

# KlarText 2019

Preis für Wissenschaftskommunikation

Vor 291 Millionen Jahren

## Zeitreise ins tropische Chemnitz

Magersucht

**Welcher Körper ist erstrebenswert?**

Lebensmittelbetrug

**Gefälschtem Honig  
auf der Spur**

Dunkle Materie

**Vom seltsamen Verhalten  
der Zwerggalaxien**

Seltene Erkrankung

**Folgeschwere Veränderung  
in Proteinen**

Minilabor der Zukunft

**Mikrofluide folgen den Gesetzen  
der Elektronik**

Ein Magazin der

Klaus Tschira Stiftung  
gemeinnützige GmbH



NEU!

# DER WEGWEISER FÜR DIE PROMOTION



Von der Themensuche bis zur Verteidigung: Der ZEIT CAMPUS Ratgeber Promotion beantwortet die wichtigsten Fragen zur Dissertation. Der Ratgeber feiert die Forschung, hilft in Krisen und bietet einen Überblick, wie die Promotion verläuft und wo es Stipendien gibt.

Jetzt online bestellen unter: [www.zeit.de/promotionsratgeber](http://www.zeit.de/promotionsratgeber)

In Kooperation mit:

Klaus Tschira Stiftung  
gemeinnützige GmbH



**JETZT  
KOSTENFREI  
BESTELLEN!**

## Liebe Leserinnen und Leser,

die Klaus Tschira Stiftung war noch in ihren Anfängen, als sie mit dem KlarText-Preis für Wissenschaftskommunikation ihr erstes großes Projekt umsetzte. Das war 1997. Nun verleihen wir den Preis in jedem Jahr an junge Forscherinnen und Forscher, die es verstehen, die Themen ihrer Doktorarbeiten allgemein verständlich zu schildern.

Die Idee dazu stammte vom Stifter Klaus Tschira (1940–2015), der sich immer wieder zu seinem Credo bekannte: Wissenschaft verständlich machen, Menschen für die Naturwissenschaften und Forschung begeistern. Klaus Tschira wünschte sich einen Kulturwandel, an dessen Ende der Dialog mit der Öffentlichkeit eine Selbstverständlichkeit ist. Deshalb gründete die Klaus Tschira Stiftung das Nationale Institut für Wissenschaftskommunikation (NaWik), das sich insbesondere an Forschende richtet und ihnen in Workshops vermittelt, wie sie ihre Ergebnisse verständlich kommunizieren können.

Auch all jene, die sich in diesem Jahr für den KlarText-Preis beworben haben, dürfen kostenfrei an einem Workshop des NaWik teilnehmen. Die Beiträge der sechs Preisträgerinnen und Preisträger finden Sie in diesem Heft. Wir wünschen Ihnen eine spannende Lektüre!

### Ihr KlarText-Team



**Beate Spiegel** ist Geschäftsführerin der Klaus Tschira Stiftung (KTS). Der KlarText-Preis für Wissenschaftskommunikation hat für sie seit der ersten Verleihung einen besonderen Stellenwert



Als Projektleiterin des KlarText-Preises ist **Agnes Polewka** in der Klaus Tschira Stiftung die Ansprechpartnerin für alle Fragen rund um den Preis und seine Preisträgerinnen und Preisträger



**Renate Ries**, Kommunikationsleiterin der KTS, engagiert sich für Wissenschaftskommunikation, unter anderem gemeinsam mit Agnes Polewka bei der Konzeption dieses Heftes

### IMPRESSUM

**HERAUSGEBER** Klaus Tschira Stiftung gemeinnützige GmbH, Villa Bosch, Schloss-Wolfsbrunnenweg 33, 69118 Heidelberg, [www.klaus-tschira-stiftung.de](http://www.klaus-tschira-stiftung.de)  
**GESCHÄFTSFÜHRUNG** Beate Spiegel, Harald Tschira, Udo Tschira **KLARTEXT-PREIS** Renate Ries, Agnes Polewka (Projektleitung) **VERLAG** TEMPUS CORPORATE GmbH - Ein Unternehmen des ZEIT Verlags, Alt-Moabit 94, 10559 Berlin **GESCHÄFTSFÜHRUNG** Jan Hawerkamp, Dr. Mark Schiffhauer  
**REDAKTIONSLEITUNG** Dr. Joachim Schüring (JS) **GRAFIK** Christopher Delaney, Jessica Sturm-Stammlinger **BILDREDAKTION** Kathrin Tschirner  
**LEKTORAT** Dr. Katrin Weiden **HERSTELLUNG** Dirk Woschei **DRUCK** Mohn Media Mohndruck GmbH **VERTRIEB** Das Magazin erscheint am 10.10.2019 und liegt der Wochenzeitung DIE ZEIT bei.

# INHALT



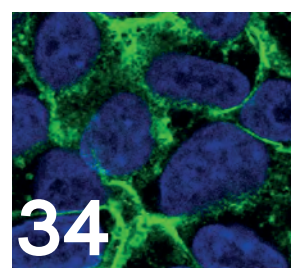
**14**  
**Als Chemnitz am Äquator lag**  
*Ludwig Luthardt*  
Vor 291 Millionen Jahren versank ein sächsischer Wald bei einem Vulkanausbruch unter Schutt und Asche



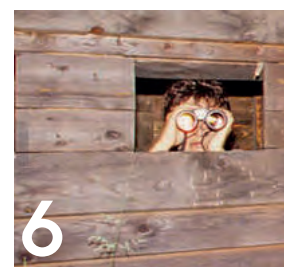
**30**  
**Galaktisches Karussell**  
*Oliver Müller*  
Galaxien sind umgeben von Zwerggalaxien. Deren Bewegungen widersprechen dem Standardmodell der Kosmologie



**18**  
**„Ich weiß ja, dass ich dünn bin“**  
*Simone Behrens*  
Magersüchtige haben offenbar andere Vorstellungen von einem erstrebenswerten Körper als gesunde Menschen



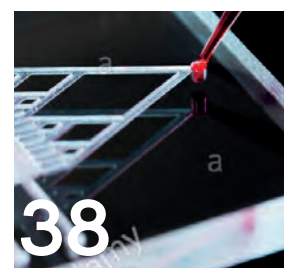
**34**  
**Verirrte Proteine**  
*Katrina Meyer*  
Warum auch genetische Veränderungen in funktionslosen Abschnitten von Proteinen gefährlich sein können



**6**  
**Bürger wissen!**  
*Joachim Schüring*  
Citizen Science: Wenn Laien zu Forschenden werden



**22**  
**Süße Fälschung**  
*Jana Raupbach*  
Der entzündungshemmende Manuka-Honig ist teuer und deshalb bei Lebensmittelfälschern sehr beliebt



**38**  
**Ein ganzes Labor auf einem Chip**  
*Andreas Grimmer*  
In der Welt der Mikrofluidik sind die Gesetze der Hydraulik außer Kraft gesetzt. Hier folgt alles dem Ohmschen Gesetz



**10**  
**And the winner is ...**  
Sechs Forscherinnen und Forscher erhalten 2019 den KlarText-Preis für Wissenschaftskommunikation



**26**  
**„Ins Ungeschützte hinaustreten“**  
Die Schauspielerin Martina Gedeck und der Präsident der Freien Universität Berlin, Günter M. Ziegler, sprechen über ihr Spiel mit verschiedenen Rollen



**42**  
**Fünf Fragen an Reinhard Hüttel**  
Der Leiter des GeoForschungsZentrums in Potsdam kritisiert die Talkshows im Fernsehen und fordert ein Forum für sachliche Auseinandersetzungen



**Titelbild:** Im Perm lag Sachsen in Äquatornähe. Der Gliederfüßer *Arthropleura armata* im Vordergrund konnte bis zu 2,5 Meter lang werden  
© Stefan Schiessl/Exploredesign



Dukas Presseagentur GmbH/Alamy Stock Foto

# Bürger wissen!

von JOACHIM SCHÜRING **Die gute Nachricht: Immer mehr Menschen engagieren sich als Laienforscher. Die schlechte: Oft sind sie dabei nur billige Datensammler. Eine verpasste Chance im Dialog mit der Öffentlichkeit?**

Das Interesse an der Wissenschaft ist groß: Manche Hobbyforscherinnen und -forscher wissen in ihrem Interessengebiet mehr als die Profis

Wer wissenschaftlich arbeiten will, kann das tun. Sofort. Ein paar Klicks auf der Website von „Bürger schaffen Wissen“, und schon ist man aktiver Teil eines Forschungsprojektes. Wer auf dieser Website unterwegs ist, interessiert sich für wissenschaftliche Fragestellungen – ist aber kein Profi, sondern Laie.

Das Angebot, sich aktiv an Forschungsprojekten zu beteiligen, ist riesig und hat sich insbesondere in den letzten Jahren geradezu explosiv entwickelt. Auf jener Website hat man die Wahl unter mehr als hundert Projekten. Da sucht ein Marburger Forschungsteam Leute, die in Gewässern Sedimentproben nehmen und diese im Labor so aufbereiten, dass sich die darin enthaltenen winzigen Plastikpartikel nachweisen lassen. In Berlin sind Bürgerinnen und Bürger aufgerufen, Nachtsichtkameras in ihren Höfen und Gärten aufzustellen, um herauszufinden, wo sich wie viele Dachse, Füchse oder Waschbären herumtreiben. In der Sächsischen Schweiz sollen Orte und Landschaften auf historischen Bildern nachfotografiert und verglichen werden, weil sich so negative oder positive Veränderungen im Landschaftsbild nachvollziehen lassen. Auch Kinder können mitmachen – etwa wenn es darum geht, Ampelphasen zu fotografieren, um eine App für sehbehinderte Menschen zu optimieren.

„Citizen Science“ ist kein neues Phänomen. Tatsächlich lag die Wissenschaft vor der Gründung der Universitäten und Forschungseinrichtungen und ihrer damit einhergehenden Institutionalisierung und Spezialisierung immer in der Hand von Laien. Sammler von Mineralen und Fossilien, Insekten oder Blüten, Hobbyastronomen und Vogelkundler, die sich ihre Kenntnisse rein autodidaktisch aneignen, gibt es bis heute. Viele von ihnen erarbeiten sich in ihren Wissensgebieten Kompetenzen, die selbst

\* [www.buergerschaffenwissen.de](http://www.buergerschaffenwissen.de)

von Profiforscherinnen und -forschern nicht erreicht werden. Manches Tier, manch ferner Stern trägt den Namen einer Entdeckerin, die nie studierte.

Ihren Auftrieb verdanken die Bürgerwissenschaften vor allem der Digitalisierung. Die 2001 gegründete Wikipedia etwa – ein Lehrbuchbeispiel für die Untrennbarkeit von Profi- und Laienbeitrag – wäre ohne das Internet nicht möglich. Die Verbreitung der mobilen Telefone führte zudem dazu, dass fast jeder ständig mit einer simplen App Daten sammeln und übermitteln kann. Mittlerweile haben über 80 Prozent der Deutschen ein Smartphone, bei Kindern im Alter von acht bis neun Jahren ist es jedes dritte.

Die Folge: Das Wesen der Laienforschung hat sich grundlegend verändert. Denn dieser Wandel bedeutet einerseits, dass die Teilhabe an wissenschaftlicher Arbeit einfacher wird. Andererseits ist dieser Zugang häufig weitaus oberflächlicher. Denn in vielen dieser Projekte geht es lediglich darum, in kurzer Zeit viele Daten zu sammeln. Was die Forschenden damit machen, erfahren die Teilnehmenden oft nicht. Der eigene Erkenntnisgewinn ist minimal.

Der Wissenschaftstheoretiker Peter Finke, der an der Universität Bielefeld lehrte, bezeichnet diese Form der Mitarbeit „Citizen Science light“ – und unterscheidet sie von „Citizen Science proper“: von Projekten, die zumindest teilweise aus der Gesellschaft heraus initiiert werden. In diesen Fällen entwickelt sich zusammen mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ein stabiles und nachhaltiges Engagement, das im besten Fall über die unmittelbar Beteiligten in die Gesellschaft hineinreicht.

So engagieren sich viele Hobbybiologen, -historiker, -heimatkundler oder -astronomen – um nur einige wenige zu nennen – in Vereinen und sorgen ihrerseits im Rahmen von Kursen, Vorträgen oder Exkursionen

Crowdsourcing: Mit dem Smartphone lassen sich in kurzer Zeit große Datenmengen sammeln und weiterleiten. Für die Teilnehmenden solcher Projekte ist der Erkenntnisgewinn aber oft gering

für eine Verbreitung ihres Wissens in die interessierte Bevölkerung. Auch Bürgerinitiativen, die sich für eine bessere Stadtplanung oder den Schutz der Umwelt bemühen, gehören dazu.

Dass solche Projekte über den eigentlichen Kreis der Initiatoren hinaus wirken und Menschen dazu bringen, über ihr Verhalten nachzudenken und ihre Gewohnheiten zu verändern, zeigt beispielhaft „Repara/kul/tur“<sup>\*\*</sup>. In dem Verbundprojekt mit Partnern aus Forschung und Praxis geht es ums Überdenken unseres Konsumverhaltens: In Repair-Cafés, offenen Werkstätten oder Veranstaltungen rund um die „Kultur des Reparierens“ sollen umweltfreundliche Methoden im Umgang mit Gebrauchsgegenständen erarbeitet und publik gemacht werden. Doch die Cafés bieten viel mehr: Sie entwickeln sich rasch zu Orten der Begegnung. Sie dienen der sozialen Interaktion, Integration, Inklusion und vieles mehr. Hier treffen sich Menschen, die sich sonst nie getroffen hätten.

Eine Bewertung will Peter Finke mit seiner Unterscheidung der beiden Formen „Citizen Science proper“ und „Citizen Science light“ zu Recht nicht geben. Schließlich kann jeder selber entscheiden, ob er bei einem Projekt mitmachen will oder nicht. Gleichwohl stehen die Begriffe aber für das Maß an Teilhabe und Erkenntnisgewinn. Und beides ist, wie gesagt, im Fall der „light“-Version oft minimal.

Für viele Forschende ist aber gerade „Citizen Science light“ besonders attraktiv, weil sie dank des Internets mit den Methoden des Crowdsourcings Aufgaben bewerkstelligen können, die zuvor jenseits aller technischen und finanziellen Möglichkeiten lagen. Weil viele Freiwillige in kurzer Zeit schaffen, woran ein kleines Forschungsteam von vornherein scheitern würde, werden unmöglich scheinende Fragestellungen möglich.

Das klingt gut, und wenn sich genügend Freiwillige finden, ist daran ja auch nichts auszusetzen, oder? „Doch“, meint Katrin Vohland, „wenn es nur um die Datenbeschaffung geht, müssen wir uns fragen, war-

um wir die Leute nicht dafür bezahlen.“ Die Biologin arbeitet als Expertin für Citizen Science am Berliner Museum für Naturkunde. Sie gehört zum Leitungsteam der Plattform „Bürger schaffen Wissen“ und hat die European Citizen Science Association (ECSA)<sup>\*\*\*</sup> mit aufgebaut. Die „Demokratisierung der Wissenschaft“, ein Kernziel von Citizen Science, werde auch in den nächsten Jahren weiter zunehmen. Angesichts von Stellenstreichungen in Universitäten, Forschungseinrichtungen und Museen müsse man aber darauf achten, dass die Bürgerbeteiligung nicht als Teil eines „neoliberalen Trends zum Outsourcing“ verkommt.

Denn das Ziel der Bürgerwissenschaften ist ein anderes: Sie sind eines der Instrumente, mit der sich die Wissenschaft inmitten der Gesellschaft verankern kann und muss. Sie ist ja selbst Teil davon und bestimmt in großem Maße die Geschicke aller. Es geht hier somit nicht nur um das alte Argument der Bringschuld der Forscherinnen und Forscher den Steuerzahlern gegenüber. Vielmehr geht es um das fundamentale Verständnis wissenschaftlicher Arbeit. Denn es sichert in Zeiten von wachsendem Populismus und Fake News das eigene Urteilsvermögen. Die Einbeziehung von Laien in die wissenschaftlichen Entscheidungsprozesse kann das sicherstellen. Es müsste das ureigene Interesse der Wissenschaft sein.

Tatsächlich gibt es bei bürgerwissenschaftlichen Projekten eine Reihe entsprechender Empfehlungen – etwa von Seiten der ECSA –, verbindliche Richtlinien für die Durchführung vor Ort fehlen aber. „Vielen Forscherinnen und Forschern fehlt das Bewusstsein oder die Zeit, sich mit dem Mehrwert von Citizen Science für die Beteiligten zu befassen“, sagt Vohland. Dabei hat sie durchaus Verständnis für deren Lage. Schließlich liege ein Großteil der Projekte heute in der Hand von Kollegen mit befristeten Arbeitsverträgen, die sich ständig Gedanken um die eigene Zukunft machen müssen. „Die stehen unter großem Druck“, sagt Vohland, „denen können wir keinen Vorwurf machen, wenn sie bei Citizen Science vor allem an die effektive Sammlung großer Datenmengen denken.“



Francesco Tomasini

Dabei sieht Katrin Vohland durchaus Zeichen für einen Kulturwandel. Das stark steigende Interesse von Bürgerinnen und Bürgern, an Citizen-Science-Projekten teilzunehmen, zeuge von einem gesellschaftlichen Momentum. Und das gelte es, zu nutzen. Sie fordert daher, dass der Wissenstransfer von Forschung in die Gesellschaft und umgekehrt rasch zu einem integralen Bestandteil des Studiums wird: „Studierende müssen von Anfang an lernen, dass sie ihre Arbeit öffentlich vermitteln müssen – und wie sie das am besten tun.“ Das gelte für Wissenschaftskommunikation im Allgemeinen genauso wie für das Engagement im Rahmen von Citizen-Science-Projekten.

Um den Austausch mit den Bürgerinnen und Bürgern zu verbessern, braucht es in den Forschungsinstitutionen dann aber auch entsprechende Fachleute, die die Forschenden im Haus beraten und gemeinsam mit ihnen Citizen-Science-Projekte planen, umsetzen und nach Abschluss evaluieren. All das kostet natürlich Geld, das oft gar nicht oder nicht systematisch zur Verfügung steht.

Es gibt Beispiele, die zeigen, wie es funktionieren kann. In Münster etwa. Dort besteht seit 1985 an der Universität die Arbeitsstelle Forschungstransfer (AFO)<sup>\*\*\*\*</sup> – ursprünglich gegründet, um die Hochschule auf Messen zu präsentieren. Bald förderte sie Patente aus dem eigenen Haus und beriet bei der Gründung von Spin-offs. Seit einigen Jahren gehört auch Citizen Science zu ihrem Kerngeschäft. „Für die Universität sind die Bürgerwissenschaften auch ein strategisches Thema“, erzählt Wilhelm Bausch, der das 20-köpfige Team der AFO leitet. Ihm stehen neben einer Sockelfinanzierung auch Sachmittel zur Verfügung – sowie eingeworbene Drittmittel.

Den Erfolg verdankt die AFO auch der regionalen Verankerung ihrer Projekte im Münsterland. „Es gibt hier Leute mit einzigartigem, nirgends niedergeschriebenem Wissen“, sagt Bausch und erzählt von dem Projekt „Fremder Nachbar – Leben im Kalten Krieg im Münsterland“, bei dem sich Menschen mit den Zeugnissen aus der Zeit des Kalten Krieges auseinandersetzen. Es handelt sich um einst geheime Anlagen, die heute teils längst verschwunden sind und um die sich seit jeher viele Gerüchte ranken. Für Historiker ist die Aufarbeitung daher ungemein schwierig. „Doch jetzt bringen wir Menschen, die damals in einem Munitionslager der Bundeswehr arbeiteten, mit jenen zusammen, die vor dem Zaun dagegen demonstrierten – das bringt uns völlig neue Erkenntnisse.“

Gerade wegen dieses regionalen Bezuges – egal ob im geistes- oder naturwissenschaftlichen Bereich – wecken die grundsätzlich öffentlich präsentierten Ergebnisse regelmäßig das Interesse der Medien. „Diese Berichterstattung ist für alle Beteiligten – Forschende wie Laien – ein wichtiger Teil der Anerkennung“, erzählt Bausch. „Am Ende stärken wir so auch das Renommee der ganzen Universität, was uns wiederum für Sponsoren attraktiv macht.“ Ein Kreislauf, der sich von selbst erhält – und von dem langfristig alle profitieren.

**JOACHIM SCHÜRING** ist Geologe, Wissenschaftsjournalist und Redaktionsleiter dieses Magazins

\*\*\*\* [www.uni-muenster.de/AFO/](http://www.uni-muenster.de/AFO/)

\*\* [www.reparakultur.org](http://www.reparakultur.org)

\*\*\* [ecsa.citizen-science.net](http://ecsa.citizen-science.net)

# And the winner is ...

## Der KlarText-Preis für Wissenschaftskommunikation geht in diesem Jahr an drei Forscherinnen und drei Forscher

„Was hast Du da eigentlich gemacht in Deiner Doktorarbeit?“ – um die Antwort auf diese Frage geht es bei KlarText, dem Preis für Wissenschaftskommunikation der Klaus Tschira Stiftung. Denn die Stiftung sucht jedes Jahr junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die eine sehr gute Doktorarbeit geschrieben haben – und die es schaffen, einem breiten, an Wissenschaft interessierten Publikum zu erklären, was sie da geforscht haben.

Eigentlich wird der Preis in sieben Kategorien verliehen: Biologie, Chemie, Geowissenschaften, Informatik, Mathematik, Neurowissenschaften und Physik. Dass es in diesem Jahr nur sechs Gewinnerinnen und Gewinner gibt, liegt an den hohen Ansprüchen der Jury. Im Fachgebiet Mathematik gab es schlichtweg keinen preiswürdigen Beitrag.

Eben diese Jury entscheidet, wer am Ende den Preis erhält und sich über 5000 Euro Preisgeld freuen darf. Übrigens: Wer mitmacht, gewinnt auf jeden Fall. Denn alle Bewerberinnen und Bewerber – also nicht nur die Gewinner – dürfen an einem zweitägigen Workshop „Wissenschaftskommunikation“ des Nationalen Instituts für Wissenschaftskommunikation (NaWik) teilnehmen.

Alle eingesandten Beiträge werden zunächst von Schülerinnen und Schülern der renommierten Deutschen Journalistenschule in München gelesen.

Die fachliche Prüfung erfolgt anschließend durch jeweils zwei Wissenschaftlerinnen oder Wissenschaftler aus den entsprechenden Fachgebieten. Ihr Hauptaugenmerk liegt auf der fachlichen Brillanz. Vor allem prüfen sie, ob es im Beitrag wirklich um die eigene Forschungsleistung geht und nicht etwa allgemeine Prinzipien beschrieben werden.

Am Ende bleiben einige Dutzend Beiträge übrig, die von einer Sprachjury aus Wissenschaftlern und Journalisten unter die Lupe genommen werden. Diese kürt am Ende die Siegerinnen und Sieger.

Bei denen meldet sich bald darauf auch die Redaktion dieses Magazins. Zusammen mit den Autorinnen und Autoren feilen Wissenschaftsjournalistinnen und -journalisten die Beiträge so lange, bis sie druckreif sind. Dabei lernen die Preisträgerinnen und Preisträger viel über das Handwerk professionellen Schreibens und Magazinmachens.

Wer sich im nächsten Jahr um den KlarText-Preis für Wissenschaftskommunikation bewerben will, findet hier alle weiteren Informationen:

[www.klartext-preis.de](http://www.klartext-preis.de)

*Den KlarText-Preis für Wissenschaftskommunikation gibt es seit 1997. Gestiftet wurde er von Klaus Tschira (1940–2015), Physiker und SAP-Mitgründer, als erstes Projekt der Klaus Tschira Stiftung.*

Fotos dieses Artikels: Peter Badge/Typo1



## LUDWIG LUTHARDT

ist Jahrgang 1987 und stammt aus Eberswalde-Finow. Sein Studium der Geologie absolvierte er an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg. Hier promovierte er auch mit der Arbeit „Characterisation and reconstruction of a unique in situ preserved forest ecosystem of early Permian age“. Derzeit erforscht er zusammen mit Kollegen aus Montpellier permische Pflanzen, um mit ihrer Hilfe die Ökosysteme der damaligen Wälder zu verstehen.

Mit seinem Beitrag **Als Chemnitz am Äquator lag** wurde er Preisträger im Fachgebiet Geowissenschaften.

## SIMONE BEHRENS

wurde 1990 in Mainz geboren. Sie studierte Psychologie in Heidelberg und München und ging dann nach Tübingen, wo sie an der Graduate School of Neural & Behavioural Sciences ihren Dokortitel erwarb. Der Titel ihrer Arbeit: „Body Size Estimation in Eating and Weight Disorders“. Derzeit arbeitet sie in der Abteilung für Psychosomatische Medizin und Psychotherapie des Universitätsklinikums Tübingen. Sie ist Gastwissenschaftlerin am Tübinger Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme.

Mit ihrem Beitrag **„Ich weiß ja, dass ich dünn bin“** wurde sie Preisträgerin im Fachgebiet Neurowissenschaften.





## JANA RAUPBACH

ist Jahrgang 1987. Die gebürtige Berlinerin studierte Chemie an der Technischen Universität Dresden und promovierte dort mit der Arbeit „Carbonyl Compounds in Manuka Honey: Antibacterial Activity, Reactions and Metabolic Transit“. Im Anschluss ging sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin an das Deutsche Institut für Ernährungsforschung in Potsdam-Rehbrücke.

Mit ihrem Beitrag **Süße Fälschung** wurde sie Preisträgerin im Fachgebiet Chemie.

## OLIVER MÜLLER

kam 1989 in Basel zur Welt. An der dortigen Universität studierte er zunächst Physik und schrieb schließlich seine Doktorarbeit mit dem Titel „Small-scale cosmology with dwarf galaxies“. Derzeit forscht er mit einem Stipendium des Schweizerischen Nationalfonds an der Université de Strasbourg.

Mit seinem Beitrag **Galaktisches Karussell** wurde er Preisträger im Fachgebiet Physik.



## KATRINA MEYER

wurde 1987 in Berlin geboren. An der Humboldt Universität studierte sie Biophysik. Ihre Doktorarbeit mit dem Thema „A peptide-based interaction screen on disease-related mutations“ erstellte sie am Berliner Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin. Mittlerweile forscht sie am Institut für Molekulare Biologie der Universität Zürich.

Mit ihrem Beitrag **Verirrte Proteine** wurde sie Preisträgerin im Fachgebiet Biologie.

## ANDREAS GRIMMER

ist Jahrgang 1990 und kam im österreichischen Ried im Innkreis zur Welt. Nach seinem Studium der Informatik an der Johannes Kepler Universität Linz promovierte er dort mit seiner Arbeit „Automatic Methods for the Design of Droplet Microfluidic Networks: A Toolbox for Designers“. Danach wechselte er zur Firma Dynatrace, wo er an Lösungen für das Autonomous Cloud Management arbeitet.

Mit seinem Beitrag **Ein ganzes Labor auf einem Chip** wurde er Preisträger im Fachgebiet Informatik.







von LUDWIG LUTHARDT



Peter Badge/Typos1, Senckenberg

Zu Beginn des Perms brach bei Chemnitz ein Vulkan aus und begrub den Wald der Region unter Schutt und Asche. Ein Glücksfall für Geologinnen und Geologen, denn die Bäume sind deshalb bestens konserviert

# Als Chemnitz am Äquator lag

Unter der Stadt in Sachsen stießen Forschende auf einen fossilen Wald aus der Zeit des Perms, konserviert unter meterdicker Vulkanasche. Er gibt Einblicke in das tropische Leben der Region vor 291 Millionen Jahren – sogar von der Aktivität der Sonne in jener Zeit

**R**iesige Farne und 20 Meter hohe Schachtelhalme bedecken das Land. Leguanähnliche Kreaturen huschen durch die Baumkronen, unter denen sich die schwülwarme Luft des Waldes staut, ein zwei Meter langer Tausendfüßer rasselt geräuschvoll durchs Unterholz. Ab und zu trägt der Wind feine Aschewolken eines nahen Vulkans heran. Willkommen in der Welt des Perms. So oder so ähnlich hätte man die Gegend um Chemnitz erlebt, wenn man sie vor rund 291 Millionen Jahren besucht hätte.

Heute liegen die Überreste dieser Welt unter Straßen, Häusern und Plätzen – konserviert infolge eines verheerenden Vulkanausbruchs, der das tropische Paradies in kurzer Zeit mit Asche bedeckte. Ganz ähnlich wie Pompeji, die antike Stadt am Fuße des Vesuvus, die im Jahr 79 n. Chr. samt ihrer Einwohner innerhalb von Stunden unter meterhohen Ascheschichten lebendig begraben wurde. Eine tragische Katastrophe, die es heutigen Archäologen erlaubt, das Leben in der einst florierenden Siedlung bis ins kleinste Detail rekonstruieren zu können. Kein Wunder also, wenn Chemnitz für Paläontologen das „Pompeji des Perms“ ist.

Erforscht wird der Versteinerte Wald schon seit mehr als 250 Jahren. Doch erst seit zehn Jahren wird er mit Unterstützung der VolkswagenStiftung, des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) unter wissenschaftlicher Leitung des Chemnitzer Museums für Naturkunde ausgegraben.

Es begann mit einer sechs Meter tiefen Grube so groß wie ein Basketballfeld, die den Blick freigab auf mehr als fünfzig versteinerte Baumstämme, noch aufrecht an ihrem einstigen Wuchsort stehend und mit ihren Wurzeln verankert im ehemaligen Waldboden. So, als hätten die Zerfallsgesetze der Zeit hier kaum ihre Wirkung entfalten können. Hunderte Kisten voller Fossilien wurden damals geborgen. Sie sind Puzzleteile eines nahezu vollständig erhaltenen Ökosystems. Neben den Überresten unzähliger Pflanzen fanden sich auch versteinerte Schnecken, Skorpione, Spinnen, Tausendfüßer, merkwürdige Amphibien und Synapsiden, reptilienartige frühe Vorfahren der heutigen Säugetiere, die in den Bäumen lebten. Wer sich mit diesen Zeugnissen der Vergangenheit beschäftigt, kann viel erfahren – über die Lebensweise der Pflanzen und Tiere, die Klima-

verhältnisse jener Zeit, die Bedeutung des Waldes in der Landschaft und was ihn von den heutigen Wäldern unterscheidet.

Eine zentrale Rolle spielte hierbei der ehemalige Waldboden. Als Produkt der klimagesteuerten Verwitterung enthält dieser Paläoboden wertvolle Informationen zu den einst herrschenden Umweltbedingungen. Diese sind beispielsweise in Karbonaten und Eisenoxiden gespeichert, die während der Bodenbildung entstanden und Auskunft über jahreszeitliche Schwankungen von Niederschlägen oder Temperaturen geben. So gelang der Nachweis eines saisonalen Klimas, in dem sich jährliche Trocken- und Regenzeiten abwechselten, ähnlich wie in den heutigen Subtropen. Tatsächlich lag Chemnitz damals unweit des Äquators.

Die versteinerten Baumstämme sind so gut erhalten, dass Ludwig Luthardt anhand der Baumringe sogar den 11-jährigen Zyklus der Sonnenaktivität nachvollziehen konnte



Grabungsteam Chemnitz

Weiterhin zeigte der Paläoboden Färbungen und Strukturen, die auf einen hohen Grundwasserspiegel hinweisen. So lässt sich erklären, warum die tropischen Baumfarne, Schachtelhalme und Ahnen der heutigen Nadelbäume die Trockenzeiten überstehen konnten. Der Wald war in der ansonsten eher kargen, steppenähnlichen Landschaft im permischen Mitteleuropa also wie eine sattgrüne Insel des Lebens. Er gedieh an einem günstigen Standort.

Die Verteilung von Natrium, Kalium, Kalzium und Aluminium lässt sogar Rückschlüsse auf die Niederschlagsmengen zu. Demnach fielen in Chemnitz vor 291 Millionen Jahren bis zu 1100 Millimeter Regen pro Jahr (heute sind es etwa 750 Millimeter). Zu Beginn des Perms waren die Niederschlagsraten also mit denen in heutigen subtropischen Regionen Afrikas vergleichbar.

Als besonders wertvoll erwiesen sich auch die „Kieselhölzer“, die die Menschen schon im 18. Jahrhundert begeisterten. Sie sehen noch immer aus wie Holz, sind aber steinhart. Als „Lauen der Natur“ wurden sie zu Schmuck verarbeitet. Uns lieferten sie unter dem Mikroskop Einblicke in die bis ins Detail erhaltenen zellulären Strukturen. Auf diese Weise konnten wir anhand der Jahresringe den jahreszeitlichen Wechsel von Trocken- und Regenzeiten nachvollziehen.

Zur Dechiffrierung dieses hochaufgelösten Klimaarchivs bedienen wir uns der Methoden aus der Dendrochronologie und Dendroökologie. So konnten wir das fossile Ökosystem in seiner dreidimensionalen Erhaltung auch in seiner vierten Dimension, der Zeit, erforschen. Wesentliche Voraussetzung dafür war die rasche Konservierung durch Vulkanasche, die uns garantierte, dass alle Bäume im Wald zeitgleich zugrunde gingen und somit in der Zeit davor denselben Umwelteinflüssen ausgesetzt waren. Noch nie zuvor wurden derart umfangreiche dendrochronologische Studien an fossilem Holz des Erdaltertums durchgeführt.

In den ältesten Bäumen im Versteinerten Wald reichen die Aufzeichnungen bis zu 80 Jahre vor dem Vulkanausbruch zurück. Darin entzifferten wir bei-

spielsweise langanhaltende Dürreperioden. Typische Narben im Holz zeugen zudem von Blitzeinschlägen und Holz verspeisenden Tieren.

Das Spannendste aber war etwas ganz anderes. Bei der Vermessung der Jahresringe fiel nämlich auf, dass diese in verschiedenen Stämmen in regelmäßigen Abständen dünner waren als in der Zeit dazwischen. Das heißt, in diesen Zeitabständen war es damals trockener als üblich. Diese dünneren Ringe fanden sich im Schnitt alle 10,6 Jahre. Aus der heutigen Zeit kennen wir nur ein Phänomen, das diese Periode besitzt: der 11-jährige Zyklus der Sonnenaktivität, die unter anderem durch das regelmäßige Aufflackern der Sonnenflecken gekennzeichnet ist.

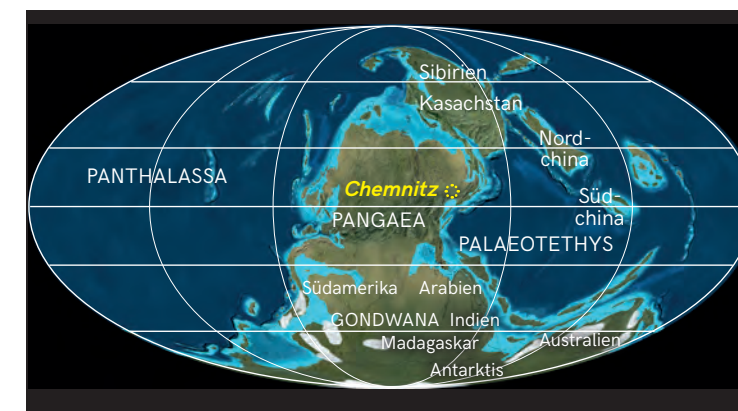
Dies ist beeindruckend, weil der Zyklus der Sonnenaktivität offenbar seit mindestens 300 Millionen Jahren konstant zu sein scheint. Nachweise dieser Art sind in den Klimaarchiven der Erde sehr selten und daher besonders wertvoll. Das älteste Archiv, in dem der 11-jährige Zyklus gefunden wurde, ist ein über eine Milliarde Jahre altes Gestein aus dem heutigen Schottland. Darin erhalten ist die jahreszeitliche Schichtung von Sedimenten in einem damals existierenden See. Diese können genau wie die Jahresringe eines Baumes vermessen und ausgewertet werden.

Dass es so selten gelingt, den 11-jährigen Sonnenzyklus nachzuweisen, liegt daran, dass die durch die erhöhte Sonnenaktivität verursachten Klimaschwankungen extrem gering sind, für uns Menschen sind sie zwar mess-, aber nicht wahrnehmbar. Damit er in Bäumen archiviert wird, müssen spezielle Bedingungen erfüllt sein. Insbesondere müssen bereits kleine Schwankungen der jährlichen Niederschlagsmengen das Wachstum beeinflussen. Das passiert nur, wenn der Boden sehr wasserdurchlässig ist, sodass die Bäume schon nach kurzer Zeit unter Trockenstress geraten, der sich seinerseits in entsprechend schmalen Jahresringen bemerkbar macht.

Doch von all dem wissen die meisten Bewohner und Besucher von Chemnitz nichts, wenn sie nur wenige Meter über dem Versteinerten Wald durch die Fußgängerzonen flanieren. Schade eigentlich.

# Welt in Bewegung

## Woher weiß man eigentlich, wo Chemnitz vor rund 290 Millionen Jahren lag?



© 2016 Colorado Plateau Geosystems Inc.

Seit Beginn des Perms hat Chemnitz mehrere Tausend Kilometer zurückgelegt. Damals lag die Region noch südlich des 15. Breitengrades – so wie heute Caracas oder Manila. Ein Blick auf die Karte jener Zeit offenbart, dass die Erde eher schlicht gegliedert war, in den Superkontinent Pangaea sowie die großen Ozeane Palaeotethys und Panthalassa.

Es gibt viele solche paläogeografischen Karten, die die Entwicklung der Ozeane und Kontinente im Lauf der Erdgeschichte zeigen. Im Daumenkino offenbaren sie, wie die Kontinentalplatten, angetrieben von konvektiven Umwälzungen im heißen Erdmantel, in Hunderten von Millionen Jahren über die Erdoberfläche treiben, sich vereinen und wieder trennen.

Den Karten liegen unzählige Daten von Paläontologen, Mineralogen, Tektonikern und Geophysikern zugrunde. Manche Zusammenhänge erkennen auch Laien auf den ersten

**Nicht wiederzuerkennen: Weltkarte zu Beginn des Perms. Chemnitz lag damals in Äquatornähe**

Blick. So zeugt die Ähnlichkeit der afrikanischen West- und der südamerikanischen Ostküste davon, dass diese Kontinente einst wie Puzzleteile miteinander verbunden waren. Die Gesteine auf beiden Seiten des Südatlantiks belegen das: Sie entstanden zur selben Zeit am selben Ort.

Sedimentgesteine geben Auskunft über Klimaverhältnisse und ob sie an Land oder unter Wasser abgelagert wurden, Fossilien erlauben die Rekonstruktion ganzer Lebensräume sowie, neben radiometrischen Methoden, die Bestimmung des Alters. Von besonderer Bedeutung ist das irdische Magnetfeld, das beim Erstarren bestimmter Minerale konserviert wird. Misst man die Stärke und Richtung der Magnetisierung, lässt sich daraus die geografische Breite bestimmen. --- JS

# „Ich weiß ja, dass ich dünn bin“

Frauen, die unter Magersucht leiden, überschätzen aufgrund eines Wahrnehmungsfehlers ihr Körpergewicht, so die gängige Meinung von Forschenden. Doch neue Untersuchungen zeigen: Die Patientinnen haben offenbar andere Vorstellungen von einem erstrebenswerten Körper



von SIMONE BEHRENS



Hierzulande leidet etwa ein Prozent der Frauen im Alter von 12 bis 35 Jahren unter Magersucht

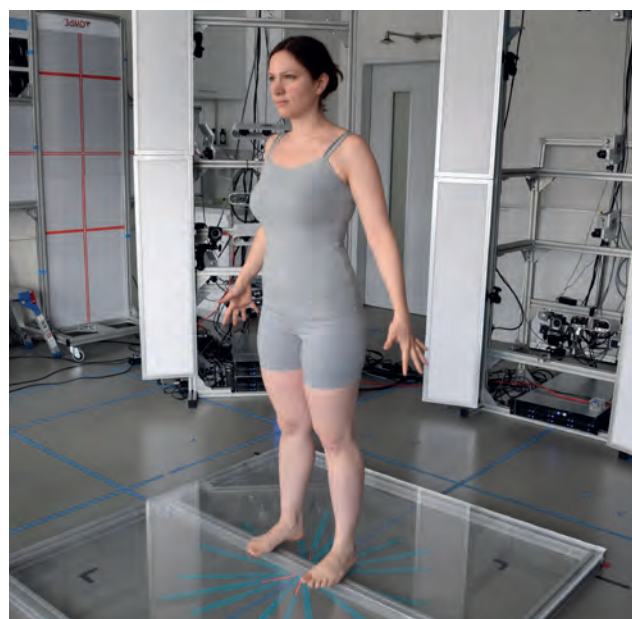
Sandra betritt das Gebäude mit festem Schritt. Interessiert schaut sie sich um, als wir ihr den Körperscanner zeigen. Er besteht aus Projektoren, Kameras und Blitzlichtern, die rund um eine kleine Plattform arrangiert sind. Während sich die 23-Jährige daraufstellt, projiziert der Scanner ein kaum sichtbares Punktmuster auf ihren Körper. Aus diesem entsteht später im Computer ein dreidimensionales Abbild ihres Körpers.

Für die Aufnahmen muss Sandra möglichst eng anliegende Kleidung tragen. Bei der Suche danach landen wir bei Kindergröße 128 – und einigen Sicherheitsnadeln. Es schlabbert sonst an der Hüfte. Dann blitzt es ein paar Mal, und wir bringen Sandra zurück in die Klinik. Wir nehmen den Aufzug, denn Sandra soll sich so wenig wie möglich bewegen. Sonst ist ihr Gewichtsziel gefährdet. Sandra gehört zu dem einen Prozent junger Frauen, die hierzulande unter Magersucht leiden.

Das öffentliche Interesse an der Essstörung ist groß, zugleich sind ihre Ursachen nach wie vor rätselhaft. Die Patientinnen – es sind meist junge Frauen – essen nicht nur zu wenig. Sie haben auch eine Körperbildstörung und große Angst vor der Zunahme. Viele Forschende vermuten, dass eine Art Wahrnehmungsfehler für ihr Streben nach Untergewicht verantwortlich ist. Sie gehen davon aus, dass die Betroffenen Schwierigkeiten haben, ihr Körpergewicht richtig einzuschätzen und daher nicht erkennen, wenn sie ein normales Gewicht erreicht haben.

Dafür sprechen viele Studien, in denen Patientinnen ihre Körperdimensionen überschätzten. Doch als wir diese systematisch auswerteten, wurden wir skeptisch. Die Überschätzung ist nämlich am größten in Studien, in denen Patientinnen ihre Maße gar nicht direkt, sondern abstrakt abschätzen sollten. Dies geschieht oft im Rahmen der Therapie, wenn die Frauen den Umfang ihres Bauches oder ihrer Hüfte mithilfe eines Seils bestimmen sollen. Bei Studien, die auf der Betrachtung von Fotos beruhen, fällt diese Überschätzung hingegen deutlich geringer aus. Dabei wurden den Frauen Bilder gezeigt, die neben der realistischen

Die Autorin Simone Behrens im Körperscanner. Er projiziert ein kaum sichtbares Punktmuster auf den Körper, aus dem im Computer ein dreidimensionales Abbild berechnet wird



Ingo Knopf

Darstellung auch mithilfe eines Bildbearbeitungsprogramms in die Breite gezogen wurden. Doch diese „Gewichtszunahmen“ entsprechen in ihren Proportionen nicht der Realität. Um herauszufinden, ob die Überschätzung wirklich auf Wahrnehmungsproblemen beruht, entwickelten wir eine Methode, mit der wir lebensnahe dreidimensionale Abbilder von Körpern erstellen, die wir dann im Computer naturgetreu zu- oder abnehmen lassen können.

Bevor Sandra in die Klinik kam, hat sie binnen eines Jahres 14 Kilogramm abgenommen. Am Ende aß sie fast gar nichts mehr. Sie ist 1,60 Meter groß und wiegt nur noch 38 Kilogramm. Sie weiß, dass ihr Untergewicht lebensgefährlich ist, eine Erkältung könnte sie umbringen. Um zuzunehmen, soll sie täglich drei Haupt- und drei Zwischenmahlzeiten zu sich nehmen. Jedes Mal muss sie sich zwingen. Zweimal wöchentlich wird sie gewogen, jedes zusätzliche Kilo fühlt sich für sie wie eine persönliche Niederlage an.

Um die Körperbildstörung besser zu verstehen, haben wir 24 Frauen mit Magersucht, darunter auch Sandra, sowie 24 Kontrollprobandinnen zum Fototermin gebeten und zeigen ihnen dann die Bilder. Wir wollen wissen, wie die Frauen auf die dreidimensionalen Abbilder ihres eigenen Körpers sowie die anderer Frauen reagieren. Dabei verändern wir die jeweiligen Körpermaße mithilfe eines Programms, das Tübinger Informatiker am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme und am Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik geschrieben haben.

Geduldig arbeitet sich Sandra durch die verschiedenen Teile des Experimentes. Sie bewertet Gewichtsvarianten ihres digitalen Abbildes, anschließend soll sie sich möglichst genau selbst einschätzen und dann das Bild ihres „idealen Körpers“ auswählen. Nach 30 Minuten fahren wir zurück in die Klinik. Ich muss

sie an den Aufzug erinnern, fast hätte sie die Treppe genommen. Zunehmen kann ganz schön schwierig sein.

Nach Auswertung der Daten war das Ergebnis klar: Keine der Teilnehmerinnen, auch keine der Patientinnen, überschätzte das eigene Gewicht. Stattdessen sahen sich sogar alle etwas dünner, als sie in Wahrheit sind. Statt Fett zu sehen, wo keines ist, übersahen die Teilnehmerinnen Fett, wo sie es nicht sehen wollten. Während sie eine Gewichtszunahme sofort entdeckten, akzeptierten sie auch fünf bis zehn Prozent dünnere Körper bereitwillig als ihren eigenen.

Dass es sich hierbei um einen grundsätzlichen Wahrnehmungsfehler handelt, ist unwahrscheinlich. Bei der Einschätzung einer künstlich generierten anderen Frau lagen die Teilnehmerinnen nämlich alle richtig. Selbst drei Prozent Gewichtsveränderungen fielen ihnen sofort auf.

Deutliche Unterschiede zeigten sich bei der Einschätzung des „idealen Körpers“: Die gesunden Frauen fanden sich selbst in schlankem Normalgewicht am schönsten. Frauen mit Magersucht hingegen gefiel ihre Figur dann am besten, wenn sie zwischen ihrem im Versuch unterschätzten und ihrem tatsächlichen Gewicht lag. Ihr „idealer Körper“ war also extrem untergewichtig. Vielleicht liegt hier der Grund, warum Frauen mit Magersucht häufig äußern, sie fühlten sich trotz ihres Untergewichts gerade richtig oder sogar zu dick. Sie wissen zwar, wie sie aussehen, und können auch Gewichtsunterschiede präzise erfassen. Ihre Vorstellungen von

einem erstrebenswerten Körper weichen aber stark von dem gesunder Frauen ab.

Als ich Sandra von den Ergebnissen erzähle, zeigt sie mir ein Handyfoto. Zu sehen ist eine lebensgroße Zeichnung ihrer Silhouette, die sie in der Kunsttherapie erstellt hat – etwa eineinhalb Mal so breit, als sie wirklich ist. „Ich weiß ja, dass ich dünn bin und wie ich aussehe“, sagt Sandra. Gleichzeitig empfinde sie sich als massig und breit. Körperempfindungen wie ein voller Bauch machten dieses Gefühl oft noch schlimmer. Richtig bewusst geworden sei ihr das erst, als sie sich mit der Zeichnung auseinandergesetzt habe. Es helfe ihr, sich diese unterschiedlichen Körperwahrnehmungen bewusst zu machen und einen Umgang damit zu suchen.

Die Prognose für Patientinnen mit Magersucht ist durchwachsen. Laut Langzeitstudien erholt sich nur etwa die Hälfte der Betroffenen vollständig. Viele erreichen zwar ein gesundes Gewicht, kämpfen aber weiterhin mit ihrer Körperunzufriedenheit und Angst vor Gewichtszunahme. Etwa 10 bis 15 Prozent der Patientinnen sterben an den Folgen der Unterernährung.

Um Patientinnen mit Magersucht besser helfen zu können, müssen die Therapien optimiert werden. Ein Wahrnehmungsfehler im Sinne eines gestörten Erkennens des eigenen Gewichtes, wie ursprünglich vermutet, wäre schwierig zu behandeln. Gegen die „gefühlte Körperfülle“ oder Ängste gibt es bereits bewährte therapeutische Techniken. Bisher werden diese vor allem bei anderen Störungen eingesetzt, lassen sich aber für die Behandlung von Essstörungen entsprechend anpassen. Wir wollen nun verschiedene therapeutische Strategien testen und dabei fragen, wie wir magersüchtigen Patientinnen helfen können, ihre Körperbildstörung zu überwinden – beispielsweise, indem es uns gelingt, dass sie sich an ein simuliertes Normalgewicht in der virtuellen Realität gewöhnen.

## Wie ein Fädchen

Auch Jungen können unter Magersucht leiden. Oft bleibt sie aber unentdeckt



gemeinfrei

„Am vierten Tage endlich gar, der Kaspar wie ein Fädchen war. Er wog vielleicht ein halbes Lot – und war am fünften Tage tot.“ Es ist bemerkenswert, dass es in dieser frühen Beschreibung der Magersucht aus dem Jahr 1845 um einen Jungen ging: den Suppen-Kaspar aus Heinrich Hoffmanns „Struwwelpeter“.

Die Statistik scheint das zu bestätigen. Nur rund acht Prozent aller Magersüchtigen sind demnach männlich. Allerdings endet das Leiden bei Männern öfter fatal. Bei fast jedem Fünften führt es zum Tode (bei den Frauen stirbt jede zehnte).

Ein Grund dafür könnte sein, dass Essstörungen bei Jungen und Männern später auffallen und therapiert werden. Ein anderer, dass männliche Patienten häufiger zusätzlich von Angststörungen oder Depressionen heimgesucht werden und öfter zu Drogen greifen. Überdies hungern Jungen oft aus ande-

„Ich esse keine Suppe! Nein!“ – eine frühe Geschichte der Magersucht

ren Gründen. Während Mädchen besonders dünn sein wollen, streben Jungen eher nach einem idealisierten Männerkörper.

Wie bei der *Anorexia nervosa* nimmt das eigene Aussehen eine überwertige Bedeutung für den Selbstwert ein. Betroffene ordnen daher ihr Ess- und Bewegungsverhalten dem Streben nach dem Wunschaussehen unter. Sie treiben gegebenenfalls bis zur Erschöpfung Sport und hungern extrem. Wie bei der Magersucht haben sie oft kein Krankheitsbewusstsein, obwohl sie ihrem Körper schaden. Da die Folgen weniger augenscheinlich sind, bleibt die Störung oft unentdeckt.

Die Dunkelziffer könnte bei den männlichen Patienten also deutlich höher sein. Das stellt Ärzte vor die Herausforderung, sich auf die geschlechtsspezifisch unterschiedlichen Ausprägungen der Magersucht einzustellen. --- JS

# Süße Fälschung

Der aus Neuseeland stammende Manuka-Honig hemmt Entzündungen und ist deshalb teuer. Für Lebensmittelbetrüger ist das ein lukratives Geschäft. Doch bestimmte Proteine helfen, die Täuscher zu entlarven



von JANA RAUPBACH



Die Bienen dieser neuseeländischen Imker fliegen vor allem die weiß blühenden Manuka-Pflanzen (Hintergrund) an

Peter Badge/Typoosi; Boaz Rottem/Alamy Stock Foto

**K**onzentriert schaue ich auf den Bildschirm. Eine gerade Linie läuft durchs Bild, das Signal eines Chromatographiesystems. Die Vorbereitung der Probe hat ganze fünf Tage gedauert. Mehrfach musste die Substanz in Wasser gereinigt, getrocknet und wieder in Wasser gelöst werden. Dann passiert es: Das Signal steigt an und verweist auf ganz spezielle Proteine, die es nur in einem besonderen Honig aus Neuseeland gibt. Dieser Manuka-Honig ist also ziemlich sicher nicht gefälscht.

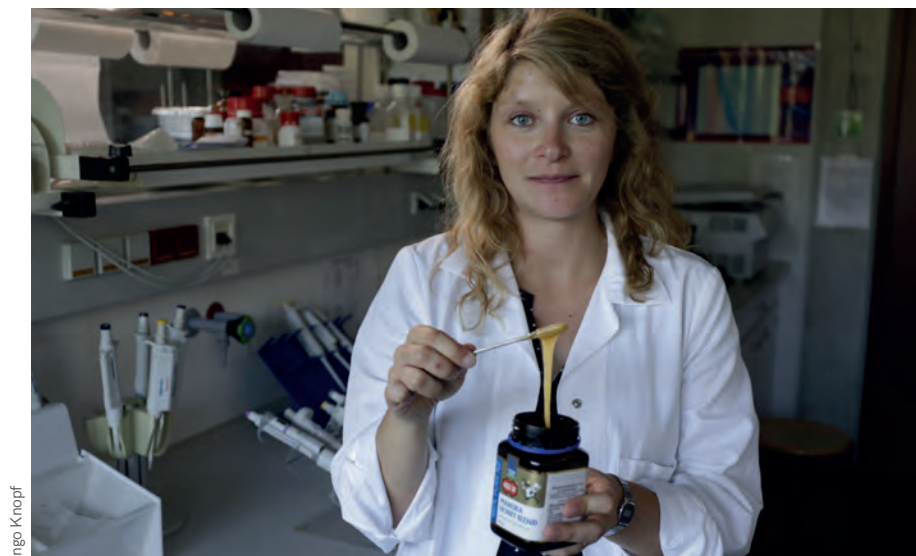
Lebensmittelbetrüger verursachen jährlich einen großen wirtschaftlichen Schaden. Gefährliche Zu-

sätze wie Frostschutzmittel in Weinen werden dank funktionierender Kontrollen in Europa meist zügig aufgedeckt. Rein wirtschaftliche Lebensmittelkriminalität, wie zum Beispiel der Zusatz von günstigem Rapsöl zu hochwertigem Olivenöl, bleibt jedoch häufig unentdeckt. Helmut Tschiersky, Präsident des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, schätzt, dass Betrüger weltweit Gewinne einstreichen, die denen aus dem Drogengeschäft oder dem Menschenhandel entsprechen.

Zu den Lebensmitteln mit besonders hohem Betrugs-potenzial gehört der neuseeländische Manuka-Honig. Er stammt von Bienen, die den Manuka-Baum (das Myrtengewächs *Leptospermum scoparium*) anfliegen. Der Geschmack des Honigs ist gewöhnungsbedürftig und erinnert an Hustensaft. Die Ureinwohner Neuseelands verwenden ihn, um Erkältungen zu lindern und Wunden zu behandeln.

Die Ursache der besonderen, keimtötenden Wirkung des Honigs war lange Zeit unbekannt. Thomas Henle vom Institut für Lebensmittelchemie an der Technische Universität Dresden hatte 2008 eher zufällig hohe Gehalte von Methylglyoxal (MGO) entdeckt. MGO ist eine sehr reaktive, antibakteriell wirkende Verbindung und kommt normalerweise in Lebensmitteln nur in Spuren vor. Die Gehalte im Manuka-Honig sind jedoch um den Faktor 100 höher als in anderen Honigen.

Für Neuseeland war die Entdeckung der antibakteriellen Wirkung von MGO ein echter „Gamechanger“. Mit dem Ruhm stieg auch der Preis: Ein 250-Gramm-Glas des „flüssigen Goldes“ kostet bis zu 60 Euro. Verbraucher, die so viel Geld für ein Glas Honig ausgeben, möchten natürlich sicher sein, dass sie ein authentisches Produkt bekommen. Authentisch heißt: Der Honig muss aus Neuseeland stammen und aus dem Nektar der Manuka-Pflanze gewonnen worden sein.



Ingo Knopf

Die wertsteigernde Komponente ist – wegen seiner antibakteriellen Wirkung – das MGO.

Der Manuka-Honig erfreut sich großer Beliebtheit. Experten schätzen, dass jährlich höchstens 2000 Tonnen Manuka-Honig produziert werden. Berichten zufolge liegt die weltweite Verkaufsmenge allerdings bei über 10000 Tonnen. Nicht alles was glänzt, ist Gold – oder in diesem Fall Manuka-Honig.

Die Fälschungen sind also ein recht lukratives Geschäft. Da MGO leicht und preiswert herzustellen ist, liegt zudem der Verdacht nahe, dass Honigproduzenten einen minderwertigen Honig mit synthetischem MGO „aufwerten“ könnten. Unser Ziel war daher, den echten vom falschen Manuka-Honig zu unterscheiden.

Die einfache Messung des MGO-Gehaltes reicht dafür nicht aus, weil sich natürliches und künstliches MGO nicht ohne Weiteres unterscheiden lassen. Unsere Ausgangshypothese lautete daher: Wenn Manuka-Honig von Natur aus MGO beinhaltet und andere Honige nicht, müssten im Lauf der Honigreifung MGO-spezifische Reaktionsprodukte entstehen, die ausschließlich im Manuka-Honig vorkommen können.

Um dies zu überprüfen, zerlegten wir Manuka-Honig und konventionelle Honige auf chemischem Wege in ihre Einzelbestandteile. Zucker und Wasser machen 97 Prozent der Honigmasse aus. Spannend sind die verbleibenden drei Prozent. Diese enthalten Proteine sowie zahlreiche andere Pflanzeninhaltsstoffe, die – wie ein Fingerabdruck – für jeden Honig individuell zusammengesetzt sind.

Bei den Proteinen handelt es sich um verhältnismäßig große Moleküle, die aus sich wiederholenden Grundbausteinen bestehen: den Aminosäuren. Im Rahmen verschiedener chemischer Reaktionen, an denen beispielsweise MGO beteiligt ist, können einzelne Proteinstrukturen miteinander reagieren und sich vernetzen. Dabei entstehen noch größere Moleküle. In Lebensmitteln beeinflussen diese hochmolekularen, bräunlichen Verbindungen häufig die Farbe des Produktes.

Für uns waren diese vor allem interessant, da sie auf das Vorhandensein von MGO und eine daraus abgeleitete Proteinvernetzung hinweisen. Um das Vorkommen von vernetzten Proteinen zu untersuchen, nutzten wir jenes chromatografische Verfahren, eine Trennmethode, mit der man große und kleine Moleküle voneinander unterscheiden kann. Dabei zeigte sich, dass im Manuka-Honig deutlich größere Makromoleküle vorkommen als in konventionellen Honigen. Im Manuka-Honig laufen also andere chemische Reaktionen ab als in Honigen ohne natürliches MGO. Für Fälscher bedeutet dies: Wer einem billigen Honig nur MGO hinzufügt, könnte dennoch überführt werden.

Doch was ist, wenn die Fälscher sich auch diesen typischen Proteincocktail besorgen? Dazu muss man wissen, wie diese chemische Signatur des MGO im Manuka-Honig entsteht. So konnten wir nachweisen, dass einzelne Aminosäuren mit MGO reagieren und dabei spezifische Reaktionsprodukte entstehen. Die Reaktion läuft sowohl mit frei vorkommenden Aminosäuren im Honig ab, wie wir beispielsweise

Auch wenn Fälscher dem Manuka-Honig die entzündungshemmende Substanz künstlich zusetzen, kann Jana Raupbach das erkennen. In der Zukunft könnte dies sogar per Schnelltest funktionieren

für die Aminosäure Prolin zeigen konnten, als auch mit Aminosäuren, die in der Proteinstruktur gebunden sind. Am Ende entstehen dabei so viele neue Reaktionsprodukte, deren künstliche Herstellung so aufwendig und teuer wäre, dass sich die Fälschung nicht mehr lohnt.

Doch entstehen diese Reaktionsprodukte nicht auch, wenn man MGO künstlich zusetzt? Tatsächlich findet sich diese einzigartige Mischung auch in Honigen, denen wir künstliches MGO zugesetzt hatten – allerdings lange nicht in dem Maße wie im echten Manuka-Honig. Das sind schlechte Nachrichten für Fälscher.

Übrigens haben diese sekundären Proteinnetzwerke im Manuka-Honig eine besondere Eigenschaft: Sie fluoreszieren. Und damit könnten sie in Zukunft sogar einen Schnelltest möglich machen, der sich ohne aufwendige Laborausstattung vor Ort einsetzen ließe. Weil diese Proteinnetzwerke in konventionellen, aber auch in gefälschten Honigen in viel geringeren Mengen vorkommen, leuchtet ein echter Manuka-Honig viel stärker als ein konventioneller – und auch mehr als einer, dem künstliches MGO hinzugefügt wurde. Doch bis es in der Praxis bewährte Prüfverfahren gibt, geht der Schwindel wohl weiter. Die oben genannten Zahlen des neuseeländischen Ministeriums lassen vermuten, dass nur jedes fünfte bis sechste Glas echten Manuka-Honig enthält. Dem Verbraucher bleibt vorerst nur, auf offizielle Zertifikate der neuseeländischen Regierung zu achten. Im Internet finden sich überdies Listen mit den Namen zuverlässiger Hersteller.

## „Jedes Lebensmittel kann gefälscht sein“

Ein Gespräch mit Helmut Tschiersky, Präsident des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit



Claudius Pflug/BVL

### Welcher Fall von Lebensmittel-fälschung ist Ihnen besonders gut in Erinnerung?

Der bekannteste Fall aus den letzten Jahren dürfte der „Pferdefleischskandal“ gewesen sein, bei dem als Rindfleisch deklarierte Produkte Pferdefleisch enthielten. Der Fall betraf mehrere europäische Staaten und führte letztendlich auch zu einer Überarbeitung der in der EU für Lebensmittel geltenden Kontrollvorschriften.

### Welche Gefahren gehen von solchen Fälschungen aus?

Sie können ein gesundheitliches Risiko darstellen, zum Beispiel wenn ein Produkt unter unhygienischen Bedingungen hergestellt oder mit gesundheitsschädlichen Stoffen oder Allergenen verfälscht wird. Betrogen werden kann jedoch auch einfach durch falsche Herkunftsangaben oder Qualitätsgrade, die das Produkt höherwertiger erscheinen lassen. In diesem Fall besteht eher die Gefahr eines wirtschaftlichen Schadens.

### Wie wahrscheinlich ist es, dass ich im Supermarkt ein gefälschtes Lebensmittel kaufe?

Jedes Lebensmittel kann gefälscht sein. Wie hoch der Anteil gefälschter Lebensmittel im Handel ist, ist nicht bekannt. Das Risiko für Verfälschungen steigt mit deren Verarbeitungsgrad und der Komplexität der Lieferkette. Der Verbraucher hat kaum eine Chance, gut gefälschte Lebensmittel zu erkennen.

### Wie kommen Sie den Fälschern auf die Spur?

Wichtig ist die enge Vernetzung von Behörden der Lebensmittelüberwachung, der Strafverfolgung, der Zollverwaltung und spezialisierter Forschungseinrichtungen. Das Nationale Referenzzentrum für authentische Lebensmittel zum Beispiel koordiniert die Erforschung von Analysemethoden. International beteiligt sich Deutschland an den OPSON-Operationen, die das Ziel haben, Lebensmittelfälschungen weltweit aufzudecken. --- JS



Fotos dieses Artikels: Fabian Zapotnik

# „Ins Ungeschützte hinaustreten“

Beide schlüpfen ständig in neue Rollen: Martina Gedeck als Schauspielerin und Günther M. Ziegler in seiner Funktion als Forscher, Lehrer und Präsident der Freien Universität Berlin. Ein Gespräch über Konzentration, Präsenz – und Leidenschaft

Günther M. Ziegler, Präsident der Freien Universität Berlin, und die Schauspielerin Martina Gedeck

**Frau Gedeck, Sie verkörpern in jedem Film oder Theaterstück eine andere, Ihnen wesensmäßig oft fremde Figur. Wie tasten Sie sich an eine neue Rolle heran?**

**Gedeck:** Ich arbeite das Material, meist einen Text, sehr genau durch, lerne seine Möglichkeiten und Verbindungen zur Gegenwart aus. Natürlich lerne ich ihn. Seine Worte und Sätze müssen im Körper angesiedelt sein und mit völliger Natürlichkeit aus mir herauskommen. Texte sind für mich wie Blätter, die auf dem Wasser liegen. Das Wasser ist das, worum es eigentlich geht – Sätze sind wie die Spitze eines Eisberges. Meine wesentliche Arbeit ist, ihn zu erforschen und den emotionalen Unterbau zu erreichen.

**Haben Sie dabei das Publikum schon im Hinterkopf?**

**Gedeck:** Oft erarbeite ich Texte laut, um mir gewahr zu sein, dass ich mich an jemanden richte, den ich für diese Figur interessieren möchte. Zwischen diesem „Jemand“ und mir muss ein Dialog entstehen, eine Verbindung.

**Herr Ziegler, Sie sind Mathematiker und „bespielen“ die akademische Bühne seit 2018 in der Rolle als Präsident der Freien Universität Berlin. Kann man von beruflichen Gemeinsamkeiten mit Frau Gedeck sprechen?**

**Ziegler:** Sicher, ja. Mir ist bewusst, dass ich jetzt, in meiner neuen Funktion, eine andere Rolle habe, in der ich etwas repräsentiere – nämlich eine große und renommierte Universität. Dazu gehört dann auch eine bestimmte Arbeitskleidung, sozusagen ein Kostüm. Dafür habe ich mir einige neue Anzüge besorgt, als Matheprofessor bin ich in Hemd und Jeans genauso gut angezogen gewesen, Anzüge waren im Alltag eher eine Ausnahme.

**Wenn es jemandem gelingt, den Funken zum Publikum überspringen zu lassen, ist oft von Präsenz die Rede. Auch Forschende sprechen vor vollen Hörsälen – wie wichtig ist diese Eigenschaft in der Wissenschaft?**

**Ziegler:** Man geht in die Wissenschaft, weil man spezifische Talente dafür hat, besondere Fähigkeiten, Neugier und Ehrgeiz, etwas herausfinden zu wollen. Am Ende aber muss man seine Arbeit erklären können und es schaffen, sie anderen überzeugend darzustellen, zum Beispiel, dass man etwas Spannendem

auf der Spur ist. Man muss das Interesse für die Arbeit und die Ergebnisse wecken, im besten Fall begeistern. Sonst wird man nicht erfolgreich. Das braucht Übung. Erfahrung ist in der Forschung, aber auch auch in der Lehre wichtig.

**Ist Bühnenpräsenz Gabe oder Übung, Frau Gedeck?**

**Gedeck:** Ich finde, jeder Mensch hat Präsenz – manchen fällt es bloß leichter, mit anderen in Kontakt zu treten. Eigentlich geht es darum, eine Aufgabe mit der eigenen Authentizität, dem eigenen Willen zu füllen und ins Offene, Ungeschützte hinauszutreten. Ohne eigene Haltungen nutzen einem weder die Rolle noch das Kostüm. Die Menschen verlieren dann das Interesse, selbst wenn man stimmlich gut und verständlich spricht. Greta Thunberg zum Beispiel spricht sehr leise und hat das Sprechen nicht gelernt. Aber wenn sie auftritt, hört man ihr zu. Sie ist glaubwürdig. (Zu Ziegler:) Ich finde in diesem Zusammenhang interessant, dass Sie jetzt etwas Neues machen und sich darin genauso bewegen wie vorher.

**Ziegler:** Ja, denn ich kenne die Universität seit vielen Jahren als Wissenschaftler, und meine Agenda, also was ich als Präsident bewegen will, kommt aus diesem Verständnis für die Einrichtung und ihre Mitglieder. Das hilft mir, authentisch zu handeln. Im Kern will ich immer noch dasselbe, nur in anderer Funktion.

**Jetzt sind Sie Wissenschaftskommunikator, sprechen für und über Forschung und Lehre. Können Sie in wenigen Sätzen erklären, worüber Sie als Mathematiker forschen?**

**Ziegler:** Darauf gibt es eine ganz einfache, ehrliche Antwort: Nein. Was ich als Mathematiker mache, ist kompliziert und technisch. Dass wir diese Schwierigkeit ernst nehmen, ist die Voraussetzung für Kommunikation. Es bedeutet, dass wir uns als Gesprächspartner gegenseitig ernst nehmen. Um Ihre Frage beantworten zu können, brauchen wir Zeit, eine sprachliche Basis und den Willen, uns nicht von dieser Herausforderung abschrecken zu lassen.

**Wird die Kommunikation bei allgemeineren mathematischen Themen dann leichter?**

**Ziegler:** Ich mache eine Unterscheidung: „Mathematik erklären“ kann man an Schule und Universität. Wenn ich aber öffentlich



kommuniziere, dann kann ich eigentlich nur „von Mathematik erzählen“. Es gibt genug Geschichten, die ihre enorme Bedeutung vermitteln: Warum wir eigentlich ein bisschen mehr über Mathematik wissen sollten und darüber, was man mit mathematischen Methoden machen kann.

**Gedeck:** Ich habe Mathematik in der Schule immer unheimlich aufregend gefunden. Aber dann verliert man als normaler Mensch den Kontakt zu ihr. Man weiß, es gibt sie und dass viele Menschen so wahnsinnig verliebt in sie sind, interessanterweise oft auch Künstler oder Musiker. Und dass sie Zusammenhänge schafft und überall dahintersteckt.

**Ziegler:** Ich finde schön, wie Sie strahlen, wenn Sie über Mathematik reden. Das ist wirklich großartig. Ich glaube, Mathematik ist eigentlich eine sehr emotionale Sache: Es gibt ja auch Einzelne, die sagen, sie hätten die Mathematik schon immer gehasst.

#### **Mit Science Slams und Ted Talks haben theatralische Liveformate in die Wissenschaftskommunikation Einzug gehalten. Was halten Sie davon?**

**Ziegler:** Wenn ich Begeisterung wecken will, brauche ich ein Eventformat. Aber wenn ich Mathematikvorlesungen halte, bin ich unglaublich altmodisch. Weiße Kreide auf einer grünen Tafel eignen sich hervorragend, um Mathematik zu erklären. Außerdem braucht es Zeit: zum Wiederholen, zum Kapieren, zum Visualisieren, zum Durchdringen und um Verständnis zu entwickeln. Menschen nehmen Wissen auf unterschiedliche Weise auf.

#### **Es gibt Kurse für Schulkinder, in denen sie lernen, zu lernen. Heißt das, dass man ihnen nicht mehr genügend Zeit gibt, zu entdecken, wie man lernt?**

**Gedeck:** Viele Menschen wissen nicht mehr, dass Lernen ein Prozess ist.

**Ziegler:** Eine der Grundfähigkeiten, um in der Wissenschaft etwas zu bewegen, ist Konzentrationsfähigkeit. Die Amerikaner haben dafür das schöne deutsche Wort „Sitzfleisch“ übernommen. Sich hinsetzen, sich konzentrieren und fokussieren, an der Sache dranbleiben, bis man weitergekommen ist. Und nicht zwischendurch E-Mails checken und die Welt retten ...

**Gedeck:** Das geht nicht!

**Ziegler:** Das geht nicht, und ich schimpfe mich selber dafür aus, wenn ich merke, dass mir das verlorengeht. Dass mir das ...

**Gedeck:** ... zerfasert.

**Ziegler:** Genau, diese Zerfaserung ist tödlich, wenn man wirklich etwas herauskriegen möchte. Ich erinnere mich gut an meine erste wissenschaftliche Publikation, Mitte der 1980er-Jahre, als Doktorand am MIT (Massachusetts Institute of Technology, *die Red.*). Ich hatte mich an einem Samstag früh morgens hingesetzt und mich in eine bestimmte Fragestellung verbissen. Erst habe ich noch meine Simon & Garfunkel-Kassette immer wieder umgedreht. Aber dann brauchte ich auch diesen Klangteppich nicht mehr, so vertieft war ich – allein in der Wohnung, mit Papier und Tinte. Nachmittags um vier hatte ich das Problem gelöst.

#### **Das war vor Internet und Mobiltelefon. Was raten Sie beiden jungen Menschen, die heute auf ihren jeweiligen Feldern etwas erreichen wollen?**

**Ziegler:** Das ist vielleicht nicht bei jedem so, aber für mich ist die erste Voraussetzung: an den Schreibtisch – und erst einmal abräumen, Übersicht schaffen, Ablenkungen beseitigen! Ich glaube auch, dass es wichtig ist, immer wieder mal ein Buch von Anfang bis Ende durchzulesen, um zu erfahren, was es bedeutet, an einer Sache dranzubleiben.

**Gedeck:** Ich brauche einen absoluten Raum, in dem ich arbeite. Ich schreibe mir alle meine Texte und Dialoge in ein kleines

Büchlein, das ich bei mir trage. Die Ablenkung ist heute größer, aber Leidenschaft gibt es immer noch: Plötzlich entdeckt man etwas, das einen völlig unabhängig von Verpflichtungen oder von Aufgabenstellungen ganz und gar beschäftigt. Diesen Weg gingen und gehen wenige. Aber sie – Bruno Ganz oder Hannelore Elsner beispielsweise – werden bleiben.

#### **Sorgt Leidenschaft für Frustrationstoleranz?**

**Gedeck:** Ich arbeite einfach jeden Tag. Manchmal geht es gar nicht, manchmal komme ich sehr weit, manchmal geht ein Knoten auf, oder mir wird plötzlich ganz was anderes klar. Wenn ich mich permanent mit etwas befasse und es dann für bestimmte Zeit ruhen lasse, fängt es plötzlich von selber an, in mir zu arbeiten, ohne dass es mich anstrengt. Das ist wie bei einem Ölgemälde, es sind verschiedene Schichten, dann hat die Farbe plötzlich eine Tiefe. Und auf einmal hast du etwas gefunden, was trägt, was schön ist und wo du dann merkst, jetzt ist es da.

**Ziegler:** Ich finde, das ist auch eine großartige Beschreibung für die Mathematik.

**Gedeck:** (Lacht) Ist das bei Ihnen auch so?

**Ziegler:** Ja. Und es gibt noch einen Aspekt, der bei uns ähnlich sein dürfte – die Bedeutung von Erfahrung. Man fängt mit 50 Jahren auf einer anderen Ebene an als mit 20. Ich habe heute einen ganz anderen Blick auf Probleme, für deren Lösung und den Weg dahin. Es ist ein anderes, effektiveres Arbeiten, selbst wenn man nicht mehr die gleiche Konzentrationsfähigkeit hat wie früher. Und es kommt auch etwas anderes dabei heraus.

**Gedeck:** Richtig. Das ist das große Glück.

**Ziegler:** Deswegen ist es auch nicht so, dass man 50 Jahre lang dasselbe macht, immer gleich agiert. Ich habe das Bewusstsein, dass ich eine einzigartige, immer weiter wachsende Sammlung von Erfahrungen habe, auf die ich zugreifen kann.

Und habe damit auch einzigartige Sichtweisen auf Dinge, über die ich kommuniziere.

*Die Fragen stellte Annette Zerpner*

**Martina Gedeck** absolvierte ihre Schauspielausbildung an der Universität der Künste Berlin. Ihr Theaterdebüt gab sie am Frankfurter Theater am Turm, es folgten Engagements in Hamburg, Basel und Berlin. Gleichzeitig startete sie ihre Karriere als Filmschauspielerin. Für ihre erste Hauptrolle im Fernsehrama „Die Hölleisengretl“ wurde sie mit dem Bayerischen Fernsehpreis ausgezeichnet. Seither bekam sie nahezu alle bedeutenden Filmpreise, vom Grimme-Preis bis zum Stern auf dem Boulevard der Stars. International bekannt wurde sie vor allem mit „Bella Martha“, dem Oscar-prämierten Film „Das Leben der Anderen“ und dem Oscar-nominierten Film „Der Baader Meinhof Komplex“.

**Günter M. Ziegler** ist Professor für Mathematik und Präsident der Freien Universität Berlin. Dort forscht und lehrt er über Aspekte der Diskreten Geometrie und Fragen der Algebraischen Topologie. Dafür wurde er 2001 mit dem Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) ausgezeichnet. Neben vielen anderen Auszeichnungen erhielt Ziegler für sein Engagement für ein vielfältiges und lebendiges Bild der Mathematik in der Öffentlichkeit 2008 den renommierten, von der DFG ausgeschriebenen „Communicator-Preis – Wissenschaftspreis des Stifterverbandes“. Er ist Kuratoriumsmitglied der Klaus Tschira Stiftung und Autor mehrerer allgemein verständlicher Bücher.



Blick durchs Fischaugenobjektiv: Die Milchstraße am Himmel über dem Cerro Tololo Inter-American Observatory am Rande der chilenischen Atacama-Wüste



Peter Badge / Typos1, Science Photo Library / Tafreshi, Babak

# Galaktisches Karussell

Galaxien wie die Milchstraße sind von kleinen, nur schwer zu beobachtenden Zwerggalaxien umgeben. Die verhalten sich offenbar völlig anders als erwartet – und könnten sogar das kosmologische Standardmodell ins Wanken bringen

Seit dem Urknall vor knapp 14 Milliarden Jahren brachte unser Universum Milliarden von Galaxien hervor, von gigantischen Spiralgalaxien, wie unsere Milchstraße eine ist, bis hin zu winzigen, eher unscheinbaren Zwerggalaxien. Diese Zwerge leuchten so schwach, dass sie durch die Erdatmosphäre hindurch nur schwer zu beobachten sind. Dennoch stellen sie den häufigsten Galaxientyp – und sind deshalb überaus wertvolle Studienobjekte.

Besondere Aufmerksamkeit wird ihnen jedoch zuteil, seit sich herausstellte, dass sie so stark wie kein anderer Galaxientyp durch die sogenannte Dunkle Materie beeinflusst werden. Dabei handelt es sich um geheimnisvolle Materie, die sich einerseits gravitationell wie die normale, sicht- und anfassbare Materie verhält, andererseits aber unsichtbar ist. Rund 80 Prozent des Universums bestehen aus dieser Dunklen Materie, die sich nur anhand ihrer Anziehungskräfte offenbart.

Dass diese Zwerggalaxien etwas Besonderes sind, zeigt sich in verschiedenen Abweichungen vom Standardmodell der Kosmologie, das die Entstehung und Entwicklung des Universums seit dem Urknall beschreibt. Dieses geht nämlich unter anderem

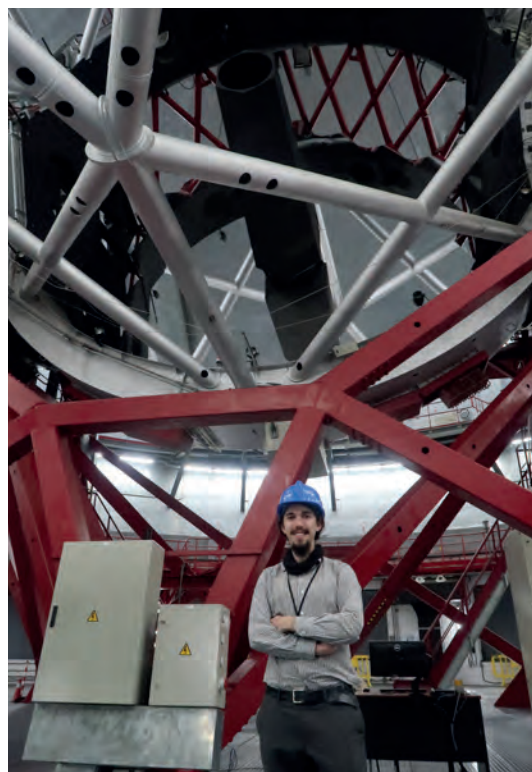
davon aus, dass jede große Galaxie von einer kugelförmigen Wolke aus Dunkler Materie umgeben ist, dem sogenannten Halo. Um die Langzeitwirkungen der Dunklen Materie zu studieren, benutzen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler rechenstarke Supercomputer, die, gefüttert mit den Anfangsbedingungen des Universums, ihre Entwicklung über Milliarden Jahre berechnen. Am Ende dieser Simulationen verfügen große Galaxien stets über Hunderte von Zwerggalaxien, die sie wie ein Schwarm Bienen umschwirren.

Das gilt auch für die Milchstraße – nur kennen wir aufgrund ihrer schlechten Sichtbarkeit bisher gerade einmal eine Handvoll dieser kleinen Galaxien. Und die sind seltsamerweise ganz anders verteilt, als es die Simulationen vorhersagen. Im Halo der Milchstraße, wo eigentlich ein schwarmähnliches Durcheinander herrschen sollte, finden wir Ordnung: Die Zwerggalaxien kreisen nämlich auf gleichen Bahnen und in gleichem Drehsinn um die Milchstraße herum – so wie die Planeten unseres Sonnensystems um das Heimatgestirn. Die Häufigkeit, dass die Computersimulationen eine solche Konstellation ergeben, liegt bei weit unter einem Prozent. Da fragt man sich natürlich zunächst einmal, ob und was in diesen Computermodellen grundlegend falsch läuft.



von OLIVER MÜLLER

Oliver Müller will seine Analyse von Zwerggalaxien systematisch ausweiten. Dazu wird er das Gran Telescopio Canarias (im Bild) auf La Palma nutzen. Mit einem Durchmesser von 10,4 Metern ist es das größte optische Teleskop der Welt



privat

Die Milchstraße sei eben ein statistischer Ausreißer – dies war lange Zeit Konsens im Forschungsbetrieb. Doch als ein Team um Rodrigo Ibata von der Universität de Strasbourg 2013 herausfand, dass sich auch die Zwerggalaxien unserer Nachbargalaxie – dem „Andromedanebel“ – perfekt in eine rotierende Ebene einordnen, wurde aus „Einmal ist keinmal“ plötzlich „Zweimal ist keinmal“. Doch weil nicht sein kann, was nicht sein darf, wurde kurzerhand unsere gesamte Lokale Gruppe, die aus Milchstraße, Andromedagalaxie und weiteren kleineren Galaxien besteht, zu einer Laune der Natur deklariert.

Doch Bruno Binggeli von der Universität Basel, Helmut Jerjen von der Australian National University und mir war dieser „Zufall“ suspekt, und so machten wir uns auf die Suche nach Zwerggalaxien außerhalb unserer Lokalen Gruppe. Dafür benutzten wir die Dark Energy Camera an einem 4-Meter-Teleskop des Cerro Tololo Inter-American Observatory in Chile. Unser Ziel: Centaurus A, eine elliptische Galaxie, die etwa fünfmal so massereich ist wie die Milchstraße. Sie ist ihr nächster Nachbar und am Südhimmel zu sehen.

Weil die Zwerggalaxien so extrem schwach leuchten, war eine Bildanalyse mithilfe des Computers fast unmöglich. Sie führte zu Tausenden von falschen Detektionen. Für neuronale Netzwerke, wie sie sonst gerne in der Bilderkennung angewendet werden, fehlten uns hingegen die dafür notwendigen Trainingsdaten. Deshalb entschieden wir uns für das offenbar geeignetste Instrument überhaupt: unsere Augen. Selbst unauffällige und leuchtschwache Objekte können wir im verrauschten digitalen Abbild des Nachthimmels besser entdecken als jedes Computerprogramm. Lediglich spezielle Bildbearbeitungsfilter, wie sie in jedem Bildbearbeitungsprogramm zu finden sind, halfen uns, die Objekte schärfer zu zeigen und manch Unsichtbares sichtbar zu machen. Am Ende entdeckten wir 60 neue

Zwerggalaxien und verdoppelten damit die Anzahl der bekannten Zwerge um Centaurus A.

Zeitgleich fand ein Team um Brent Tully vom Institute for Astronomy in Hawaii heraus, dass sich auch die bereits bekannten Zwerggalaxien um Centaurus A in einer relativ flachen Struktur aufhalten.

Weil wir von der Erde aus genau auf die Kante dieser Zwerggalaxienebene schauen, konnten wir die Bewegungen der Zwerge recht einfach untersuchen. Das Ganze gleicht einem Kinderkarussell auf dem Jahrmarkt: Wenn wir davorstehen, sehen wir, wie sich die Kinder auf der einen Seite von uns weg und auf der anderen Seite auf uns zu bewegen. Bei 16 der bekannten Zwerge um Centaurus A hatten wir es leicht, zu ihnen gab es in der Literatur bereits Geschwindigkeitsmessungen. Und tatsächlich: Im Norden von Centaurus A entfernen sich die Zwerge von uns, im Süden bewegen sie sich auf uns zu – wie bei einem galaktischen Karussell.

Somit konnten wir nachweisen, dass die Zwerggalaxien nicht nur die Milchstraße und den Andromedanebel, sondern auch Centaurus A in geordneter Bahn umkreisen. Dies ist also bereits das dritte System von bisher drei untersuchten Galaxien, das dem Stan-

dardmodell der Kosmologie widerspricht. Dreimal ist keinmal? Das ist kaum zu glauben, zumal Marcel Pawlowski vom Leibniz-Institut für Astrophysik in Potsdam auch im Fall von Centaurus A errechnete, dass die Wahrscheinlichkeit für eine solche Kreisebene bei weniger als einem Prozent liegt.

So wie es aussieht, klaffen die Simulationen des kosmologischen Standardmodells und unsere Beobachtungen deutlich auseinander. Die Gründe dafür können sein: Erstens, unsere Beobachtungen sind trotz der statistischen Datenlage eine Laune der Natur, und wir haben rein zufällig nur jene Zwerggalaxien beobachtet, die alle auf einer Ebene um das zentrale Sternsystem kreisen. Zweitens, das zugrundeliegende theoretische Modell zur Entwicklung der Dunklen Materie ist zwar korrekt, aber die entsprechenden Simulationen im Computer sind falsch umgesetzt oder noch nicht ausgereift genug, um unsere Galaxiensysteme zu beschreiben.

Drittens – und das wäre in der Tat spektakulär –, das theoretische Modell der Dunklen Materie ist falsch. Und das hieße, dass das Standardmodell der Kosmologie, das auf den Gravitationsgesetzen von Albert Einstein basiert – also seiner Allgemeinen Relativitätstheorie – das Universum nicht angemessen beschreiben kann.

Doch bevor wir zu diesem Schluss kommen, müssen wir systematisch weitere Galaxiensysteme beobachten und vermessen. Entscheidend ist dabei die Frage, ob sich unsere jetzigen Ergebnisse mit neuen Beobachtungen statistisch absichern lassen. Denkbar ist auch, dass die Gravitationstheorie derart modifiziert wird, dass sie ohne die Dunkle Materie auskommt. Solche Modelle gibt es bereits, auch lassen sich mit ihnen Bewegung und Verteilung unserer Zwerggalaxien beschreiben, jedoch stolpern sie über andere fundamentale Probleme.

## Im Dunkeln tappen

Manche Astrophysiker bezweifeln die Existenz der Dunklen Materie



NASA/TANAMI/Müller et al.

Isaac Newton hat damit angefangen. Er formulierte 1686 das Gravitationsgesetz und erklärte damit als Erster die Schwerkraft auf der Erde sowie die Bewegungen der Planeten um die Sonne. Bei genauer Betrachtung beschreibt es die Verhältnisse im Weltall aber eben doch nicht exakt. Erst 1915 konnte Albert Einstein die kleinen Abweichungen in seiner Allgemeinen Relativitätstheorie erklären.

Doch dann beobachteten Astronomen in den 1930er-Jahren, dass sich auch Sterne in Galaxien und Galaxien in Galaxienhaufen schneller bewegen, als Einsteins Theorie zulässt. Der Schweizer Astronom Fritz Zwicky (1898 – 1974) postulierte daher die Existenz „Dunkler Materie“. Diese verhalte sich wie ganz normale Materie auch, sei aber unsichtbar – weshalb sie bis heute immer nur indirekt nachgewiesen werden konnte. Und zwar durch ihre Schwerkraft, mit der sie die sichtbaren Sterne und Galaxien beeinflusst.

Woraus sie besteht, weiß jedoch niemand; viele Physiker vermuten subatomare Teilchen dahinter, die heute noch niemand kennt.

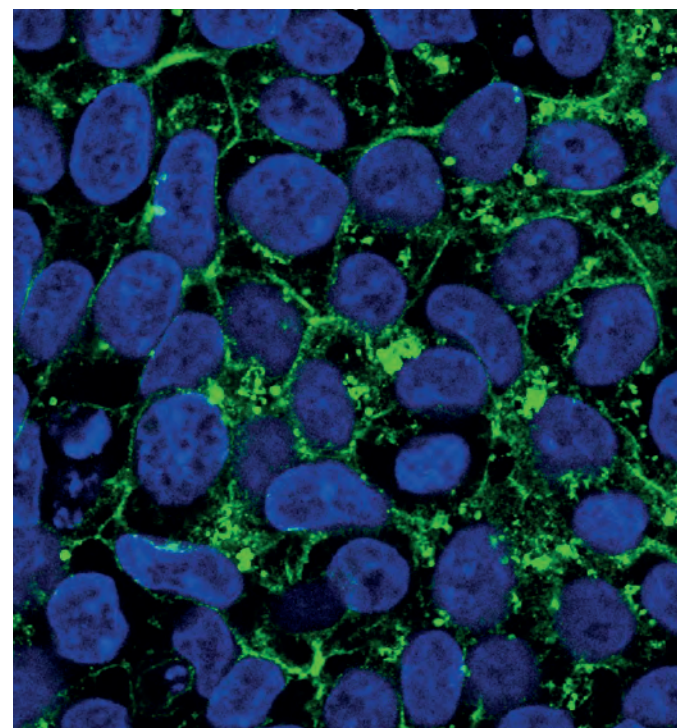
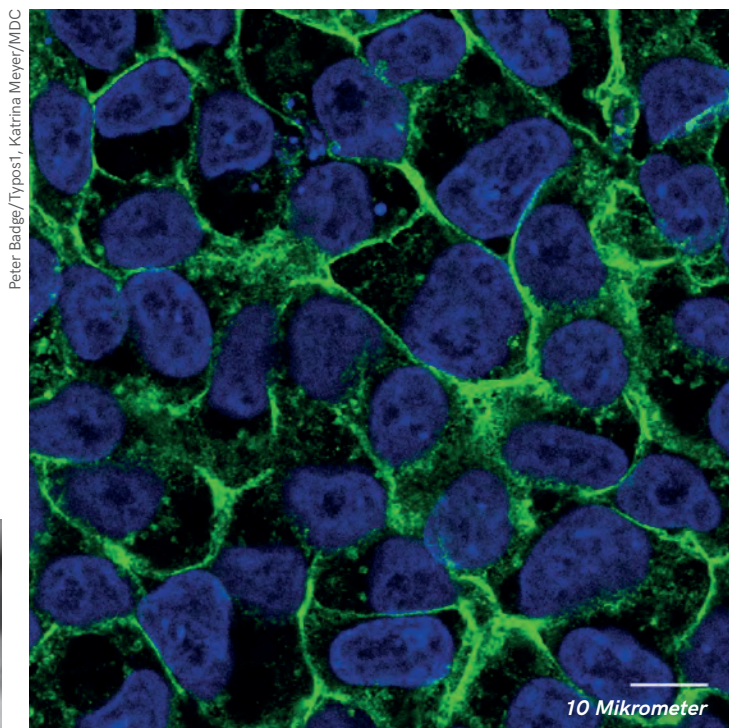
**Galaxien wie die hier gezeigte Centaurus A sähen anders aus, wenn sie nur von der Schwerkraft der sichtbaren Materie geprägt wären**

Wenngleich sich die Verhältnisse im Universum mit der Dunklen Materie recht gut beschreiben lassen, ist ihre notorische Unsichtbarkeit ein Ärgernis: Gibt es sie wirklich, sind 80 Prozent des Weltalls unsichtbar. Mordehai Milgrom vom israelischen Weizmann Institute of Science stellte daher 1983 seine Theorie der Modifizierten Newtonschen Dynamik (MOND) vor. Sie kommt ohne die Dunkle Materie aus und sagt im Kern, dass die Wirkung der Anziehungskraft zwischen zwei Körpern nicht mit dem Abstand im Quadrat abnimmt, sondern bei extrem kleinen Beschleunigungen sogar verstärkt wird – ein Effekt, der nur in galaktischen Größenordnungen eine gewisse, aber eben entscheidende Rolle spielt.

Auch wenn die MOND-Theorie Schwächen zeigt, befassen sich seit einigen Jahren immer mehr Forschende mit ihr, modifizieren sie und – wer weiß – belehren vielleicht eines Tages Isaac Newton und Albert Einstein eines Besseren. --- JS



von KATRINA MEYER



Unter dem Mikroskop sind links die Zellen eines gesunden Menschen zu sehen und rechts die von Macie. Sie leidet unter dem GLUT1-Defizit-Syndrom. Die Zuckertransporter (GLUT1) fluoreszieren grün. Bei gesunden Menschen befinden sie sich in den Zellhüllen (blau: Zellkern). In Macies Fall ist nur ein Teil der Transporter in diesen Membranen. Der Zuckertransport ist daher stark beeinträchtigt

# Verirrte Proteine

Wenn es in Proteinen zu genetischen Veränderungen kommt, kann das schwere gesundheitliche Folgen haben. Auch Veränderungen in Abschnitten der Moleküle, die als funktionslos galten, können Ursache für Erkrankungen sein. Dafür gibt es nun eine Erklärung

**A**ls Macie ein Jahr alt war, bemerkten ihre Eltern zum ersten Mal dieses Zucken in ihren Ärmchen und Beinchen. Wenn sie hungrig oder müde war, schien das immer öfter vorzukommen. Als Macie dann eines Tages für einige Momente ganz benommen war, nahm auch der Kinderarzt die Sorgen ernst: Macie litt unter Epilepsie.

Es folgten fast zehn Jahre mit wechselnden Diagnosen und Therapien, bis Macie kurz vor ihrem elften Geburtstag erfuhr, dass sie diese epileptischen Anfälle hat, weil ihr Gehirn nicht genügend mit Energie versorgt wird. Sie leidet am sogenannten GLUT1-Defizit-Syndrom. Der wichtigste Energielieferant für unser Gehirn ist Zucker. Nur kann dieser nicht ohne Hilfe die geheimnisvolle Barriere überwinden, die Blutbahn und Gehirngewebe trennt. Diese Blut-Hirn-Schranke lässt nur bestimmte Substanzen in unser empfindliches Denkorgan.

Macies Eltern erfuhren nun, dass das Protein, das die Zuckermoleküle aus dem Blut durch die Schranke ins Gehirn transportiert, bei ihrer Tochter anders zusammgebaut ist als bei den meisten Menschen. Das Merkwürdige jedoch war, dass bei ihr nur ein

einzigster Baustein, an einer scheinbar unwichtigen Stelle des Proteins, ausgetauscht war.

Auch wenn Macies GLUT1-Defizit-Syndrom äußerst selten ist, ist die Veränderung in ihren Genen eine von Zehntausenden, bei denen einzelne Proteine, die elementaren Bausteine und Funktionsträger unseres Körpers, genetisch bedingt verändert sind. Und das kann zu schweren Krankheiten führen. Uns machte besonders stutzig, dass diese Veränderungen auch an Stellen der Proteine fatal sein können, denen bislang nicht viel Bedeutung zugemessen wurde und die als mehr oder weniger funktionslos galten. Doch wie können bestimmte Veränderungen in diesen Regionen zu Krankheiten führen?

Proteine verrichten ihre Aufgaben oft nicht ganz alleine, sondern in Teamwork. Dabei können sie sich zu stabilen Komplexen zusammenschließen, in anderen Fällen geht es auch nur um die kurze Weitergabe von Informationen. Es gibt Beispiele, bei denen genau die scheinbar funktionslosen Regionen der Proteine für diesen kurzen Informationsaustausch verantwortlich sind.



Vor der mikroskopischen Untersuchung markierte Katrina Meyer die Zuckertransporter mit einem fluoreszierenden Farbstoff. So lassen sich ihre Positionen in Zellkulturen bestimmen

ausgetauscht worden, nämlich Prolin gegen Leucin. Außerdem lagen als Folge in den mutierten Proteinen stets zwei Leucinmoleküle nebeneinander. Und dies ist bemerkenswert, denn zwei benachbarte Leucine sind für spezielle Transportproteine ein Signal. Es ist eine Anweisung, die Transmembranproteine von der Zellmembran ins Zellinnere zu leiten.

Eigentlich ist dieser Prozess, die sogenannte Endozytose, völlig normal und lebenswichtig. Doch kann er fatale Folgen haben, wenn er fehlerhaft ausgelöst wird. In diesem Fall ist das Signal falsch – die Transmembranproteine senden es nur deshalb aus, weil es in einem ihrer eigentlich für unbedeutend gehaltenen Abschnitte zu einer Mutation gekommen ist. Die Folge: Die Transportproteine bekommen die falsche Anweisung und ziehen die Burgwächter von ihren Posten ab.

Könnte das auch der Grund für den fehlerhaften Zuckertransport in Macies Kopf sein? Ist Macies Variante des Zuckertransporters vielleicht gar nicht funktionsunfähig, sondern sitzt einfach nur an der falschen Stelle?

Um das zu untersuchen, kultivierten wir Zellen aus der Haut von Macies Oberarm – und markierten ihre Glukosetransporter mit fluoreszentelem Farbstoff. Unter dem Mikroskop sehen die aneinander gedrängten Zellen mit gesunden Transmembranproteinen, jede mit dem fluoreszierenden Protein in der Burgmauer, fast aus wie Honigwaben (siehe Bild S. 34). Doch Macies Zellen sind gänzlich mit einem Punktmuster durchsetzt. Die Burgmauer ist fast nicht zu erkennen – und das heißt, dass sich ihre Burgwächter tatsächlich nicht an ihren Posten befinden. Der Zuckertransport ist unmöglich.

Unsere Vermutung war also richtig. „Aber sofort drängte sich die nächste Frage auf“, sagt Matthias

Selbach, Leiter der Arbeitsgruppe Proteom Dynamik am Berliner Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin. „Nun wollten wir wissen, ob Macies Transmembranprotein wieder Zucker transportieren kann, wenn wir es in die Zellmembran zurückbringen.“

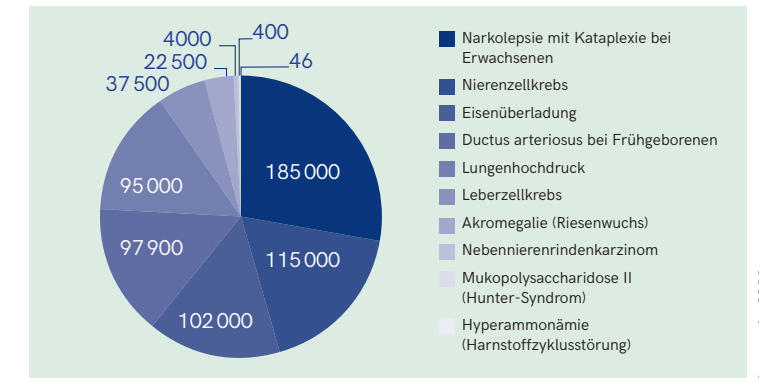
Dazu entfernten wir zunächst mithilfe einer molekularbiologischen Methode jene Transportproteine, die das Transmembranprotein fälschlicherweise ins Zellinnere gelenkt hatten. Und tatsächlich: Die Burgwächter kehrten auf ihre Position in der Zellwand zurück! Wenn man diese Zellen nun mit Zucker fütterte, nahmen sie auch deutlich mehr davon auf, als jene Zellen, in denen wir die Transportproteine nicht entfernt hatten. Die Erklärung für Macies Leiden war also gefunden: Der Transportweg für Zucker in ihr Gehirn war unterbrochen, weil die entsprechenden Transmembranproteine nicht dort waren, wo sie gebraucht wurden – in der Zellmembran.

Sind vielleicht noch viel mehr Menschen krank, nur weil eigentlich funktionsfähige Proteine an die falsche Stelle transportiert werden? Tatsächlich stießen wir beim Durchforsten von Datenbanken auf elf Proteinvarianten, in denen Transmembranproteine das Signal aussenden, von ihrem Posten abgezogen zu werden.

Macie bekämpft ihre Symptome, indem sie ihr Gehirn mit einem anderen Energieträger versorgt. Sie verzichtet fast vollständig auf Zucker und Kohlenhydrate und bringt so ihren Körper dazu, stattdessen Fett als neue Energiequelle zu erschließen, die sogenannten Ketonkörper. Dadurch lindert sie die Auswirkungen ihres Leidens, das eigentliche Problem ist damit aber natürlich nicht behoben. Menschen, die unter anderen Folgen solch fehlerhaft lokalisierter Proteine leiden, haben diese Möglichkeiten oft nicht. Doch kann dieses neue Wissen über fehlgeleitete Proteine eine wichtige Grundlage sein, zukünftig auch andere Erkrankungen mithilfe zielgerichteter Medikamente zu behandeln.

# Waisen der Medizin

Es gibt Krankheiten, die sind so selten, dass sie kaum erforscht sind. Doch das ändert sich



Jenes GLUT1-Defizit-Syndrom, unter dem Macie leidet, wurde 1991 entdeckt und ist extrem selten. Das ist typisch für die sogenannten seltenen Erkrankungen, die so heißen, wenn sie unter 2000 Menschen höchstens einmal auftreten.

Doch bedeutet dies nicht, dass nur wenige davon betroffen sind. Denn es gibt rund 8000 seltene Erkrankungen. So schätzen Experten, dass allein in Deutschland rund vier Millionen Menschen damit leben müssen. 75 Prozent davon sind Kinder, fast ein Drittel stirbt vor dem fünften Lebensjahr. Etwa 80 Prozent der Leiden sind genetisch bedingt.

Für die Betroffenen bedeutet das stets ein mehrfaches Schicksal. So ist die Diagnose seltener Erkrankungen viel langwieriger – im Schnitt besteht erst nach fünf bis sechs Jahren Gewissheit. Doch selbst dann können Patienten nicht immer auf Hilfe hoffen. Denn wegen der geringen Fallzahlen sind diese Krankheitsbilder entsprechend wenig erforscht. Weil Pharmakonzerne

## Fallzahlen einiger seltener Erkrankungen in der Europäischen Union

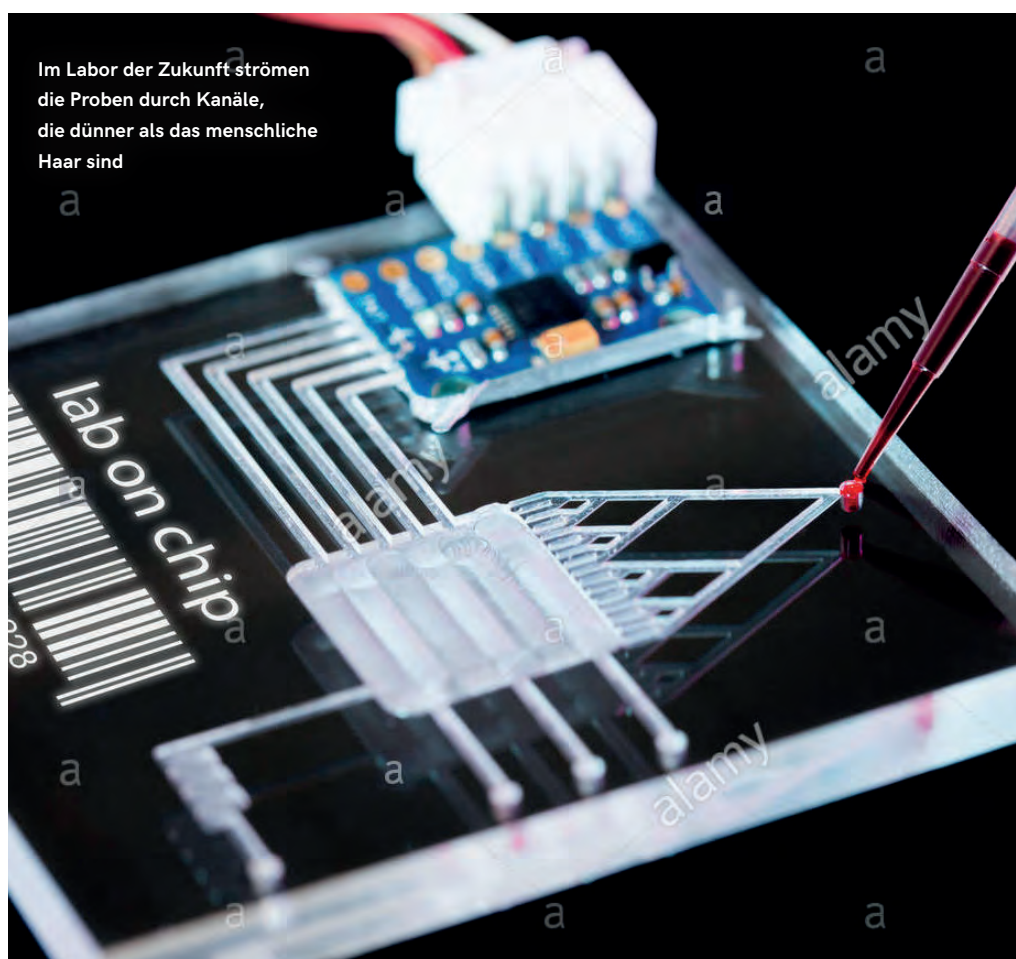
überdies die Kosten für die Entwicklung von Medikamenten scheuen, schließt sich hier ein Teufelskreis. Menschen mit solchen Erkrankungen werden deshalb auch „Waisen der Medizin“ genannt: Sie haben niemanden, der ihnen hilft.

Doch es tut sich was. So lassen neue Forschungen vermuten, dass es sich bei Massenerkrankungen wie Rheuma, Diabetes oder auch Parkinson in Wahrheit um eine Vielzahl seltener Erkrankungen handelt, deren gezielte Behandlung vielversprechend ist und am Ende viel mehr Menschen hilft. Überdies profitieren Unternehmen von Förderprogrammen der Europäischen Union und investieren zunehmend in diese Marktlücke. Mit Erfolg: Von allen Medikamenten mit neuem Wirkstoff, die in Deutschland 2014 bis 2018 auf den Markt kamen, gehörte bereits ein Drittel zu den „Waisenmedikamenten“ (Orphan Drugs). --- JS

Ingo Knopf

Daten: vfa, 2009

# Ein ganzes Labor auf einem Chip



Im Labor der Zukunft strömen die Proben durch Kanäle, die dünner als das menschliche Haar sind



von ANDREAS GRIMMER

Das Labor der Zukunft könnte mikroskopisch klein sein. Doch verhalten sich Flüssigkeiten unter diesen Umständen ganz anders als in der makroskopischen Welt. Grundlage für die Entwicklung solcher Chip-labore ist das Ohmsche Gesetz von 1826

**M**edizinische Laboruntersuchungen sind technisch aufwendig, teuer und nur von spezialisiertem Personal durchführbar. In vielen Ländern sind solche Analysen daher oft nicht machbar. Mit schwerwiegenden Folgen: Unter anderem deshalb gehören infektiöse Erkrankungen dort nämlich noch immer zu den Haupttodesursachen – obwohl deren Behandlung eigentlich leicht möglich wäre. Aus diesem Grund hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) Leitlinien für Diagnosetechnologien ausgearbeitet: Diese sollen kostengünstig, einfach und schnell verwendbar sowie möglichst präzise sein. Was auf den ersten Blick wie ein unlösbares Dilemma klingt, könnte mithilfe der „Mikrofluidik“ Realität werden. Die Idee: das Labor auf dem Chip.

Solche Systeme gibt es bereits. Der Schwangerschaftstest gehört genauso dazu wie der Blutzucker-test. Auch Blutschnelltests bei Herzinfarkten erfolgen bereits mithilfe dieser Systeme. Dabei geht es um die Analyse winziger Flüssigkeitsmengen im Bereich von wenigen Nanolitern – das entspricht ungefähr dem 100000-stel Volumen eines Regentropfens.

In dieser mikroskopisch kleinen Welt verhalten sich Gase und Flüssigkeiten anders als in der makroskopischen. Reibungskräfte oder Turbulenzen spielen hier eine ganz andere Rolle. Wasser strömt nicht mehr aufgrund seines Gewichtes nach unten, sondern infolge der Kapillarkräfte nach oben. Will man komplexere Analysen auf winzigen Chips durchführen, sind zahlreiche Hürden zu nehmen. So muss festgelegt werden, wie die Kanäle, durch die die Flüssigkeiten fließen, dimensioniert und verbunden werden sowie mit welchem Druck diese in die Chips injiziert und anschließend erhitzt, gemischt oder verdünnt werden.

Derzeit basiert dieser Entwurfsprozess auf fummeliger Handarbeit – meist nach dem Trial-and-Error-Verfahren. Dabei treffen die Ingenieurinnen und Ingenieure Annahmen und vereinfachen damit den Entwurfsprozess. Mithilfe von lithografischen Verfahren, 3D-Druckern oder Fräsern stellen sie in Reinnräumen Prototypen her, testen und verbessern sie – und müssen oft von vorne anfangen. Es wird so lange ausprobiert, bis der Chip endlich das gewünschte



Ingo Knopf (Montage: TEMPUS CORPORATE)

Mithilfe der von Andreas Grimmer entwickelten Algorithmen lassen sich mikrofluidische Chips nunmehr am Computer entwickeln und prüfen. Der aufwendige Bau von Prototypen nach dem Trial-and-Error-Verfahren entfällt

mit denen sich Stromkreise berechnen lassen – auf die Mikrofluidik übertragen.

Dies ist im Kern unser Lösungsansatz für den effektiven Entwurf von Labs-on-Chip: Wir versuchen nicht, die Prozesse der Mikrofluidik mithilfe neuer hydrodynamischer Gesetze zu beschreiben, sondern übertragen das Wissen von Georg Simon Ohm, Gustav Robert Kirchhoff, Thomas Alva Edison oder Nikola Tesla, die im 19. Jahrhundert die Grundlagen für die Berechnung elektronischer Schaltungen legten. Zugleich machen wir uns die Entwicklung im Computerbereich der letzten Jahrzehnte zunutze. So werden Rechner, Smartphones oder Mikrochips längst nicht mehr per Hand entworfen (was bei mehreren Millionen Transistoren und Schaltelementen auch gar nicht mehr möglich wäre). Stattdessen kommen hocheffiziente Computerprogramme der Entwurfsautomatisierung zur Anwendung.

Doch auch wenn die Gesetze der Mikrofluidik denen elektronischer Schaltungen ähneln, ist es natürlich ein Unterschied, ob wir winzige Flüssigkeitsmengen bewegen oder elektrische Ströme. Wir müssen somit die mechanischen, elektronischen und optischen Bauteile so auf dem Chip kombinieren, dass sich die winzigen Flüssigkeitsmengen durch alle Schritte einer chemischen Analyse bewegen. Das beginnt bei der Übertragung der einzelnen Analyseschritte auf mikrofluidische Strukturen und der optimalen Platzierung der einzelnen Laborkomponenten auf dem Chip über die Simulation des winzigen Labors im Computermodell bis hin zur Programmierung der Software, mit der sich das Ganze im späteren Betrieb steuern lässt.

Damit stehen sowohl die Grundlagen für die Berechnung mikrofluidischer Systeme als auch die technischen Möglichkeiten für deren Konstruktion bereit. Anders als bisher müssen Entwürfe für mikrofluidi-

Verhalten zeigt. Eine zeit- und kostenintensive Herangehensweise.

Hilfe erhalten sie dabei ausgerechnet von Informatikerinnen und Informatikern. Die lassen sich von elektronischen Schaltungen inspirieren, mit denen sie in ihren Computern ja ständig zu tun haben. Die einfachste besteht aus Widerständen und Versorgungsquellen. Schon in der Schule lernt man, derartige Schaltungen zu berechnen – nämlich mithilfe des Ohmschen Gesetzes, das den Zusammenhang zwischen der Spannung, dem Strom und dem elektrischen Widerstand beschreibt.

Glücklicherweise sind sich elektronische Schaltungen und mikrofluidische Chips in vielem sehr ähnlich: Mit einem gewissen Druck (äquivalent zur elektrischen Spannung) werden Flüssigkeiten in einen Chip injiziert. Dies führt zu einem Fluss (äquivalent zur Stromstärke) in den Kanälen. Je länger und je kleiner der Querschnitt dieser Kanäle ist, umso mehr Kraft wird der Bewegung der Flüssigkeit entgegengesetzt (äquivalent zum elektrischen Widerstand). Analog zum Ohmschen Gesetz gibt es nun einen Zusammenhang zwischen Druck, Fluss und Strömungswiderstand. Tatsächlich lassen sich auch weitere Regeln – wie Reihen- und Parallelschaltungen von Kanälen und deren Auswirkungen auf den Strömungswiderstand oder die Kirchhoffschen Regeln,

sche Chips nicht mehr mühsam im Trial-and-Error-Verfahren hergestellt werden. Denn weil sich viele Parameter durch unsere Algorithmen automatisch ermitteln lassen, kann man die Chips bereits am Computer nun sehr genau berechnen und anschließend simulieren – und damit bereits früh prüfen, ob ein am Computer konstruiertes Minilabor am Ende so funktioniert wie geplant.

Ein Beispiel: Bisher dauerte der Bau eines mikrofluidischen Chips, mit dem sich die Wirksamkeit eines Medikaments testen lässt, mehr als ein Monat. Mit den von uns vorgestellten Methoden gelang dies innerhalb eines Tages! Dabei können wir innerhalb von wenigen Sekunden den optimalen Entwurf berechnen. Die Anzahl der notwendigen Prototypen kann somit reduziert und Zeit und Kosten gespart werden.

Noch stehen wir am Anfang einer womöglich spektakulären Entwicklung. Am wichtigsten dabei: Weil sich die winzigen Labore in großen Stückzahlen herstellen lassen, werden sie preiswert zu haben sein und dürften deshalb eine weite Verbreitung finden. In Wasserwerken etwa könnten die kleinen Labore Alarm auslösen, sobald bestimmte Stoffe einen Grenzwert überschreiten. Als fester Bestandteil von Lebensmittelverpackungen könnte ein solches Kleinstlabor jederzeit anzeigen, wenn sich Schimmelpilze bilden oder die erste Fäulnis auftritt.

Die größten Hoffnungen liegen in medizinischen Anwendungen. Wenn wir zukünftig beispielsweise unser Blut schnell und einfach selber analysieren und die Werte per Smartphone direkt an den Hausarzt übermitteln können, dürfte sich die Zahl überflüssiger Arztbesuche deutlich verringern. Und natürlich wären dann auch die wichtigen Kriterien der WHO erfüllt. Gerade die Menschen in ärmeren Ländern würden von den schnell, preiswert und in großer Zahl durchführbaren Blutuntersuchungen profitieren.

## Roboter im Blut

Auch in der Mikrorobotik gilt: Man kann große Maschinen nicht einfach verkleinern



ETH Zürich

In dem Film „Die phantastische Reise“ lässt sich ein Mediziner team mithilfe einer neuartigen Methode mitsamt U-Boot auf Mikrobengröße schrumpfen, reist dann durch die Blutbahn eines übergelaufenen tschechischen Forschers in dessen Gehirn und entfernt ein gefährliches Blutgerinnsel. Als der Film 1966 in die Kinos kam, klang das Ganze noch überaus fantastisch. Heute, 53 Jahre später, ist nur noch das Schrumpfen von uns selbst unvorstellbar.

Winzig kleine Roboter, die durch die Arterien sausen, sind indes nur noch insofern Zukunftsmusik, als dass wir von fünf oder zehn Jahren sprechen, bis sie zum Einsatz kommen. So wie bei der Entwicklung von Chiplaboren gilt aber auch in der Mikrorobotik, dass sich große Systeme nicht beliebig miniaturisieren lassen. Mechanische Maschinchen sind zu groß, um sich im menschlichen Körper zu bewegen. Zudem benötigen Zahnräder und Getriebe entsprechende Energiequellen.

**Ein winziger Roboter schlängelt sich durch ein Glasröhrchen**

Ganz anders funktionieren deshalb die „Mikroschwimmer“ (Bild). Ihre Bewegungen erinnern an die von Bakterien oder kleinen Würmern. Das kürzlich von Bradley Nelson und seinem Team von der ETH Zürich vorgestellte Gebilde ist etwa einen Millimeter lang und besteht aus teils magnetischen Nanoteilchen, die sich durch ein von außen angelegtes Magnetfeld bewegen lassen. So schlängeln sich die derart gesteuerten Schwimmer mühelos durch komplizierte Röhrensysteme.

Eines gar nicht fernen Tages werden solche Roboter auch in den Gefäßen unseres Körpers ihren Dienst tun. Sie können dann beispielsweise Tumore im Körper ansteuern und Medikamente gezielt dort verabreichen, wo sie benötigt werden. Sobald sie ihren Dienst erfüllt haben, zersetzen sie sich und verschwinden spurlos. --- JS

# Fünf Fragen an Reinhard Hüttl

**Klimaschutz, Gentechnik oder Stickoxide sind beispielhafte Themen, bei denen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in politische Debatten geraten. Müssen sie talkshowfähig sein?**

Nein, nicht mit den derzeitigen Talkshow-Formaten, die eher an Zirkusnummern erinnern als an ernsthafte Debatten. Ich sehe es genau umgekehrt: Talkshows sollten wissenschaftsfähig sein, zumindest, wenn es um entsprechende Themen geht. Ich kann keiner Kollegin und keinem Kollegen empfehlen, sich in diese Arena zu begeben, schon gar nicht zu polarisierenden Themen. Dazu zählen auch Energiewende, Tierversuche oder Kohlendioxidspeicherung im Untergrund (CCS). Ich vermisse ein Forum für sachliche Abwägungen. Dabei kann es durchaus kontrovers zugehen, aber auf der Ebene von Fakten. Hier sehe ich den öffentlich-rechtlichen Rundfunk in der Pflicht, und hier sehe ich Fehlentwicklungen.

**Forschende entwerfen seit Jahren recht konkrete Szenarien des Klimawandels. Aber es scheint, als könnten sie weniger bewegen als die Schülerinnen und Schüler der „Fridays for Future“-Bewegung. Woran kann das liegen?**

Das liegt an einem grundsätzlich anderen Selbstverständnis. Forschende sind keine Protestbewegung. Karl Marx sagte, „die Philosophen haben die Welt nur verschieden interpretiert, es kommt aber darauf an, sie zu verändern“. Da spricht ein Aktivist – und eben kein Wissenschaftler. Was den Klimawandel betrifft: Natürlich muss die Wissenschaft vor planetaren Grenzen und den Folgen der Erderwär-



Reinhard Hüttl ist Forstwissenschaftler und Bodenkundler. Seit 2007 leitet er das Deutsche GeoForschungsZentrum in Potsdam. Er engagiert sich für den Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft und ist im Förderverein für das Science Media Center Germany aktiv

mung warnen, und natürlich müssen wir Lösungswege aufzeigen, aber ich möchte in keiner Szientokratie leben. Politikerinnen und Politiker müssen auf wissenschaftlich fundierter Basis entscheiden, aber sie müssen auch weitere Faktoren bei ihrer Entscheidungsfindung berücksichtigen. Nehmen Sie die Kernenergie: Die Franzosen haben keine anderen wissenschaftlichen Fakten als wir, aber gesellschaftspolitisch eine völlig andere Debatte dazu.

**„Öffentlichkeit in eigener Sache“ birgt ja auch die Gefahr, dass aus Wissenschaftskommunikation Wissenschaftsmarketing wird. Was sollten Forschende tun – und was nicht?**

Sie sollen als ehrliche Makler auftreten und Grenzen des Wissens benennen. Sie sollen nicht übertreiben, und sie sollen

beim Klima nicht den Weltuntergang an die Wand malen. Ja, Emissionen müssen dringend gesenkt werden! Wir werden uns aber auch an den globalen Wandel anpassen müssen, und ich bin sicher, dass wir für beide Strategien – Reduktion und Anpassung – das Know-how haben.

**Wie sehen Sie die Rolle der Medien dabei?**

Sie sind unverzichtbar bei der Vermittlung von geprüften Fakten. Ohne einen unabhängigen Wissenschaftsjournalismus kann es uns nicht gelingen, glaubwürdig zu sein. Denn es gibt leider immer wieder Kolleginnen und Kollegen, die aus der Wissenschaft in die Rolle von Aktivist\*innen wechseln oder sich mit einem Thema so gemein machen, dass sie die für Forschende notwendige kritische Distanz verlieren. Das war zum Beispiel beim Waldsterben in den 1980er-Jahren der Fall. Da wurde Deutschland als künftig waldfrei prognostiziert, obwohl viele Daten ein insgesamt deutlich beschleunigtes Waldwachstum nahelegten. Dieser Zusammenhang wurde lange negiert, weil er nicht in den Mainstream passte.

**Sollte der „Dialog mit der Öffentlichkeit“ Pflichtfach für alle Studierenden werden?**

Nein. Ich bin zwar überzeugt, dass Forschende den Dialog mit der Öffentlichkeit suchen und dafür ausgebildet werden müssen. Aber längst nicht alle Studierenden gehen in die Forschung. Gegenvorschlag: Leitlinien guter Wissenschaftskommunikation sollten in die Regeln guter wissenschaftlicher Praxis aufgenommen werden. --- Die Fragen stellte J. Schüring



**STIFTERVERBAND**

Bildung. Wissenschaft. Innovation.

**Klaus Tschira Stiftung  
gemeinnützige GmbH**



## EINE UNI EIN BUCH

Der Stifterverband und die Klaus Tschira Stiftung schreiben in Kooperation mit dem ZEIT Verlag zum vierten Mal die Initiative „Eine Uni – ein Buch“ aus.

Alle Hochschulen in Deutschland sind eingeladen, ein Buch zu bestimmen, das ein Semester lang hochschulübergreifend im Fokus von Gesprächen, Debatten und sonstigen Hochschulaktivitäten steht. Jedes Mitglied und jeder Angehörige einer staatlichen oder staatlich anerkannten Hochschule kann Initiator des Buch-Projektes sein: Professoren oder studentische Gruppen, Verwaltungsmitarbeiter oder Fakultätsleiter.

### **DIE ZEHN BESTEN AKTIONEN WERDEN MIT JE 10.000 EURO GEFÖRDERT.**

Die Projektförderung sollte mit dem Sommersemester 2020 beginnen und möglichst im Jahr 2020 umgesetzt werden; der Förderzeitraum bestimmt sich individuell nach dem Arbeitsplan des Projektes.

### **BEWERBUNGSSCHLUSS: 17. JANUAR 2020**

Detaillierte Informationen zur Initiative „Eine Uni – ein Buch“ und zur Antragstellung finden Sie unter:  
[www.stifterverband.de/eine-uni-ein-buch](http://www.stifterverband.de/eine-uni-ein-buch)

in Kooperation mit dem ZEIT Verlag

**DIE ZEIT**



» Was hast  
Du da  
eigentlich  
gemacht  
in Deiner  
Doktorarbeit? «

**Erkläre es uns,  
und gewinne den  
KlarText-Preis  
für Wissenschafts-  
kommunikation!**

Jedes Jahr prämiert die **Klaus Tschira Stiftung** Naturwissenschaftler, Mathematiker und Informatiker, die eine sehr gute Doktorarbeit geschrieben haben und ihre Ergebnisse in einem allgemein verständlichen Artikel veranschaulichen.

Informieren und bewerben:  
[www.klartext-preis.de](http://www.klartext-preis.de)

Übrigens: Christiane Heinicke, Geophysikerin und KlarText-Preisträgerin, schaffte es, kontaktlos Verunreinigungen in Metallschmelzen nachzuweisen.