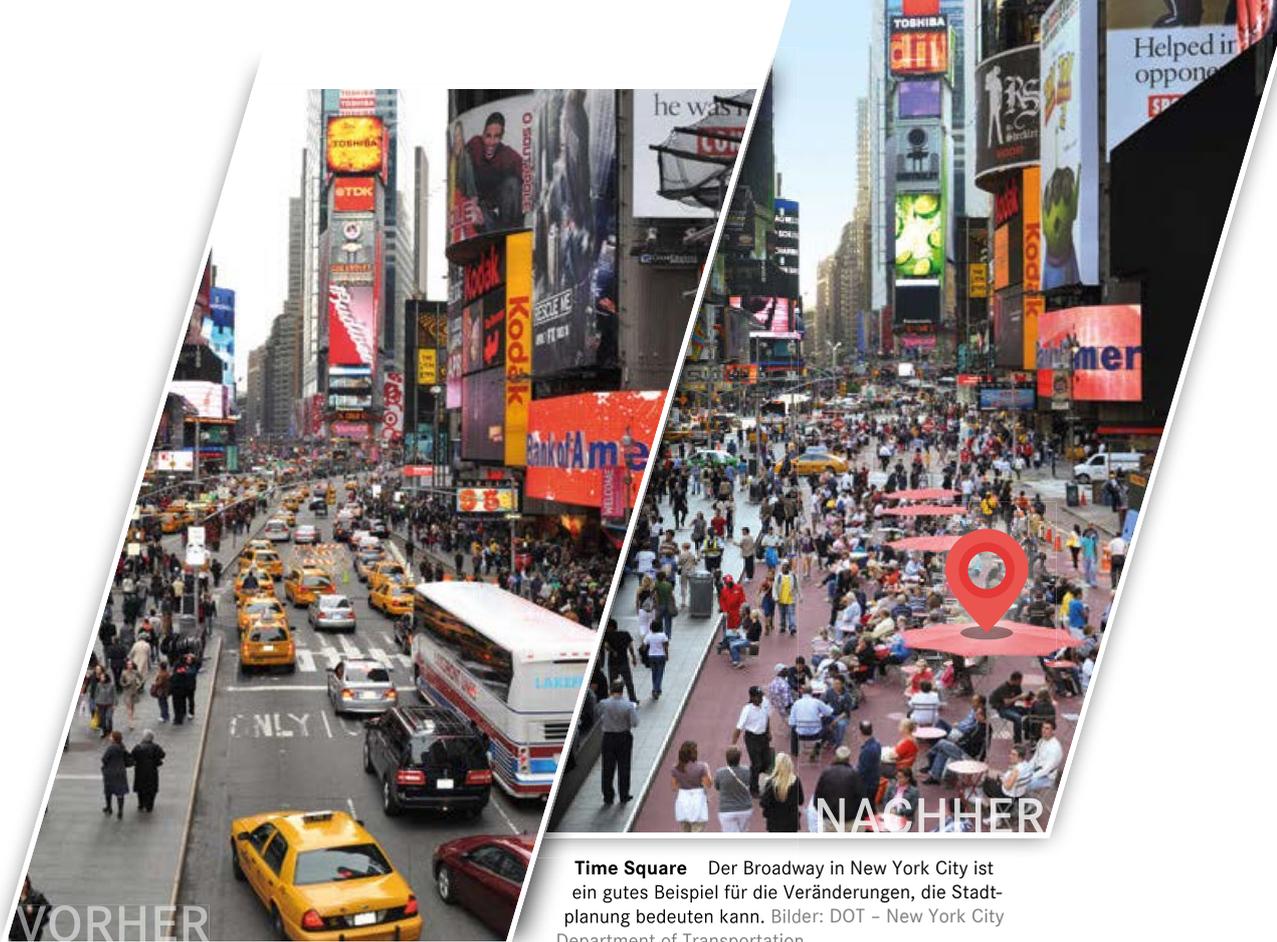
Kopenhagen gilt häufig als Musterschüler der Stadtentwicklung: Fahrradwege, konsequent weniger Autos, neu gestaltete Plätze und sogar Hafenschwimmbäder. Der Architekt und emeritierte Professor Jan Gehl analysiert dort seit mehr als 50 Jahren Leben im öffentlichen Raum, seine Arbeit floss in die Kopenhagener Stadtplanung ein. Für den Dänen liegt das Geheimnis funktionierender Räume darin, Städte konsequent für den Menschen zu planen. Als jungen Absolventen irritierte ihn der Modernismus der 1960er-Jahre: Seinen Lehrern sei es damals um die Gestaltung

von Gebäuden gegangen, der Mensch habe in der Planung keine Rolle gespielt. Es war die Zeit der neuen Schnellstraßen und der radikalen Abkehr von traditionellen Stadtmodellen. „Aber diese neue Skala war auf Autos ausgelegt und ging davon aus, dass wir unbegrenzte Ressourcen haben. Das hat sich überholt. Wir brauchen Viertel, die so gestaltet sind, dass Menschen sich auch ohne Auto bewegen können.“ So lasse sich relativ dicht und dennoch ansprechend bauen. „Wenn es dazu einen gut entwickelten öffentlichen Nahverkehr gibt, dann hätten wir bessere Städte – für alle Altersgruppen. So einfach ist es“, erklärt Gehl. Ein von ihm gegründetes Planungsbüro berät heute Bürgermeister und Stadtverwaltungen weltweit. Eines der Projekte war etwa die Umgestaltung des New Yorker Times Squares zu einer verkehrsberuhigten Zone. Der Modellversuch soll nun dauerhaft umgesetzt werden. „Manche sagen, dass eine Reihe brillant gestalteter Gebäude eine brillante Stadt ergeben, doch das sehe ich anders. Man muss immer noch die Räume dazwischen gestalten, denn die sind für das Wohlbefinden ausschlaggebend“, sagt Gehl.

Auch Karl-Friedrich Ziegahn vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) fragt: Wie wohl fühle ich mich – auch visuell – in meiner Stadt? Wie sicher fühle ich mich abends auf meinem Heimweg? „Ganz klar gilt es, so etwas schon bei der Verkehrsplanung mit zu berücksichtigen“, so der Leiter des Bereichs „Natürliche und gebaute Umwelt“ am KIT. „Gerade bei der Stadtforschung ist der Input der Bürgerinnen und Bürger wichtig, da die Umsetzung der Ergebnisse immer einen direkten Eingriff in den Alltag darstellt.“ Architekten und Planer seien dafür heute viel offener, meint Ziegahn. Und auch die Wissenschaftler vom

**Leipzig-Grünau**  
„Platte“ und viel Grün:  
Die Wohnsiedlung wurde  
im Laufe der Zeit stark  
zurückgebaut – zum Wohle  
der Bewohner. Bild: André  
Künzelmann/UFZ





**Time Square** Der Broadway in New York City ist ein gutes Beispiel für die Veränderungen, die Stadtplanung bedeuten kann. Bilder: DOT – New York City Department of Transportation

KIT suchen den Austausch: In einem sogenannten Reallabor diskutieren sie in der Karlsruher Oststadt die Forschungsergebnisse immer wieder mit den Anwohnern. Aufgabe der Stadtverwaltung wiederum sei es, bei Zielkonflikten wirtschaftliche, ökologische und soziale Entwicklungen auszubalancieren.

Der Physiker und Ingenieur Ziegahn interessiert sich besonders für das „System Stadt“. Er plädiert dafür, stärker das Ineinandergreifen der verschiedenen Themen zu betrachten. So könnten neu ausgerichtete Verkehrskonzepte zum Beispiel zu einer besseren Gesundheit der Menschen führen – nicht nur, weil Schadstoffe vermieden werden, sondern weil sich ihr Bewegungsverhalten verändere. „Dafür ist es aber wichtig, dass Ingenieure und Gesundheitswissenschaftler schon die wissenschaftlichen Fragestellungen gemeinsam entwickeln. Bei allen Überlegungen zu Radautobahnen und öffentlichem Transport ist es ein Vorteil, dass die Diskussionen heute weniger ideologisch geführt werden als in den 80er-Jahren.“

Neben der Mobilität sei die Frage, wie sich der Anteil erneuerbarer Energien in der Stadt erhöhen lässt, ein wichtiges Kernthema. Das Potenzial ist groß: So könnte etwa die unterirdische Wärme, die U-Bahnröhren abstrahlen, dazu

dienen, Wasser für Heizungen zu erhitzen – statt fossiler Energie. „Wir experimentieren auch mit einem ‚Smart Home‘ – das ist eine Wohneinheit, in der Gruppen von Studierenden monatsweise leben. Dort erfassen wir, ob sich über Preissteigerung ihre Gewohnheiten beim Stromverbrauch verändern. Diese Informationen sind für den Hausbau wichtig“, sagt Ziegahn. Was benötigt werde, seien gemeinsame Modellierungen der verschiedenen technisch-gesellschaftlichen Ansätze. „Es ist ganz entscheidend, dass es uns Schritt für Schritt gelingt, unsere Teil-Modelle zu Energieverbräuchen und Bewegungsprofilen, aber auch zu Schadstoffen und Klimadaten zusammenbringen und aufeinander abzustimmen.“ Nächster Schritt könnte deswegen sein, eine mobile Messstation zu entwickeln. „So könnten wir experimentell in verschiedene Städte gehen und dort Parameter wie Luftqualität und Verkehrsströme messen, aber auch das Wohlbefinden erheben. Wenn wir solche Daten kombinieren, könnte es uns zukünftig gelingen, Städte als Systeme besser zu verstehen. Nur dann können wir den so unterschiedlichen Anforderungen bei der Stadtentwicklung gerecht werden.“

**Kristine August**

**6?**

**FRAGEN**

Sigrun Kabisch beantwortet sechs Fragen über ihr Leben als Forscherin.

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





# Klimabewusst reisen – geht das?

Für die Umwelt verzichten wir auf Plastiktüten. Wir ermahnen einander zur Mülltrennung – und trotzdem fliegen wir um den halben Globus, um Urlaub zu machen. Müsste man dabei nicht auch klimabewusster handeln? Und – wenn ja – geht das überhaupt? Zwei Blickwinkel.



**Diana Rechid**

Klimaforscherin am Climate Service Center Germany – Eine Einrichtung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht

„Im Verkehrssektor liegt ein großes Potenzial zur Einsparung von Treibhausgasemissionen.“

Der Verbrennungsmotor ist noch immer unser Fortbewegungsmittel erster Wahl. Im Schnitt legen wir in Deutschland täglich Strecken zwischen 40 und 50 Kilometer zurück – und das zu etwa 75 Prozent im motorisierten Individualverkehr. Dabei wird viel Energie verbraucht – zumeist aus fossilen Brennstoffen. Bei deren Verbrennung werden klimawirksame Stoffe – vor allem CO<sub>2</sub> – in die Atmosphäre freigesetzt. Etwa ein Drittel davon sammelt sich dort an und verstärkt den natürlichen Treibhauseffekt. Die Erde erwärmt sich stärker.

2016 sind laut Berechnungen des Umweltbundesamtes die Treibhausgasemissionen in Deutschland wieder angestiegen. Damit wird es immer schwieriger, das für das Jahr 2020 gesteckte Klimaziel zu erreichen, welches eine Senkung der Emissionen um 40 Prozent im Vergleich zu 1990 vorsieht. Der gesamte Verkehrssektor trägt rund 20 Prozent zu den Treibhausgasemissionen bei. Er ist der einzige Sektor, der seine Emissionen seit 1990 nicht mindern konnte. Einzelne Autos sind zwar klimafreundlicher geworden, aber es sind insgesamt immer mehr Autos unterwegs. Im Verkehrssektor liegt also ein großes Potenzial zur Einsparung. Und hier kann jeder individuell sofort loslegen: auf kurzen Strecken am besten zu Fuß gehen oder das Fahrrad nehmen. Auch Luftschad-

stoffe und Lärm werden so vermieden. Auf langen Strecken sind Bus und Bahn die klimafreundlichsten Verkehrsmittel. Mit der Bahn kommen wir bei gleichem CO<sub>2</sub>-Ausstoß mehr als 10 mal so weit wie mit dem Flugzeug.

Fliegen ist die klimaschädlichste Art zu reisen. Hierbei werden neben CO<sub>2</sub> auch große Mengen Stickoxide freigesetzt, die durch chemische Reaktionen zur Bildung von Ozon in der Tropopause führen. Ozon absorbiert und emittiert langwellige Wärmestrahlung und trägt damit zur Erwärmung der Erde bei. Das ist nicht zu verwechseln mit der Wirkung von Ozon, das sich in größeren Höhen in der Stratosphäre befindet, wo es einen großen Teil der kurzwelligigen UV-Strahlung der Sonne absorbiert und dort eine wichtige Schutzfunktion für das Leben auf der Erde hat.

Wenn partout kein Weg am Auto vorbeiführt, können wir auch damit klimabewusst fahren: mit energiesparenden Modellen, sparsamem Fahrverhalten und in Fahrgemeinschaften. Die beste Energiebilanz besitzen übrigens Elektroautos. Eine Analyse des BMUB zeigt: Selbst unter Berücksichtigung des deutschen Strommixes und des gesamten Lebenszyklus fallen die Treibhausgasemissionen eines batterie-elektrischen Fahrzeugs geringer aus als die eines vergleichbaren Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor. ◆



## „Wir müssen Ferien neu denken. Für unseren Planeten – und für uns selbst.“

Die Welt ist groß und bunt – entdecken wir sie! Nicht nur Deutsche, auch viele andere Europäer, Amerikaner oder Chinesen fahren oder fliegen immer öfter los. Waren 1970 rund 150 Millionen Urlauber weltweit unterwegs, werden es nach Schätzungen der Welttourismusorganisation (UNWTO) im Jahr 2030 rund 1,3 Milliarden sein.

Kann unser Planet das verkraften? Manche Städte oder Regionen sind längst am Limit. Mallorca zum Beispiel, wo sich im August 2016 rund 2,1 Millionen Urlauber drängten und die Zahl der Einheimischen locker um das Doppelte übertrafen. Venedig ist sogar im November „dicht“, in Angkor Wat sieht man die Ruinen vor lauter Besuchern kaum, und die Alhambra hat ihre Seele verloren. Höchste Zeit, zu handeln.

Schon 1980 tauchte der Begriff „sanfter Tourismus“ auf, geprägt von dem Zukunftsforscher Robert Jungk. Es geht darum, einen möglichst kleinen „Fußabdruck“ zu hinterlassen. Das heißt: Reisen mit Bahn, Bus oder Fahrrad, übernachten in ökologisch korrekten Unterkünften und essen, was in der Region angebaut wird. Was zunächst als Leitfaden für urlaubende Grüne belächelt wurde, ist nun en vogue. Reiseveranstalter werben mit „Nachhaltigkeit“, wohl wissend, dass ohne Ökologie am Ende auch die Ökonomie nicht mehr stimmt. Zugebaute Küsten und verschmutzte Strände

schrecken ab, und wer mag sich im abgeschotteten All-inclusive-Resort erholen, wenn rundherum bittere Armut herrscht?

Alles soll im Lot sein. Der Wunsch danach eint Veranstalter, Zielgebiete und Urlauber. Mehr als 100 touristische Gütesiegel geben Hilfestellung. „Nachhaltigkeit ist kein Endziel, sondern ein Prozess“, sagt Dirk Glaesser von der UNWTO. Wer sich daran beteiligt, gewinnt. Und Deutschland liefert. Etwa die Touristiker im Biosphärengebiet Schwäbische Alb. Das hat gerade den Bundeswettbewerb Nachhaltige Tourismusdestinationen, ausgerichtet vom Bundesumweltministerium und dem Deutschen Tourismusverband, gewonnen. Die Expertenjury wertet nach Kriterien wie „Schutz von Natur und Landschaft“, „Gemeinwohl und Lebensqualität“ oder „lokaler Wohlstand“. Der Preis für die Schwäbische Alb: Eine bundesweite Mediakampagne an Bahnhöfen. Das zahlt sich aus. Urlauber wünschen Erlebnisse, gern in der Nähe. Wozu die „Big Five“ in Afrika stören, wenn die „Small Five“ im Wattenmeer krabbeln.

Niemals auf die Malediven? Der Manager eines Ökoresorts auf einem der winzigen Eilande sagte hinter vorgehaltener Hand: „Diese Inseln sind so fragil. Eigentlich dürfte es hier überhaupt keinen Tourismus geben.“ Wir müssen Ferien neu denken. Für unseren Planeten – und für uns selbst. ◆



**Hella Kaiser**  
Reisejournalistin beim  
Tagesspiegel



### ONLINE

Diskutieren Sie unter dem folgenden Link mit uns über das Thema **Klimabewusstes Reisen:**

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



Das unbemannte  
Fluggerät mit MACS  
Luftbildkamerasystem kann  
automatisch vertikal  
starten und landen und hat  
eine Fluggeschwindigkeit  
von 80 km/h.  
Die mögliche Flugzeit  
beträgt 60 Minuten.



**Unterstützung im Katastrophenfall** Ein gemeinsames Team vom DLR-Institut für Optische Sensorsysteme und Germandrones unterstützte die I.S.A.R. Germany bei der Rettungsübung Achilles 2017 unter Aufsicht der UN in der Schweiz. Dank eines neuartigen luftgestützten Kamerasystems erhielten sie detaillierte Luftaufnahmen.  
Bild: P.-P. Braun/I.S.A.R. Germany

## Von der Grasnarbe bis ins All

Bei Naturkatastrophen wie Erdbeben oder Überschwemmungen stehen Ersthelfer vor großen Herausforderungen. Luft- und Satellitenaufnahmen erleichtern ihnen die Arbeit enorm.

Die Häuser der nepalesischen Hauptstadt liegen in Trümmern, die Straßen sind aufgerissen. Das Technische Hilfswerk (THW) arbeitet fieberhaft daran, die Trinkwasserversorgung wieder aufzubauen. Bei schweren Erdbeben, wie jenem in Kathmandu vor zwei Jahren, geht es darum, so schnell wie möglich die Verschlütteten zu retten und eine neue Versorgung

für die Region aufzubauen. Katastrophenschützer stehen regelmäßig vor solchen Aufgaben: Bei Erdbeben, Überschwemmungen, Flächenbränden und anderen Naturkatastrophen greifen sie ein. Helfer aus Deutschland, unter ihnen das THW oder die International Search and Rescue (I.S.A.R. Germany), sind oft auch weltweit im Einsatz, koordiniert von den Vereinten Nationen.

Bei ihren Aufgaben hilft ihnen die moderne Technik. Dank Luft- und Satellitenaufnahmen können sich die Retter ein Bild von den Bedingungen vor Ort machen und gleich die geeigneten Stellen aussuchen, an denen sie Verletzte behandeln oder ihre Technik aufbauen. Ein wichtiger Kooperationspartner der Hilfsorganisationen ist deshalb das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Experten vom Zentrum für Satellitengestützte Kriseninformation (ZKI), das dort angesiedelt ist, sammeln die Daten von dutzenden Satelliten und werten sie gezielt für den Katastrophenschutz aus. Ihr Ziel ist es, den Rettern innerhalb kürzester Zeit einen Lagebericht über das Schadensgebiet und die angrenzenden Landstriche zu geben.

**„Je aktueller die Aufnahmen, desto wertvoller sind sie für die Einsatzplanung.“**

„Wenn unsere Leute ein Bild von der Gegend vor Augen haben, hilft das bei der Koordination des Einsatzes. Das hilft uns dabei, Menschenleben zu retten.“, sagt THW-Präsident Albrecht Broemme: „Je aktueller die Aufnahmen, desto wertvoller sind sie für die Einsatzplanung.“

Neben Geländeaufnahmen nutzen die Katastrophenschützer allerhand andere Informationen von spezialisierten Satelliten. Bei Flächenbränden zum Beispiel bekommt das ZKI Daten von den DLR-Forschungssatelliten der FireBIRD-Mission, TET-1 und BIROS, die schwerpunktmäßig für die Detektion von Waldbränden eingesetzt werden. Mit ihren speziell entwickelten Sensorsystemen können sie Wärmebilder aufnehmen. Aus dem All lassen sich dadurch auch kleinste Brände von wenigen Quadratmetern aufspüren.

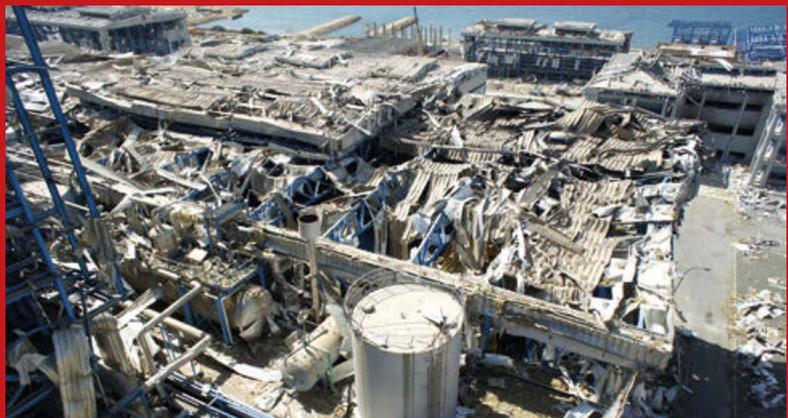
„Unsere neuartigen Sensoren sind zwar eigentlich für die Forschung gedacht, aber ihr Nutzen für die Brandbekämpfung ist nicht zu unterschätzen“, sagt Winfried Halle, Forscher am DLR-Institut für Optische Sensorsysteme. „Wir hoffen, dass andere Staaten unsere Entwicklung als Vorbild für ihre eigenen Katastrophenschutzsysteme sehen.“ Bei einem Waldbrand können die Satelliten die genauen Ausmaße des Feuers, die Länge der Feuerfront und vor allem die Ausbreitungsrichtung bestimmen. Dank solcher Informationen können die Hilfsorganisationen den Brand besser eindämmen und im Idealfall besiedelte Gebiete rechtzeitig evakuieren. Damit die Retter künftig schneller an diese Informationen →



**Bild oben** Zufrieden mit den Leistungen der Schnell-Einsatz-Einheit Bergung Ausland (SEEBa): THW-Präsident Albrecht Broemme (rechts). Bild: THW/Kai-Uwe Wärner



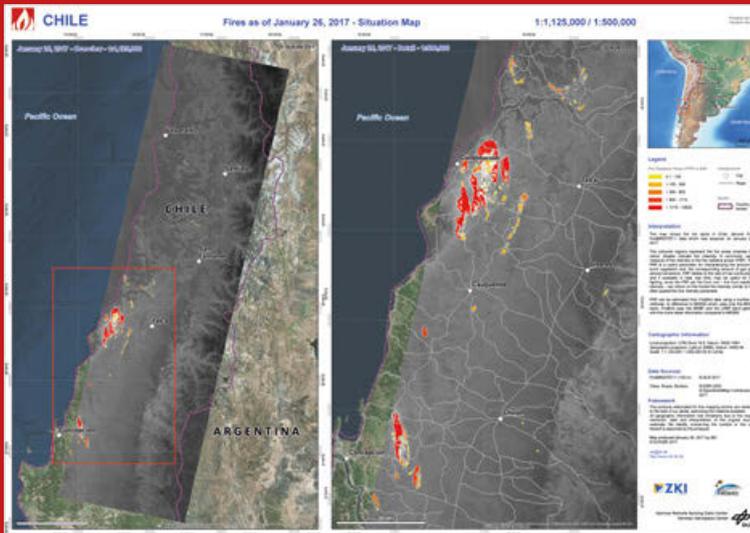
**Bild links** Selbst für THW-Kräfte nicht alltäglich: Mit dem Helikopter der Schweizer Armee wurde das Erkundungsteam der SEEBa in das Katastrophengebiet geflogen. Bild: THW/Kai-Uwe Wärner



**Bild oben** Mit unbemannten Luftfahrzeugen (UAVs) erkunden Wissenschaftler die Lage in einem einsturzgefährdeten Kraftwerk und liefern Bilder sowie Videos direkt nach der Landung. Bild: DLR (CC-BY 3.0)

**Bild rechts** Mit Kamerasystemen und unbemannten Fluggeräten sind Rettungskräfte in der Lage, Schadensgebiete schnell zu kartieren und die Ergebnisse direkt nach der Landung für den Einsatz zu nutzen. Bild: DLR (CC-BY 3.0)





**Lagekarte der Brände in Chile am 26. Januar 2017** Die gelbe Farbe zeigt Brände mit geringer Strahlungsleistung. Rote Flächen sind die intensivsten Brände.  
Quelle: ZKI (Karte), OS (Daten)



**Aufnahme mit dem MACS-Luftbildkamerasystem** Ein zerstörtes Gebäude konnte auf der Trainings Base Weeze anhand der interaktiven Karte des Überflugs mit dem VTOL UAV identifiziert werden. Bild: DLR (CC-BY 3.0)



**Luftbildaufnahmen des automatischen Überflugs** Die interaktive Karte ist direkt nach der Landung verfügbar und kann durch I.S.A.R. Germany zur Lageaufklärung verwendet werden. Die Flughöhe betrug 250 Meter. Das Fluggebiet hat eine Ausdehnung von 1,5 Kilometern. Die Bodenauflösung beträgt fünf Zentimeter.  
Bild: DLR (CC-BY 3.0)

kommen, wollen die Forscher des Instituts für Optische Sensorsysteme die beiden Satelliten mit einem neuen Kommunikationssystem nachrüsten, das die Daten von überall auf der Welt abrufbar macht.

Ein weiteres Hilfsmittel für die Katastrophenschützer sind die hochauflösenden Kamera- und Sensorsysteme der Satelliten, die für das europäische Erdbeobachtungsprogramm Copernicus die Welt umkreisen. Sie liefern so detailreiche Aufnahmen, dass man auf ihnen Waldbrände, Rodungsstreifen, Überschwemmungen, Ölteppiche, Verkehrsdichten und sogar Flüchtlingsboote auf dem Mittelmeer erspähen kann. Bei einem internationalen UN-Katastropheneinsatz fließen all diese Quellen in das Global Disaster Alert and Coordination System ein. Die Hilfsorganisationen nutzen die Daten in ihrem Einsatzzentrum, um die verschiedenen internationalen Helfer vor Ort zu koordinieren. Denn im Ernstfall sind Kommunikation und Koordination das A und O für die Hilfskräfte.

**„Das eröffnet neue Perspektiven – im wahrsten Sinn des Wortes.“  
Perspektiven, die in Zukunft weitere Menschenleben retten können.**

Damit das künftig noch besser gelingt, haben die Forscher vom DLR-Institut für Optische Sensorsysteme jetzt ein neues unbemanntes Luftfahrzeug getestet, das für den Katastrophenschutz geeignet ist. Dafür haben sie ein spezielles Kamerasystem „MACS-SaR“ (Modular Aerial Camera System – Search and Rescue) entwickelt. Es nimmt hochauflösende Geländeaufnahmen der Schadensgebiete auf. Aus ihnen berechnen die DLR-Forscher dann mittels photogrammetrischer Verfahren eine neue digitale Geländekarte. Darauf können die Retter die Abmessungen von Straßen und Brücken oder auch die Abstände zwischen Häusern auf fünf Zentimeter genau bestimmen.

„Auf dem Weg zum Einsatz können wir bisher meistens nur durch Erkundungen den schnellsten Weg suchen. Das bedeutet oftmals, dass wir Stellen erreichen, die nicht passierbar sind, und dann müssen wir einen Umweg nehmen“, sagt Daniela Lesmeister, die Vorsitzende der Hilfsorganisation I.S.A.R. Germany. „Mit Hilfe dieser neuen Karten können wir solche Umwege vermeiden und den schnellsten Weg an die Einsatzstellen erkennen, bevor wir losfahren. Die Zeit, die wir sparen, kann im Ernstfall Leben retten.“  
Künftig wollen die Forscher auch dreidimensio-

nale Modelle aus ihren Aufnahmen berechnen – eine Technik, wie sie Google Maps bereits für Großstädte anwendet – nur eben übertragen auf den aktuellen Zustand der Umgebung. Diese Modelle würden daher auch die Höhe von eingestürzten Häusern und Trümmerhaufen messbar machen. Die Einsatzleitung bekäme einen vollkommen neuen Blickwinkel auf die Arbeit im Feld, während sie mit den Rettern vor Ort kommuniziert.

Im Mai haben die DLR-Forscher vom Institut für Optische Sensorsysteme an einer internationalen Rettungsübung unter Aufsicht der UN in der Schweiz teilgenommen und die Kamera erprobt, weil die Retter dies derzeit noch nicht allein können. „Die direkte Beteiligung an einem Einsatz ist eine ganz neue Erfahrung für uns. Es ist enorm beeindruckend, wie viel Koordination und Kommunikation hinter einem solchen Einsatz steht. Es führt einem auch vor Augen, wofür wir das alles tun: um Leben zu retten“, sagt Ralf Berger,

der am DLR die Entwicklung des Kamerasystems für das Luftfahrzeug leitete. Der Praxistest habe auch gezeigt, wo die nächsten Verbesserungen ansetzen könnten: „Zum Beispiel wollen wir das Kamerasystem erweitern, damit Geländeaufnahmen auch in der Nacht möglich sind“, sagt Berger.

Daniela Lesmeister von I.S.A.R. Germany ist nach der ersten Erprobung begeistert von der modernen Technik: „Diese Entwicklung wird ein Meilenstein für die Organisation von Rettungseinsätzen sein“, sagt sie. Auch das THW konnte sich die neuen Möglichkeiten der DLR-Forscher ansehen. „Bei der Erdbeben-Übung konnten wir uns von der außerordentlichen Qualität von erzeugten Luftbildaufnahmen überzeugen“, sagt Broemme. „Das eröffnet neue Perspektiven – im wahrsten Sinn des Wortes.“ Perspektiven, die in Zukunft weitere Menschenleben retten können. ◆

**Ricarda Laasch**



**ONLINE**

Mehr über die Fernerkundungssysteme des DLR lesen Sie hier:

→ [www.helmholtz.de/dlr-fernerkundung](http://www.helmholtz.de/dlr-fernerkundung)



**Kontrollzentrum** Auswertung von Satellitendaten im Zentrum für Satellitengestützte Kriseninformation (ZKI). Bild: DLR (CC-BY 3.0)

# Jammern auf hohem Niveau?

Wie steht es wirklich um die Forschungsbedingungen in Deutschland?

Ein Kommentar von Hauke Harms

Ein Forschungsumfeld ist gut, wenn sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit ihrem ganzen kreativen Potenzial einbringen können, wenn ihre Erkenntnisse nutzbar werden – und wenn das alles für sie selbst mit einer sicheren Lebensperspektive verbunden ist. Die finanzielle Ausstattung des Forschungsstandorts spielt dabei eine entscheidende Rolle. Schließlich muss Forschung bezahlt werden. In den meisten OECD-Ländern dürfte das der Fall sein. Die Forschungsmittel sollten ausreichen, um wissenschaftliche Fortschritte zu ermöglichen, Fortschritte, die der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Weiterentwicklung unserer Welt nützen.

Alles gut also in unserer Wissenschaftswelt? Ein Wissenschaftssystem wie das unsere kann nur erfolgreich sein, wenn es auch die von den Forschenden mitgebrachte Motivation ein Forscherleben lang aufrechterhält – und darum ist mehr nötig als Geld. Die Herausforderung liegt vielmehr darin, individuelle Sinnerfüllung dauerhaft mit den gesellschaftlichen Zielen der Forschung zu vereinbaren. Die Crux liegt in der Vielfältigkeit der Motivationslagen. Was Forschende neben dem Bedürfnis nach materieller Sicherheit antreibt, ist Neugier, Gestaltungswille, Ehrgeiz, der Wunsch nach einem Ausleben von Kreativität.

Ich behaupte, dass das deutsche Wissenschaftssystem diesen vielfältigen Motivationslagen gut gerecht werden kann. Die Bandbreite der Missionen der großen Forschungsorganisationen, der Universitäten, der Ressortforschungseinrichtungen und der privatwirtschaftlichen Forschung ist so groß, dass für jede und jeden das Passende dabei sein kann und sich interessante Karrierepfade entdecken lassen, sofern die Forschung an sich die richtige Berufswahl war.

Die Forschungsbedingungen in Deutschland sind herausragend. Wir haben eine vielfältige, freie Wissenschaftslandschaft. Forschung genießt wirtschaftlich, gesellschaftlich und politisch einen hohen Stellenwert, denn wir alle wissen, dass unser Wohlstand wesentlich darauf beruht. Warum gibt es dann so viel Wehklagen in der deutschen Wissenschaft? Es ist längst nicht alles Gold, was glänzt. Nicht für jede und jeden kann es eine dauerhafte Perspektive im Wissenschaftssystem geben. So manche Karriere endet in einer späten Lebensphase. Wirtschaftliche Sicherheit gibt es oft nur für eine kurze Zeit. Noch viel deutlicher und rechtzeitiger brauchen deshalb diejenigen



Hauke Harms ist Leiter des Departments Umweltmikrobiologie am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig.

Alternativen, die keine Zukunft in der Wissenschaft haben, also einen anderen Karrierepfad einschlagen müssen. Und diejenigen, die im System eine Zukunft haben, brauchen noch viel mehr Orientierungshilfe.

Schon die Stellenausschreibungen, mit denen wissenschaftlicher Nachwuchs gesucht wird, machen die Vielfältigkeit der Forschungslandschaft nicht ausreichend sichtbar. Es ist fast unmöglich, anonymisierte Anforderungsprofile so unterschiedlichen Arbeitgebern wie Max-Planck-Instituten, Fraunhofer-Instituten oder Helmholtz-Zentren zuzuordnen. In der Vermittlung unserer Missionen und der Bedingungen, unter denen diese erfüllt werden, können wir also noch besser werden.

Damit würden wir den Forschenden ebenso helfen wie den wissenschaftlich Qualifizierten, die in der Verwaltung oder Wirtschaft eine Perspektive haben. Sie könnten leichter den für sie besten Weg einschlagen – und selbst mehr Verantwortung tragen. Denn Jammern resultiert oft aus dem Gefühl der Fremdbestimmtheit. Dem lässt sich durch die rechtzeitige und klare Artikulation der Anforderungen und Beschränkungen wissenschaftlicher Laufbahnen am besten beikommen. ◆

— Mythos – Stimmt das? —

## Solarenergie ist zu teuer

„Solarstrom: Sonnenenergie ist teurer als gedacht“

„Energiewende wird für Verbraucher teurer“

„Energiewende 2033: Zu viel Solar wird richtig teuer“

Die Energiewende und vor allem Solarstrom bekommen immer wieder negative Schlagzeilen, wenn es um die Finanzierung beziehungsweise den Preis geht. Rutger Schlatmann, Direktor des Kompetenzzentrums Dünnschicht- und Nanotechnologie für Photovoltaik am Helmholtz-Zentrum Berlin, entwickelt Lösungen für dieses Problem.

„Die Kosten von Solarenergie sind in den letzten Jahren sehr stark runtergegangen.“

Im Video erklärt er uns, woher der Mythos „Die Kosten für Solarenergie sind zu hoch“ kommt und wie hoch die Kosten heutzutage tatsächlich sind. Sie wollen mehr über diesen Mythos erfahren? Einfach den QR-Code scannen, Play drücken und los geht's.

Rebecca Winkels



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



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

# Nackter Überlebenskünstler

Nacktmulle haben über Millionen von Jahren hinweg Schutzmechanismen gegen Krebs, Schlaganfall und Herzinfarkt entwickelt. Ohne Sauerstoff überleben sie bis zu 18 Minuten. All das macht sie interessant für die Wissenschaft.

Sie sind nur fünf bis 15 Zentimeter lang, wiegen knapp 50 Gramm und wären sie nicht nackt, könnte man sie kaum von anderen Nagern unterscheiden – zumindest rein äußerlich. Auf den zweiten Blick aber haben Nacktmulle sehr spezielle Eigenschaften, die sie für die Wissenschaft hochinteressant machen: Sie erkranken nicht an Krebs, empfinden keinen Schmerz und können lang ohne Sauerstoff überleben.

„Manchmal ist es so, als würde man an einem Alien forschen, so unterschiedlich haben sich Nacktmulle im Vergleich zu anderen Nagetieren im Laufe der Evolution entwickelt“, sagt Thomas Park, Biologe an der University of Illinois in Chicago. Dabei sind sie genetisch zu 94 Prozent identisch mit Mäusen und Menschen.

## „Manchmal ist es so, als würde man an einem Alien forschen“

Die Unterschiede beginnen schon beim Zusammenleben: Nacktmulle sind die einzigen Säugetiere, die wie Bienen oder Wespen einen Staat bilden, an dessen Spitze eine Königin steht. Allein ihr ist es vorbehalten, mit einem oder zwei Männchen aus der rund 300 Tiere starken Kolonie Nachkommen zu produzieren. Die anderen Tiere widmen ihr Leben der Arbeit. „Das ist ebenso ungewöhnlich wie die Tatsache, dass Nacktmulle Kaltblüter sind. Sie sind die einzigen Säugetiere, die keine Wärme von sich geben“, sagt Gary Lewin vom Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin in der Helmholtz-Gemeinschaft (MDC). Beide Eigenschaften haben vermutlich den gleichen Grund: Die Tiere haben sich optimal an ihre Lebensumstände angepasst.

Nacktmulle leben in großen unterirdischen Bauten in den Halbwüsten Ostafrikas. „Dort herrschen überwiegend stabile Temperaturen, eine Wärmeanpassung ist also nicht notwendig und würde nur Energie kosten“, sagt Lewin. Und Energie müssen die Tiere sparen, denn die Bedingungen im Boden unter der Halbwüste sind schwierig

und kräftezehrend. Nacktmulle graben oft kilometerlange Tunnel auf der Suche nach nahrhaften Wurzeln, ohne dabei die Richtung zu kennen. „Um diese Schwierigkeiten zu überwinden, hat sich vermutlich die Eusozialität – also die Staatenbildung – als unter diesen Umständen effizienteste Lebensform durchgesetzt“, sagt Lewin.

Dieses hohe Maß an sozialem Verhalten lohnt sich nur, weil die Nacktmulle lange leben – bis zu 34 Jahre alt werden sie, ein stattliches Alter für Tiere ihrer Größe, wenn man bedenkt, dass Mäuse selten älter als drei Jahre werden. „Das soziale Verhalten wäre sonst nicht sinnvoll, schließlich ist die Fähigkeit zur Erneuerung der Kolonie sehr begrenzt, wenn nur ein Weibchen Nachwuchs bekommt.“ Einer der Gründe für die Langlebigkeit ist, dass Nacktmulle nicht an Krebs erkranken. Wissenschaftler von der Universität von Rochester im US-Bundesstaat New York konnten bereits 2013 in einer „Nature“-Studie zeigen, dass die Hautzellen der Tiere eine spezielle Form von Hyaluronsäure produzieren. Diese hat ungewöhnlich lange Molekülketten, die sich in großen Mengen zwischen den Zellen des Bindegewebes ablagern und Signale blockieren, die für ein Krebswachstum nötig wären.

Immun gegen Krebs, staatenbildend und kaltblütig: Eigentlich müsste das schon ausreichen, um das Herz von Medizinern und Biologen höher schlagen zu lassen. Aber bereits vor einigen Jahren fanden die MDC-Forscher um Lewin zusätzlich heraus, dass die Tiere gegen Entzündungs- und Säureschmerz weitestgehend immun sind. Dieser Schmerz, zu vergleichen etwa mit einem Zitronenspritzer in eine offene Wunde, dient bei Menschen und Mäusen als Warnung, um weitere Verletzungen zu verhindern. „Nacktmulle hingegen haben eine Säuretoleranz entwickelt“, sagt Lewin: „Vermutlich, weil in den Tunneln und Höhlen, in denen sie leben, der Sauerstoffgehalt sehr gering und zugleich der Kohlendioxidgehalt sehr hoch ist – unter normalen Umständen würde das zu einer Übersäuerung des Gewebes →



**Schrumpfliger Tausendsassa**  
Der Mensch kann vom Nacktmull viel lernen, auch wenn der Nager einst zum hässlichsten Tier der Welt gewählt wurde.  
Bild: Roland Gockel

## 10#

## FAKTEN

Sie wollen mehr über  
Nacktmulle wissen?

Hier gibt es **zehn**  
Fakten zum Thema:

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

**Schmerzunempfindlich**

Gary Lewin und sein Team fanden heraus, dass Nacktmulle gegen Entzündungs- und Säureschmerz weitestgehend immun sind. Bilder: Roland Gockel

führen, der Nacktmull allerdings muss in diesen Bedingungen leben.“

Damit das gelingt, besitzen Nacktmulle Schmerzrezeptoren mit einer speziellen Eigenschaft: Ihr Natriumkanal wird von den elektrisch positiv geladenen Teilchen, die die Säure abgibt, blockiert. Wegen dieser Blockade leitet die Nervenzelle kein Schmerzsignal weiter. „Da die Schmerzrezeptoren von Nacktmullen ansonsten denen von Menschen und Mäusen sehr ähnlich sind, hoffen wir, dass sich dieses Wissen bei der Bekämpfung von chronischem Schmerz bei Menschen einsetzen lässt“, sagt Thomas Park.

Gemeinsam mit den Kollegen am MDC hat er kürzlich eine weitere Entdeckung gemacht, die für die Medizin relevant ist: Während der Mensch mindestens zehn Prozent Sauerstoffgehalt in der Atemluft braucht, um genug Energie zum Überleben zu erzeugen, reichen dem Nacktmull fünf Prozent völlig aus. Ihre Experimente dazu beendeten die Forscher nach fünf Stunden, weil sich bei der niedrigeren Sauerstoffkonzentration keinerlei Effekte bei den Nacktmullen zeigten.

Noch spektakulärer waren die Ergebnisse des nachfolgenden Versuchs: Die Wissenschaftler testeten, wie lange die Tiere gänzlich ohne Sauerstoff auskommen können – und fanden heraus, dass die Nacktmulle bis zu 18 Minuten ohne Sauerstoff überleben. Für Menschen wäre das undenkbar: „Selbst bei fünf Prozent Sauerstoffgehalt können wir höchstens fünf Minuten überstehen, ohne bleibende Schäden davonzutragen“, sagt Park.

Mit seinem Team beobachtete er, dass die Tiere nach etwa anderthalb Minuten in einen komatösen Zustand fielen, wenn sie ohne Sauerstoff

auskommen mussten. Die Tiere stellen dabei ihre Bewegung ein und reduzieren Atemfrequenz und Puls – das Gehirn hingegen arbeitet weiter, wenn auch verlangsamt. Sobald die Nacktmulle wieder atmen konnten, wachten sie auf und lebten selbst nach 18 sauerstofflosen Minuten ohne bleibende Schäden weiter.

Möglich wird das durch eine Umstellung im Stoffwechsel der Tiere: „Wenn der Sauerstoff nicht mehr ausreicht, um Glukose aus der Nahrung zu verstoffwechseln, schalten die Tiere auf Fruktose um“, sagt Park. Zwar können viele Säuger Fruktose verwerten, allerdings zumeist nur in Niere und Leber. Nacktmullen gelingt das auch in anderen Organen.

Forscher hoffen, dass dieser Mechanismus künftig Menschenleben retten kann: „Wir würden Patienten gern vor den Folgen des Sauerstoffmangels bewahren, den ein Herzinfarkt oder ein Schlaganfall binnen Minuten anrichten. Denkbar wäre das, denn theoretisch sind nur kleine Veränderungen nötig, um den Körper auf den Fruktose-Stoffwechsel umzustellen“, sagt Lewin.

Überhaupt scheint der Mensch vom Nacktmull viel lernen zu können. Schließlich haben Nacktmulle als echte Überlebenskünstler über Millionen Jahre hinweg Schutzmechanismen gegen Krebs, Schlaganfall und Herzinfarkt – drei der weltweit häufigsten Todesursachen des Menschen – entwickelt.

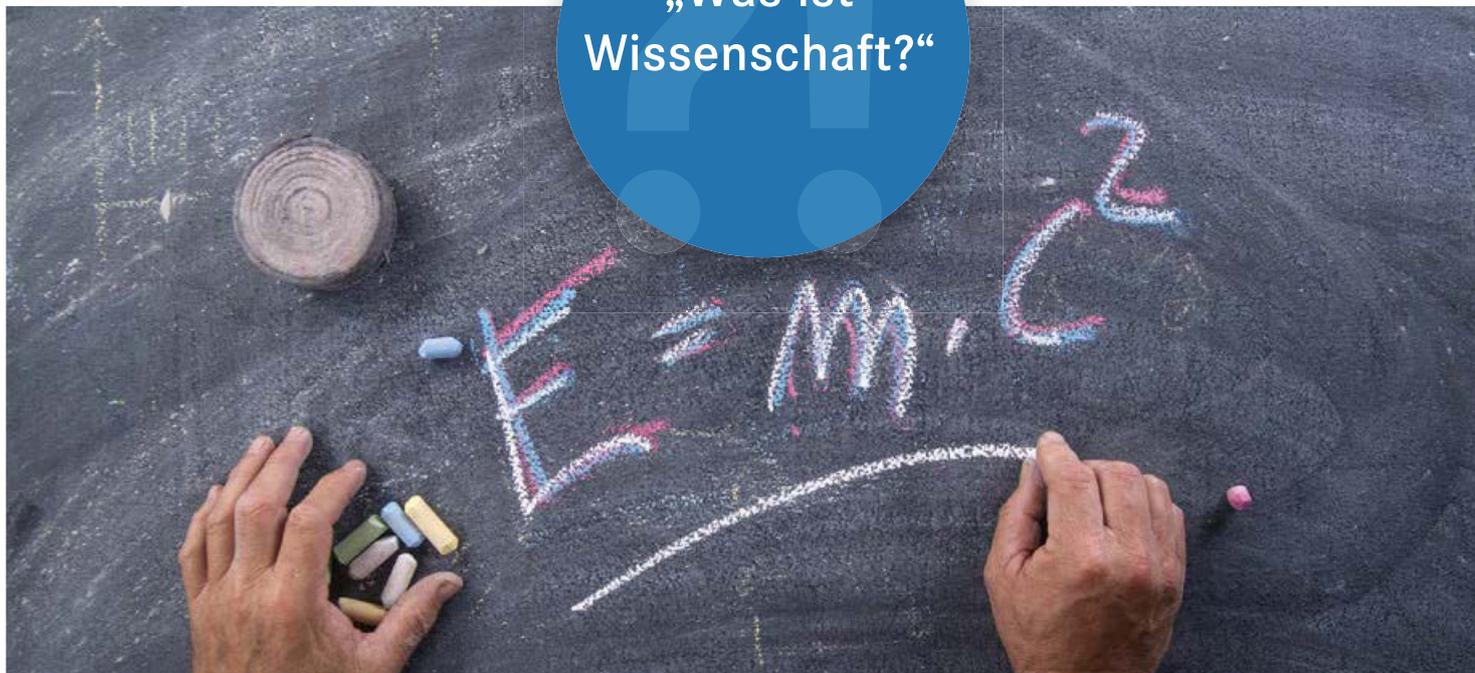
Vielleicht ist das einer der Gründe, warum Park und Lewin die einst zum hässlichsten Tier der Welt gewählten Nager mittlerweile eigentlich ganz niedlich finden. ◆

Rebecca Winkels



# Nachgefragt:

„Was ist  
Wissenschaft?“



**Formelwelt**  $E = mc^2$  ist eine der berühmtesten Formeln der Welt und wird oft als Symbol für erfolgreiche Forschung verwendet. Bild: fotografiche.eu/Fotolia

Anders als sonst in dieser Rubrik geht es dieses Mal um eine Metafrage: Was ist Wissenschaft? Antje Boetius, vom Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, antwortet.

„Wissenschaft ist ein schönes Wort, es verbindet zwei positive Begriffe – den des *Wissens* um die *Beschaffenheit*. Wissenschaft ist eine besondere kulturelle Leistung der Menschheit, ein System von Erkenntnissen zur Natur, zur Technik und zur Existenz. Zunächst klingt das einfach – doch was Wissenschaft ist, ist schwer in wenige Worte zu fassen. Dem Wissenschaftler geht es darum, methodisch gesichertes, universelles Wissen zu erzeugen – mit dem Anspruch, sich Wahrheit und Wirklichkeit zu nähern. Ständiges Hinterfragen der Wahrheitsempfindung zeichnet die Wissenschaft aus. Dabei ist ihre Leistung stets im Kontext der Zeit zu sehen, denn sie braucht den Konsens zwischen Wissenschaftlern und die Anerkennung durch die Gesellschaft. Sie ist dynamisch und wandelbar – und führt nicht immer zu Gutem wie uns die Geschichte lehrt. Die moderne, internationale Wissenschaft braucht dabei ein strenges

Regelwerk der Logik und Vernunft, das festlegt, wann ein Ergebnis als gesichert gilt; sie braucht aufwändige Verfahren, die wissenschaftliche Ergebnisse nachvollziehbar machen, sowie die Tugenden der Wahrhaftigkeit und Verständlichkeit. Häufig sind wir uns gar nicht darüber im Klaren, wo überall wissenschaftliche Leistungen ‚drin stecken‘ und wohin diese führen können. Aus Forschung in völliger Zweckfreiheit kann dabei ebenso Nutzen entstehen wie aus eng geplanten Anwendungsfragen.

Und trotz allem Wissensgewinn bleibt so vieles falsch. Hunger, Krieg, Zerstörung von Lebensgrundlagen: Wider besserer Erkenntnis verbrauchen wir schneller denn je die Ressourcen unseres Planeten. Hier kommt die Wissenschaft an ihre Grenzen, denn die gewonnenen Wahrheiten und Erkenntnisse wollen eingeordnet und umgesetzt werden. Die Umsetzung ist dabei nicht Aufgabe der Wissenschaft, sie ist nicht für Handlungen von Wirtschaft, Politik und Volk verantwortlich. Was wir als Forschende mehr tun können, ist, unsere Erkenntnisse verständlich zu vermitteln und bei der Einordnung zu helfen. “

Nachgefragt hat **Kristine August**



ONLINE

Alle Ausgaben von  
Nachgefragt:

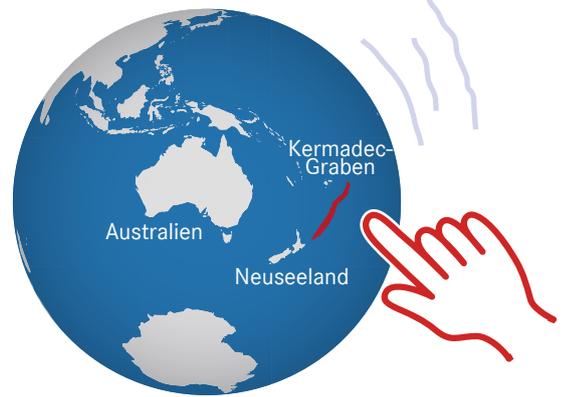
→ [www.helmholtz.de/  
nachgefragt](http://www.helmholtz.de/nachgefragt)



# Wo die Erde den Meeresboden verschluckt

GEOMAR-Geologe Kaj Hoernle erforscht die Bewegungsmuster der pazifischen Erdplatte. Eine Aufgabe, für die er und sein Team **nördlich Neuseelands** auf einer Expedition des Forschungsschiffes SONNE Gesteinsproben von den Steilhängen riesiger Unterseevulkane kratzen.





**K**aj Hoernle muss den Google Earth-Globus um 180 Grad drehen, wenn er Besuchern zeigen möchte, wohin ihn sein aktuelles Forschungsprojekt geführt hat. Der Finger des Geologen vom GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel verharret auf einer Meeresregion etwa 450 bis 1.200 Kilometer nordöstlich Neuseelands. Drei hellgrüne Punkte deuten Inseln an, doch an ihnen bleibt das Auge des Betrachters kaum hängen. Viel eindrucksvoller ist ein langgezogener schwarzblauer Schatten, der in dieser Darstellung der Erde den Kermadec-Tiefsee graben andeutet. Entlang dieser Linie zwischen Tonga und der Nordinsel Neuseelands fällt der Meeresboden des Pazifiks bis auf eine Wassertiefe von fast 10.000 Metern ab. Unbändige Kräfte aus dem Erdinneren ziehen ihn hier hinab, denn an dieser Stelle taucht die Pazifische Platte unter ihre Nachbarin, die Australische Platte.

Die absinkende Platte bewegt sich dabei kaum schneller als ein Fingernagel wächst. Trotzdem sind die geologischen Veränderungen in dieser sogenannten Subduktionszone gigantisch – und der Grund dafür, warum Kaj Hoernle im März dieses Jahres an Bord des deutschen Tiefseeforschungsschiffes SONNE im Gebiet des Kermadec-Tiefsee grabens kreuzt. „Parallel zu diesem Graben verlaufen zwei Tiefseerücken, die heute durch ein 200 Kilometer breites Becken voneinander getrennt sind. Wir wissen, dass beide Rücken vor fünf bis zehn Millionen Jahren noch eine gemeinsame Vulkankette, den Vitiaz-Inselbogen, bildeten. Er ist dann der Länge nach gerissen, sodass die Hälften auseinanderdriften und das Becken entstehen konnte. Wir wollen verstehen, wann und wie das geschah. Welche Prozesse führen dazu, dass sich ein 2.000 Kilometer langer Inselbogen plötzlich spaltet“, fragt der Geologe. →

Um diese grundlegenden Fragen der Platten-tektonik zu beantworten, benötigen Kaj Hoernle und sein Team Lava- und Gesteinsproben aus dem Becken, dem Graben und von den Steilhängen beider Tiefseerücken. Der geochemische Fingerabdruck des Materials erlaubt Rückschlüsse auf den Ursprung und das Alter des Gesteins und somit auf die Zeit, in der es als Lava aus einem der vielen Vulkane des Inselbogens geflossen war.

Derart aussagekräftige Gesteinsproben zu gewinnen, ist die eigentliche Herausforderung der sechswöchigen SONNE-Expedition SO255: „Für die Probenahme setzen wir eine Kettensack-Dredge ein. Dabei handelt es sich um eine Stahlkiste, die etwa 1 mal 1,5 Meter breit ist und die wir mit der Öffnung nach vorn gerichtet über den Meeresboden ziehen. Ihr vorderer Rand ist wie eine Baggerschaufel mit Stahlzähnen versehen, sodass sie Lava- und Gesteinsbrocken vom Meeresboden abreißen kann. Das Material rutscht dann in den Kettensack der Dredge und verbleibt dort, bis wir sie an Bord holen“, erklärt Kaj Hoernle.

Jeder Dredgezug wird vom Wissenschaftlerteam akribisch vorbereitet: Die Forscher analysieren hochauflösende Karten der unterseeischen Vulkanlandschaft. Wo topografische Daten oder Fakten zur Höhe der Sedimentschicht fehlen, kartieren sie die Region selbst mit den modernen Fächer- und Sedimentecholot-Systemen der SONNE. Erst dann wird entschieden, wo der stählerne Probennehmer zum nächsten Fischzug in die Tiefe sinken darf. „Am größten sind die Erfolgchancen an Bruchkanten oder Steilhängen der Vulkane und Rücken. Zum einen bedecken dort kaum Sedimente das Hartgestein. Zum anderen entstehen die Bruchkanten oft durch tektonische Störungen. Das heißt, hier reißt der Boden tief auf und gibt geologisch alte Gesteinsschichten frei, die mit Glück noch nicht verwittert sind“, erzählt Kaj Hoernle.

**„Die radiometrische Altersanalyse ist so aufwendig, dass wir nur 50 unserer rund 2.000 Gesteinsproben datieren lassen können.“**

Vom Meerwasser verändertes Gestein erkennt der Experte auf den ersten Blick. „Diese Proben haben einen ganz anderen Grauton als frisches Material. Manchmal zerbröseln sie auch, wenn wir sie in den Hand nehmen“, erzählt der Geologe.

Auf dieser SONNE-Expedition bergen die Wissenschaftler mehr Probenmaterial als je zuvor in Kaj Hoernles 22-jähriger Laufbahn als Meeres-



**1 + 2** Freude an Deck: Die Kettensack-Dredge hat wissenschaftlich spannende Gesteinsproben aus der Tiefsee mitgebracht, welche die Wissenschaftler sofort in Kisten sortieren und in die Labore bringen. Bild: (1) Gesine Welschmidt/GEOMAR, (2) Christian Timm/GNS

**3 + 4** Im Labor angekommen, werden die Proben in der Mitte durchgesägt und genauestens unter der Lupe betrachtet. Auf diese Weise können die Forscher die Proben gruppieren und deren Eignung für chemische Analysen beurteilen. Bild: (3) Christian Timm/GNS, (4) Gesine Welschmidt/GEOMAR

**5** Kaj Hoernle begutachtet die ersten Proben, die nach der Expedition am GEOMAR angekommen sind. In Kiel werden sie archiviert und stehen Forschenden aus aller Welt zur Verfügung. Bild: Jan Steffen/GEOMAR





3

geologe. Selbst in einer Rekordtiefe von 8.800 Metern füllte sich die Dredge mit brauchbaren Vulkaniten. Jeder Stein wird an Bord genau unter die Lupe genommen. Eignet er sich für das aufwendige Datierungsverfahren? „Die radio-metrische Altersanalyse ist so aufwendig, dass wir nur 50 unserer rund 2.000 Gesteinsproben datieren lassen können. Wir müssen demzufolge gut auswählen, damit unsere Proben am Ende den gesamten Zeitraum und alle wichtigen Zonen der Tiefseerücken und des Beckens abdecken“, erläutert der Expeditionsleiter.

**„In zwei bis drei Jahren werden wir alle Ergebnisse der Ausfahrt zusammentragen und (...) deutlich besser verstehen, wie ein Inselbogen entsteht und welchen Lebenszyklus er durchläuft.“**

Das restliche Material teilen die Forscher auf. Ein großer Teil wird für die geochemische Analyse der Spurenelemente und Isotope aufbereitet. Einen zweiten Teil nehmen die internationalen Teilnehmer der Expedition mit in ihre Heimat-institute in Neuseeland, Australien, den USA und Japan. Die neuseeländischen Wissenschaftler interessieren sich als „Hausherren“ dieser Region vor allem für Massivsulfide. So werden Ablagerungen am Meeresboden genannt, die sich an heißen Quellen bilden. Sie sind oft reich an Edelmetallen.

Die restlichen Proben archiviert das GEOMAR-Team und stellt sie bei Bedarf Wissenschaftlern aus aller Welt für Untersuchungen zur Verfügung. „Wir haben auf dieser Expedition in Hinblick auf viele unserer Forschungsfragen sehr interessantes Gestein geborgen und bei den Kartierungen überraschende geologische Strukturen entdeckt“, sagt Kaj Hoernle. „Wenn in Kürze die Container mit unseren Proben nach Deutschland zurückkehren, beginnen die Laborarbeiten. In zwei bis drei Jahren werden wir alle Ergebnisse der Ausfahrt zusammentragen und meiner Meinung nach deutlich besser verstehen, wie ein Inselbogen entsteht und welchen Lebenszyklus er durchläuft.“ Die Reise an das andere Ende der Welt hat sich für ihn und seine Forschungsgruppe definitiv gelohnt. ◆

**Sina Löschke**



5



# Barbara Terhal

*Universitätsprofessorin für das Lehr- & Forschungsgebiet Theoretische Physik*

# Die Geistesgipfelstürmerin

Barbara Terhal forscht an den Computern der Zukunft. Diese werden um ein Vielfaches schneller sein als heutige. Wenn sie Laien von ihrer Arbeit in der Quantenphysik erzählt, erntet sie oft nur fragende Blicke. Dabei sei das gar nicht so schwierig, sagt sie mit breitem amerikanischen Akzent.

**D**ieses Gebilde neben dem Schreibtisch fesselt die Aufmerksamkeit als erstes: Wie ein Stern sieht es aus, gefaltet aus Papier, ein wenig größer als eine ausgestreckte Hand. Barbara Terhal lächelt – „Origami ist ein Hobby von mir“, erzählt sie. Die kleine Skulptur hat sie selbst gefaltet, und wenn sie Besuch hat, dient sie oft als Überleitung zu den ernstesten Themen ihrer Forschung. Ein Dodekaederstern sei es, klärt sie auf, ein geometrisches Konstrukt mit zwölf Spitzen, alle gleich weit voneinander entfernt – „so ähnlich kann man sich auch einen Code für die Quantenfehlerkorrektur vorstellen, das ist genau das Thema, an dem ich arbeite.“

Barbara Terhal forscht an der RWTH Aachen und am Forschungszentrum Jülich auf einem so komplexen Gebiet, dass Laien oft schon die Fragestellungen nicht verstehen, geschweige denn die Erkenntnisse der Wissenschaftler. Mit der Quantenphysik setzten sich bereits Einstein und Heisenberg auseinander. Wie man sich die Quantenphysik denn vorstellen sollte, wurde Heisenberg einmal gefragt, und er antwortete kurz angebunden: „Versuchen sie’s lieber gar nicht erst!“ Terhal schüttelt heute, vier Jahrzehnte nach dem Tod Heisenbergs, den Kopf über diesen Satz: „Damals wurde eher philosophisch über die Quantenmechanik diskutiert, besonders über die Frage, wofür man sie überhaupt brauche. Heute geht es darum, die Formeln konkret zu nutzen, um bessere Computer zu bauen.“ Die Quantenphysik sei kein unverständliches Mysterium, wehrt sie ab, sondern ein mathematischer Formalismus, an den man sich gewöhnen könne.

Die 48-jährige Niederländerin mit ihren schulterlangen Haaren hat sich längst an die fragenden Blicke gewöhnt, wenn sie Laien von ihrer Arbeit erzählt. Ruhig und bedächtig spricht sie dabei, denn mit dieser Art von Erklärungen hat sie eine lange Erfahrung: Sie ist eine der Pionierinnen auf diesem Feld, seit Beginn ihrer Karriere

## ZUR PERSON

- Geboren in Leiden, Niederlande
- Promotion in Theoretischer Physik an der University of Amsterdam
- Wissenschaftlerin am IBM Watson Research Center, Yorktown Heights NY, USA

## POSITIONEN

- Professorin für Theoretische Physik an der RWTH Aachen
- Wissenschaftlerin am Forschungszentrum Jülich im Rahmen der Jülich Aachen Research Alliance (JARA)

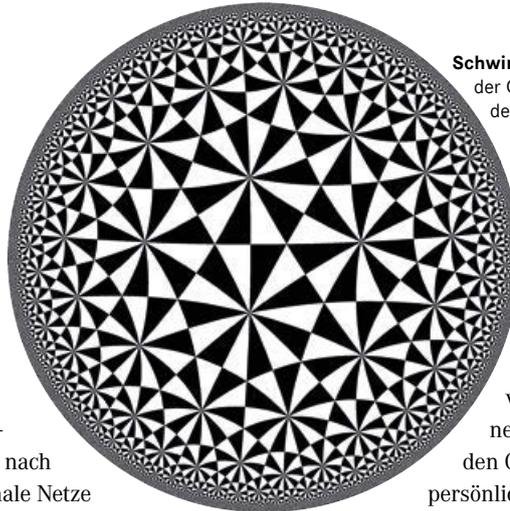
beschäftigt sie sich damit. Während herkömmliche Computer mit Bits rechnen, die nur die beiden Werte „0“ oder „1“ annehmen können, arbeitet ein Quantencomputer mit Quantenbits. Diese auch Qubits genannten Teilchen können beliebig viele Zwischenzustände annehmen, die sich durch einzigartige Quanteneigenschaften wie Verschränkung und Interferenz auszeichnen. Dadurch werden Quantencomputer eines Tages ungleich mehr Informationen speichern und verarbeiten können als die heute üblichen Rechner, sagen Experten voraus.

Eine der größten Hürden auf diesem Weg will Barbara Terhal mit ihrem Team abbauen: Weil die Qubits anfällig sind für Fehler, ist eine sogenannte Quantenfehlerkorrektur nötig; konkrete Schemata, mit deren Hilfe man aus fehleranfälligen Qubits fehlerfreie bauen kann. Terhal redet so häufig darüber, dass sie den englischen Begriff „quantum error correction“ mittlerweile zu einem einzigen Wort zusammenzieht. Die Physikerin spricht mit einem breiten amerikanischen Akzent – ein Überbleibsel aus den mehr als zehn Jahren, die sie in den USA forschte. Im „Watson Research Center“ der →

Computerfirma IBM war Terhal lange tätig, dazu am renommierten California Institute of Technology in Pasadena. „Als ich mit der Arbeit anfang, wusste kaum jemand etwas über das Feld der Quanteninformation“, sagt Terhal. Sie war zur richtigen Zeit am richtigen Ort: Für ihre Doktorarbeit an der Universität Amsterdam suchte sie nach einem Thema. Über neuronale Netze dachte sie nach und über Biophysik, bis sie dann einen Professor fand, der in das neue Feld der Quanteninformation einsteigen wollte. „Weil das Thema so neu war, wollte ich mich bald mit einer Gruppe von Forschern zusammenschließen, die mehr Expertise auf dem Feld hatte“, erzählt sie – und landete bei IBM in den bestens ausgestatteten Firmenlaboren. Es war die Phase, in der die Quantencomputer-Forschung einen gewaltigen Aufstieg erlebte: Konkrete Ergebnisse wurden greifbar, es floss viel Geld in die Forschung und etliche Wissenschaftler spezialisierten sich auf das Gebiet, in dem Barbara Terhal schon jahrelangen Vorsprung hatte.

„Ich finde, Physik ist so ähnlich wie Bergsteigen“, sagt sie: „Du stehst vor einer Wand und musst irgendwie hochkommen. Du siehst eine Menge Leute am Felsen, sie haben auf der einen Seite einen Pfad gefunden und klettern hinauf. Du kannst hinterher, etwas von ihnen lernen – aber vielleicht willst du auch deinen eigenen Weg suchen.“ Jeder Schritt bei einem solchen Aufstieg auf eigenen Pfaden sei ungeheuer wichtig, man müsse immer die Balance behalten, aber werde oben auf dem Gipfel von einer großartigen Aussicht belohnt. „Da gewinnt man Einblicke, die niemand anders auf der Welt hat – that’s discovery!“, sagt sie freudestrahlend.

Rund um das Forschungszentrum Jülich entsteht gerade eine internationale Kooperation, die sich mit Quanteninformation und Quantencomputing beschäftigt: Eingebunden sind außer der RWTH Aachen auch die Universität in Delft – dorthin wechselt Barbara Terhal, die ihr Büro derzeit noch in Aachen hat, zum Wintersemester. In Jülich bleibt sie weiterhin tätig. Die Kombination aus der öffentlich finanzierten Forschung in Jülich und der Forschung in Delft, wo unter anderem Microsoft und Intel beteiligt sind, hält sie für ideal. In der internationalen Kooperation, zu der sich Aachen,



**Schwindelerregend** Visualisierung der Quantenfehlerkorrekturcodes, an denen Terhal forscht. Bild: Tamfang

Jülich und Delft jetzt zusammenschließen, arbeiten viele Teams an verschiedenen Fragestellungen rund um den Quantencomputer. „Mein persönliches Ziel ist, die Quantenfehlerkorrektur zum Laufen zu bringen“, sagt

Terhal – „das ist eine ganz konkrete Aufgabe.“ IBM hat gerade den ersten Quantencomputer vorgestellt, der mit fünf Qubits arbeitet. Für Terhal ist es nur eine Frage der Zeit, bis es Modelle mit 15, 20 oder 50 Qubits geben werde.

Ihre Rückkehr nach Europa im Jahr 2010, hatte auch mit ihren drei Kindern zu tun, die Zwillinge sind heute 12 Jahre alt, die ältere Tochter 15: „Ich habe meine Kindheit in den Niederlanden sehr genossen“, sagt sie, „und wollte das meinen Kindern auch ermöglichen.“ Also kam sie mit ihrem Mann zurück – David DiVincenzo ist ebenfalls ein erfolgreicher Quantenphysiker, auch er arbeitet an der RWTH Aachen und am Forschungszentrum Jülich. Die beiden haben einige aufsehenerregende Arbeiten gemeinsam veröffentlicht. Voraussetzung für eine glückliche Beziehung sei es aber nicht, dass der Partner die komplexen Forschungsthemen versteht, lacht sie: „Es gibt so wenig Frauen in der Quantenmechanik, da könnten die meisten Männer ja sonst nie heiraten!“

Einer der Gründe für ihren Wechsel von IBM in die akademische Sphäre sei es auch gewesen, dass sie hier mit dem Nachwuchs arbeiten könne. Häufig, erzählt Barbara Terhal, säßen Studierende bei ihr im Büro. Jetzt kommt sie zurück auf ihre Analogie zwischen der Physik und dem Bergsteigen: „Die wollen so schnell wie möglich da hoch auf diesen Felsen. Aber manche sind zu ungeduldig, die fallen runter oder folgen einfach der Horde auf den eingetretenen Pfaden.“ Sie selbst suche sich ihren Weg lieber selbst.

Auf die Frage, ob sie das Gefühl des Gipfelstürmens in natura schon einmal selbst erlebt habe, schüttelt Barbara Terhal den Kopf: „Nein, für mich ist das nichts.“ Dann lacht sie kurz auf und schiebt nach: „Um ehrlich zu sein: Ich habe Höhenangst!“ ◆

**Kilian Kirchgeßner**



**ONLINE**

Mehr Portraits finden Sie hier:

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



Einmal zum Mond oder gar zum Mars fliegen – wer findet das nicht aufregend? Ohne eine Rakete mit ihrem enormen Schub ist es allerdings nicht möglich, so weit in das Sonnensystem zu fliegen. Einen Mini-Raketenantrieb für das Kinderzimmer kannst Du leicht aus einem Luftballon, einem Strohhalm und einer Schnur basteln.

## DAS BRAUCHST DU:



STROHHALM



KLEBEBAND



LUFTBALLON



SCHERE



DÜNNE SCHNUR,  
5–6 METER



EVTL. EINEN  
VERSCHLUSSCLIP

## UND SO WIRD'S GEMACHT:

1. Fädle den Strohhalm auf die Schnur und spanne sie durch den Raum.
2. Puste den Luftballon auf, knote ihn aber nicht zu. Du kannst den Ballon aber mit einem Verschlussclip verschließen.
3. Klebe den Ballon so an den Strohhalm, dass er in die Flugrichtung der Rakete zeigt.
4. Lass nun die Luft aus dem Ballon, sodass die Rakete entlang der Schnur durch den Raum rasen kann.
5. Teste, wie sich der Flug der Rakete ändert, wenn du die Schnur stramm oder locker, waagrecht oder senkrecht spannst. Was passiert, wenn du mehrere Luftballon-Raketen hintereinander starten lässt oder mehrere Luftballons an einem Strohhalm befestigt?



## ERKLÄRUNG:

Raketen nutzen das Rückstoßprinzip, um von der Erde abzuheben und sich durch den Weltraum zu bewegen. Wenn die Triebwerke starten (in deinem Fall, wenn du den Ballon öffnest), werden die verbrannten Gase mit hoher Geschwindigkeit ausgestoßen. Die dabei entstehende Kraft treibt die Rakete in die entgegengesetzte Richtung. Um beispielsweise eine europäische Ariane-Rakete abheben zu lassen, müssen über 700 Tonnen Gewicht sehr schnell beschleunigt werden: Eine Rakete muss mindestens 8 Kilometer pro Sekunde zurücklegen, damit sie die Erdanziehungskraft überwinden kann. Physikalisch kann man das Phänomen des Rückstoßprinzips mit dem „3. Newtonschen Gesetz“ erklären, das Sir Isaac Newton 1687 aufstellte. Es besagt: Wenn ein Körper A eine Kraft auf einen Körper B ausübt, wirkt auch Körper B auf Körper A mit einer gleich großen Kraft, jedoch in entgegengesetzter Richtung. Daher spricht man auch vom „Reaktionsprinzip“.

Dieses Experiment stammt von:

DLR\_School\_Lab TU Dortmund

Über 10.000 Schülerinnen und Schüler haben bislang im Ende 2008 eröffneten Schülerlabor zu Forschungsthemen des DLR und der TU Dortmund experimentiert. Aber auch moderne Technologien wie 3D-Druck oder Virtual Reality werden als Experimente angeboten.



ONLINE

Mehr über die Schülerlabore unter:  
→ [www.helmholtz.de/schuelerlabore](http://www.helmholtz.de/schuelerlabore)



VIDEO

Den Versuch gibt es auch als Video unter:  
→ [www.helmholtz.de/experiment](http://www.helmholtz.de/experiment)



