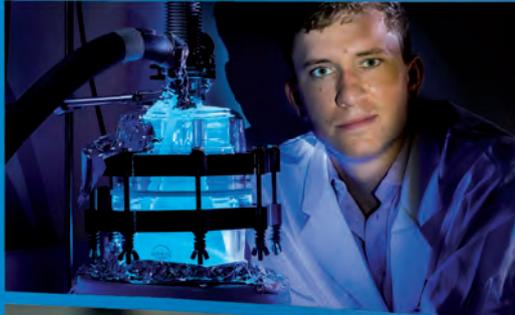


bild der wissenschaft

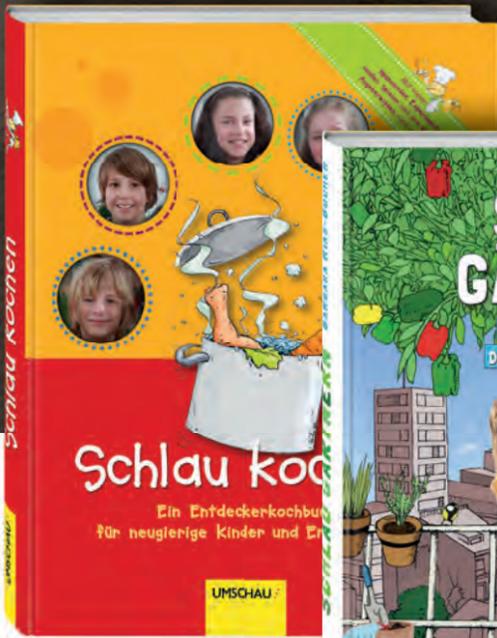
Die Preisträger 2015



**Klaus
Tschira
Preis**
für verständliche
Wissenschaft

Entdeckerbücher für Neugierige

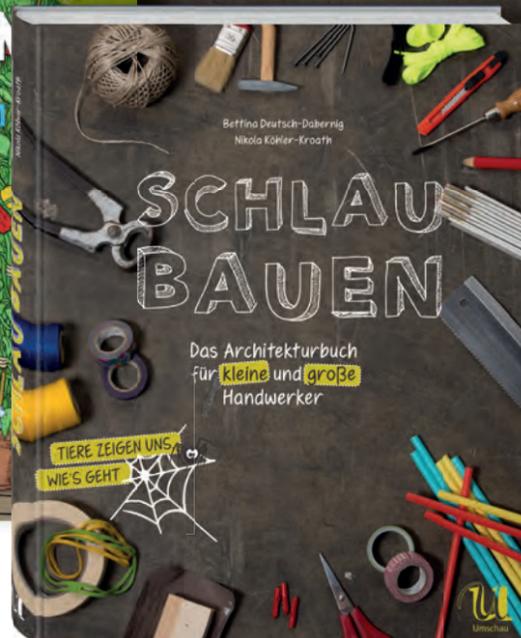
ERSCHIENEN IN DER EDITION
KLAUS TSCHIRA STIFTUNG



Schlau kochen
ISBN: 978-3-86528-608-6



Schlau gärtner
ISBN: 978-3-86528-733-5



Schlau bauen
ISBN: 978-3-86528-752-6



Wolfgang Hess, Chefredakteur

Der Preis und seine Kraft

Sie fahren gelegentlich im Linienbus? Telefonieren mit dem Handy? Damit das so klappt, wie Sie sich das wünschen, optimieren Mathematiker Fahrpläne und Frequenzen.

Bald wird es flexible Bildschirme und leuchtende Getränkedosen geben. Dahinter steckt eine Technologie, die etwas mit dem Aussterben der Dinosaurier vor 66 Millionen Jahren zu tun hat.

Die Geschichte des Universums kann man in der Tiefsee ablesen. Denn explodierende Sterne hinterlassen Reste in den Ozeanen der Erde.

Das sind die Inhalte von drei der sieben Beiträge, die in diesem Jahr von der Jury des Klaus Tschira Preises für verständliche Wissenschaft ausgezeichnet wurden. Dafür erhalten die Autoren ein Preisgeld von je 5000 Euro. Diese Auszeichnung, die im 20. Jubiläumsjahr der Klaus Tschira Stiftung zum zehnten Mal weltweit ausgelobt wurde, wird sich auch bei der wissenschaftlichen Karriere der Preisträger positiv bemerkbar machen.

Wie gut die zwei Frauen und fünf Männer ihre Dissertation allgemeinverständlich „übersetzen“ konnten, dokumentiert diese Sonderausgabe von bild der wissenschaft: Alle Siegerbeiträge sind in ihrer Originalfassung abgedruckt.

Ich bin mir sicher, der Stifter des Preises hätte seine Freude an der Darstellungskunst der sieben gefunden – und auch an der optischen Umsetzung der Forschungsarbeiten in diesem bild der wissenschaft plus. Doch Klaus Tschira, einer der größten Mäzene der Wissenschaft, ist leider am 31. März dieses Jahres in Heidelberg im Alter von 74 Jahren verstorben.

Für die Angehörigen, das Team der Stiftung, viele Menschen in der Forschung und auch für mich ist dies ein schwerer Verlust. Klaus Tschira war ein außergewöhnlicher Mensch. Über ein gutes Jahrzehnt hinweg hatte wir immer wieder Kontakt. Sowohl bei den Jurysitzungen als auch bei den Preisverleihungen hatte ich das Vergnügen, den großen Sohn Badens mit all seiner schöpferischen Kraft zu erleben.

Sprachlich gewitzt stellte er jedes Jahr aufs Neue unter Beweis, wie wichtig es war und wie wichtig es ihm war, dass er an der Endauswahl der Preisträgerarbeiten teilnahm. Seine Anmerkungen zeigten den anderen Juroren sein Qualitätsbewusstsein, insbesondere wenn es um die sprachlich saubere Vermittlung von Doktorarbeiten ging.

Bei der Verleihung des diesjährigen Klaus Tschira Preises wird der Stifter im Geiste der Gäste präsent sein. Mehr noch: Sein Legat wird dafür sorgen, die Naturwissenschaften in Deutschland nachhaltig in die Öffentlichkeit zu tragen.



Bis zu seinem Tod im März 2015 war der Physiker und Stifter Klaus Tschira unermüdlich damit beschäftigt, Ideen für die Förderung der Naturwissenschaften zu ersinnen und mit seiner Stiftung umzusetzen.

- 4 **Wenn dem Nervenkabel die Isolierung fehlt**
Robert Fledrich, Neurowissenschaften
- 8 **Fresszellen haben den Dreh raus**
Ima Avalos Vizcarra, Biologie
- 12 **Ein Bauplan für Hochstapler**
Sascha Heitkam, Physik
- 16 **Astronomie unter dem Meer**
Jenny Feige, Physik
- 20 **Live-Übertragung aus der Lunge**
Peter Salz, Informatik
- 24 **Gut geraten**
Timo Berthold, Mathematik
- 28 **Licht aus dem Drucker**
Daniel Volz, Chemie
- 32 **Geprüfte Zutaten für Journalisten**
Das neue Science Media Center
- 35 **Impressum**

Wenn dem Nervenkabel die Isolierung fehlt

Unser Körper ist von Millionen Nervenfasern durchzogen, die Strom leiten wie ein Kabel – vorausgesetzt, sie sind gut isoliert. Beim Menschen ist eine fehlerhafte Isolierung die Ursache für viele bisher unheilbare Nervenkrankheiten. Ein Protein mit dem Namen Neuregulin könnte in Zukunft helfen, diese Erkrankungen zu behandeln.

von Robert Fledrich

DR. ROBERT FLEDRICH

1983 geboren in Erlabrunn (Sachsen)

2001 Abitur und Zivildienst

2002 bis 2003 Studium der Bioinformatik an der Universität Leipzig

2003 bis 2009 Studium der Biologie an der Georg-August-Universität Göttingen

2009 Diplom in Biologie

seit 2009 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Max-Planck-Institut (MPI) für Experimentelle Medizin, Göttingen

2010 bis 2014 Doktorand der Neurogenetik am MPI für Experimentelle Medizin, Göttingen

8.5.2014 Promotion zum Dr. rer. nat.

seit 2014 Postdoktorand am MPI für Experimentelle Medizin, Göttingen

Infos: www.em.mpg.de

Kontakt: fledrich@em.mpg.de

Eingeschlafene Arme – in der Regel kein Problem. Für Menschen mit einem chronischen Nervenleiden allerdings schon. Robert Fledrich hat die Selbstheilungskräfte verletzter Nerven untersucht

Falsch gelegen, und man wacht morgens manchmal mit einer kribbeligen Taubheit in Armen oder Beinen auf. Auch ein längeres Verharren in einer unbequemen Sitzposition verursacht dieses gelegentlich etwas schmerzhaftes Gefühl – der Arm oder das Bein ist „eingeschlafen“, heißt es dann umgangssprachlich. Schuld daran sind abgedrückte Nerven, was nicht weiter schlimm ist, denn etwas Bewegung löst den Druck, und die Gliedmaßen wachen wieder auf. Doch was, wenn sie ewig schliefen?

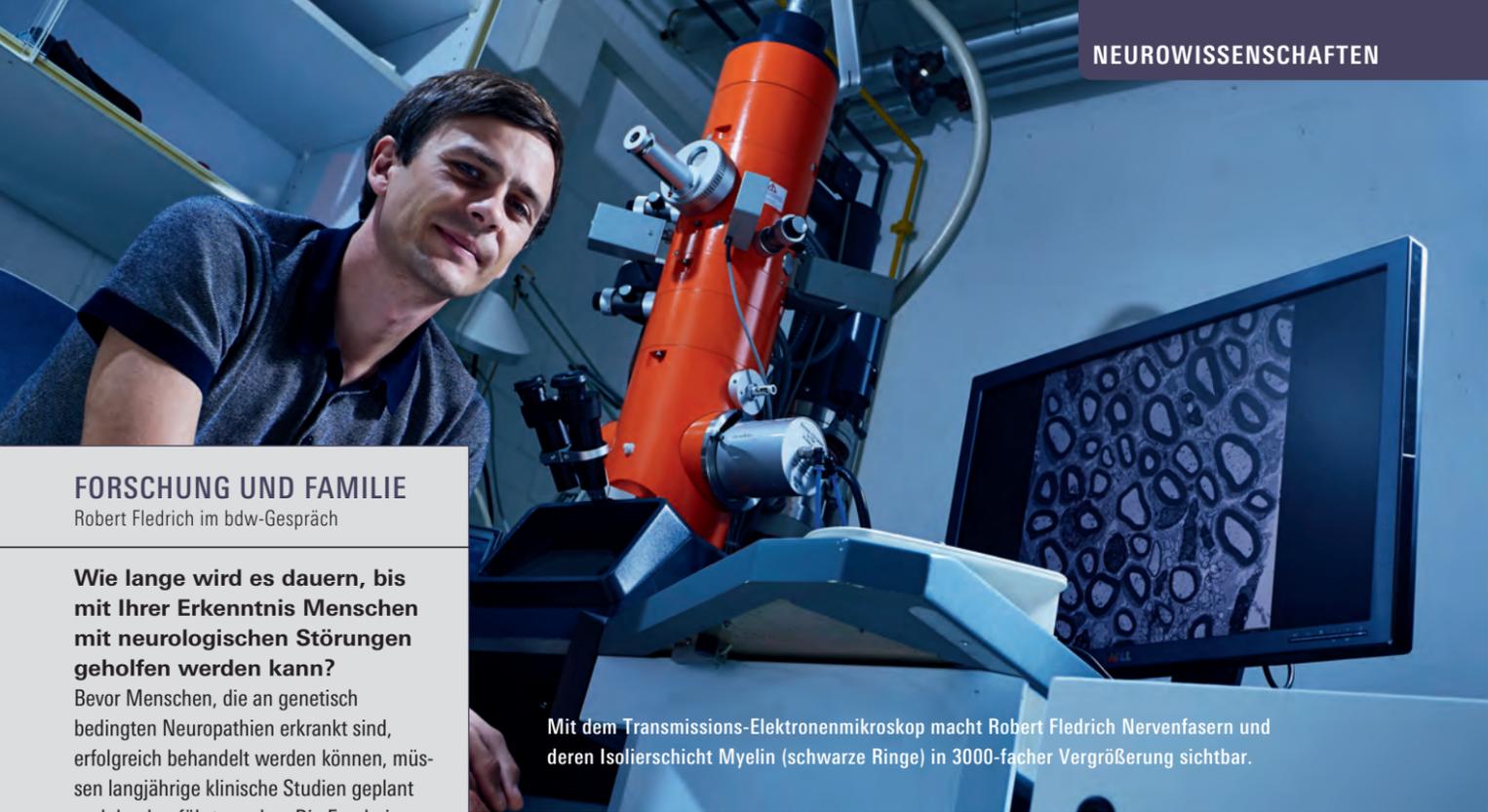
Fotos: Stefan Kögerler/du_bist

Menschen mit chronischen Nervenkrankheiten, auch Neuropathien genannt, leiden dauerhaft an dem Gefühl eingeschlafener Arme und Beine. Meist beginnt die Erkrankung an den Füßen, die Zehen werden taub und das Gehen unsicher. Schreitet die Krankheit weiter fort, kommen oft starke Schmerzen und Lähmungen hinzu, und die betroffenen Menschen können sich nicht mehr ohne einen Rollstuhl fortbewegen. Ausgelöst werden Neuropathien durch genetische Defekte, Stoffwechselstörungen wie Diabetes mellitus oder Medikamente. In den meisten Fällen sind sie nicht heilbar. Im Gegensatz zu chronischen Nervenkrankheiten kann der Körper jedoch plötzlich auftretende akute Nervenverletzungen, zum Beispiel bei einer Schnittwunde, selbst reparieren. In meiner Doktorarbeit habe ich untersucht, was genau bei der Reparatur von akuten Nervenverletzungen geschieht – mit dem Ziel, Möglichkeiten für die Behandlung von bisher unheilbaren Neuropathien zu finden.

Was aber genau ist eigentlich ein Nerv? Ein Nerv ist ein Bündel von sehr langen Zellfortsätzen, den Nervenfasern, die wie Kabel elektrische Signale weiterleiten. So

können zum Beispiel Muskeln angesteuert werden. Wie ein Kabel ist eine Nervenfasern aber nur leitfähig, wenn sie von einer Isolationsschicht umgeben ist. Bei Nerven wird diese Schicht als Myelinscheide bezeichnet. Sie wird jedoch nicht von den Fasern selbst gebildet, sondern von benachbarten Stützzellen, die die Nervenfasern umgeben. Diese Zellen werden nach ihrem Entdecker Theodor Schwann auch als Schwannzellen bezeichnet.

Schon vor über zehn Jahren hat man herausgefunden, dass die Nervenfasern an ihre Stützzellen ein dauerhaftes Signal aussenden müssen, damit diese sie mit der benötigten Isolationsschicht versorgen. Das Signal besteht aus einem Eiweiß oder Protein namens Neuregulin und ist für die Funktion der Schwannzelle essenziell. Nach einer Nervenverletzung ist aber genau die Versorgung der Schwannzelle durch das Protein der Nervenfasern das Problem: Denn die Faser stirbt zunächst ab und wächst dann, wie ein sprossender Ast, erst langsam wieder aus. So lange warten die Schwannzellen auf die neue Nervenfasern und müssen sich scheinbar einige Tage bis Wochen ohne Neuregulin zurechtfinden. Das Rätsel, wie Schwann-



FORSCHUNG UND FAMILIE

Robert Fledrich im bdw-Gespräch

Wie lange wird es dauern, bis mit Ihrer Erkenntnis Menschen mit neurologischen Störungen geholfen werden kann?

Bevor Menschen, die an genetisch bedingten Neuropathien erkrankt sind, erfolgreich behandelt werden können, müssen langjährige klinische Studien geplant und durchgeführt werden. Die Ergebnisse meiner Doktorarbeit unterstützen das Design solcher Studien. Die Marktreife einer Therapie ist aber noch in weiter Ferne.

Für Ihre Arbeit haben Sie Versuche an Mäusen gemacht. Hatten Sie dabei Bedenken?

Eingangs ja, denn als Biologe liegt mir alles Lebende am Herzen, weswegen ich mich intensiv mit dem Thema auseinandergesetzt habe. Mit Alternativen, wie kultivierten Zellen, lässt sich das hochkomplexe Zusammenspiel unserer Organe und Zellen aber leider nicht simulieren. Ein Verzicht auf Versuche an lebenden Tieren würde somit den biologischen und medizinischen Erkenntnisgewinn enorm einschränken und die Heilungschancen für schwerkranke Menschen deutlich schmälern.

Wollen Sie langfristig in der Wissenschaft bleiben?

Definitiv ja! Das Erforschen spannender Fragen, die intellektuelle Freiheit und die Möglichkeit, sich kreativ entfalten zu können, sind für mich eine große berufliche Erfüllung. Oft sitze ich mit meiner Partnerin, die zugleich meine Kollegin ist, abends zusammen, um verschiedene wissenschaftliche Dinge zu diskutieren. Wir sind ein gutes Beispiel dafür, dass Forschung und Familie sich nicht ausschließen. Unsere gemeinsame Tochter ist gerade ein Jahr alt geworden.

Mit dem Transmissions-Elektronenmikroskop macht Robert Fledrich Nervenfasern und deren Isolierschicht Myelin (schwarze Ringe) in 3000-facher Vergrößerung sichtbar.

zellen sich nach einer Verletzung versorgen, war der Ausgangspunkt meiner Arbeit. Anfangs habe ich nach anderen Quellen für Neuregulin gesucht und mir dafür viele verletzte Nerven im Labor angesehen. Dazu habe ich in Gewebeproben spezifische Proteine angefärbt und konnte zu meiner Überraschung unter dem Mikroskop beobachten, dass Schwannzellen nach einer Nervenverletzung für eine kurze Zeit einfach selbst Neuregulin produzieren. Doch inwiefern ist dieses Schwannzell-eigene Neuregulin wichtig für die Reparatur verletzter Nerven?

Die Bedeutung eines Proteins in einem bestimmten Zelltyp kann man am besten untersuchen, indem man es aus der entsprechenden Zelle entfernt. Da solche Experimente bei Menschen nicht möglich sind, ist man gezwungen, auf Tiermodelle zurückzugreifen. Insbesondere Mäuse sind für Wissenschaftler wertvolle Studienorganismen. Sie vermehren sich rasch, sind leicht zu halten und dem Menschen sehr ähnlich, da 85 Prozent ihrer Erbinformation mit der unseren übereinstimmt. Eine Maus ohne Neuregulin in Schwannzellen wäre also für mich sehr nützlich, um etwas über die Reparatur verletzter Nerven zu lernen. Doch wie soll das gehen, Neuregulin aus den Schwannzellen zu entfernen?

Genetiker haben eine sehr elegante und mittlerweile mit dem Nobelpreis ausgezeichnete Methode entwickelt, um dies zu ermöglichen. Diese Methode heißt „gezielte Genmodifikation“ und funktioniert wie folgt: Das Gen, also die Bauanleitung für das Protein, welches man entfernen möchte, wird in allen Zellen des Körpers an seinem Anfang und Ende im Erbgut markiert. Dann benötigt man nur noch ein Werkzeug, das diese Markierungen erkennen kann. Ein solches Werkzeug ist die sogenannte Rekombinase, eine Art molekularer Schweißbrenner, der beliebig und ausschließlich in den gewünschten Zellen markierte Gene herauslösen und das verbleibende Erbgut wieder zusammenschweißen kann.

Durch Anwendung dieser Technik konnte ich Mäuse, in denen Neuregulin aus Schwannzellen entfernt wurde, erzeugen. Dadurch war es mir möglich, die Frage nach dem Beitrag von Neuregulin für die Nervenreparatur zu beantworten. Tatsächlich war der Heilungsprozess in meinen Mausmutanten massiv beeinträchtigt. Bei der Analyse der verletzten Nerven unter dem Mikroskop konnte ich sehen, dass vielen der neu ausgewachsenen Nervenfasern das isolierende Myelin fehlte. Das von den Schwannzellen selbst produzierte Neuregulin ist also für die Reparatur beschädigter Nerven sehr wichtig.

Hoffnung für Patienten?

Obwohl die Zeit für meine Doktorarbeit nun schon fast abgelaufen war, wollte ich unbedingt noch herausfinden, ob sich meine Ergebnisse auf chronische Nervenkrankheiten übertragen lassen. Wie könnte man den Mechanismus der Neuregulin-Produktion in Schwannzellen nach einer akuten Nervenverletzung für eine Behandlung von chronischen Neuropathien nutzen?

Nervenkrankheiten, die durch einen Gendefekt verursacht werden, sind für die Betroffenen von schicksalhafter Bedeutung. Die häufigste genetisch bedingte, vererbliche Neuropathie ist die Charcot-Marie-Tooth- oder kurz CMT-Erkrankung. Allein in Deutschland sind circa 30000 Menschen an ihr erkrankt. Obwohl so viele Menschen unter dieser chronischen Neuropathie leiden und die genetische Ursache schon seit 25 Jahren bekannt ist, gibt es nach wie vor keine

Heilungsmöglichkeit. Das liegt daran, dass die Mechanismen der Erkrankung bisher kaum verstanden sind, was eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung einer Therapie wäre. Für die Erforschung von Erkrankungsmechanismen sind wiederum Tiermodelle unverzichtbare Helfer. Mein Doktorvater Klaus-Armin Nave vom Max-Planck-Institut für Experimentelle Medizin in Göttingen entwickelte vor einigen Jahren ein Rattenmodell für die CMT-Neuropathie, welches viele Eigenschaften der menschlichen Erkrankung widerspiegelt. Da die ersten Beschwerden bei betroffenen Menschen im jungen Erwachsenenalter auftreten, nahm man bisher an, dass auch eine Nervenschädigung erst in diesem Alter beginnt.

Bei der Untersuchung von CMT-Ratten konnte ich aber beobachten, dass die Funktion der Schwannzellen bereits kurz nach der Geburt erheblich gestört ist. Vor allem stellte ich fest, dass viel zu wenige Nervenfasern mit isolierendem Myelin ummantelt werden. Dieses Muster konnte ich bereits aus den Experimenten zur Nervenreparatur mit Schwannzellen ohne Neuregulin, wo ebenfalls zu wenige Nervenfasern mit Myelin neu ummantelt wurden. Bedeutet dies im Umkehrschluss, dass eine Behandlung der CMT-Erkrankung mit Neuregulin die Myelinbildung von Schwannzellen fördern könnte?

Diese Hypothese verfolgte ich in einer ersten Therapiestudie mit CMT-Ratten und fand heraus, dass bereits eine kurze Behandlung mit Neuregulin nach der Geburt ausreichend ist, um die Ausprägung der Krankheit im Tiermodell fast

vollständig zu unterbinden. Besonders vielversprechend war die Beobachtung, dass dieser therapeutische Effekt bis ins Erwachsenenalter hinein anhielt. Eine möglichst frühe Stimulation der Myelinbildung vermag demnach die später einsetzende Fehlfunktion der Nerven weitestgehend abzuwenden.

Mit einem dem Körper selbst abgesehenen Trick scheint es also prinzipiell möglich, bisher als unheilbar geltende Neuropathien zu behandeln. Damit betroffene Menschen von der weckenden Wirkung von Neuregulin auf schlafende Arme und Beine profitieren können, müssen aber noch viele Studien durchgeführt werden, die die Verträglichkeit einer Behandlung adressieren. Bis die neu gewonnenen Erkenntnisse in den Klinikalltag übertragen werden können, ist es somit noch ein weiter Weg.

Ab ins Körbchen: Mit dem Balanciertest werden die motorischen Fähigkeiten der Ratte überprüft.



Fresszellen haben den Dreh raus

Was der Makrophage nicht kennt, das frisst er! Und was nicht passt, wird passend gedreht – wenn er dabei an die Grenzen seiner Kräfte geht, kann uns dieses Wissen Hinweise auf neue therapeutische Ansätze geben.

von Ima Avalos Vizcarra

Montag, 12:30 Uhr. In einem kleinen asiatischen Restaurant sitzt ein Geschäftsmann vor seiner Schale Udon-Nudelsuppe. Für einen winzigen Moment betrachtet er kritisch den Teller und überlegt sich die beste Strategie, um den dicken Nudeln zu Leibe zu rücken. Zerkleinern, aufwickeln oder an einem Punkt festhalten und stückchenweise in den Mund befördern? Oder etwa direkt einschlürfen? Ganz ähnliche Fragen müssen sich auch Zellen des Immunsystems stellen, wenn sie den alltäglichen Kampf gegen potenziell gefährliche Mikroben aufnehmen – nur dass die Immunzellen keine Hilfsmittel wie Gabel, Essstäbchen oder Löffel besitzen. Streng genommen besitzen Zellen ja nicht einmal Hände, mit denen sie Objekte festhalten oder orientieren können.

Trotzdem verteidigen spezialisierte Agenten unseres Immunsystems den Körper tagtäglich gegen fremde und möglicherweise gefährliche Eindringlinge wie Bakterien, aber auch Partikel mit Medikamenten und manchmal sogar ganze Implantate. Sogenannte Fresszellen spü-

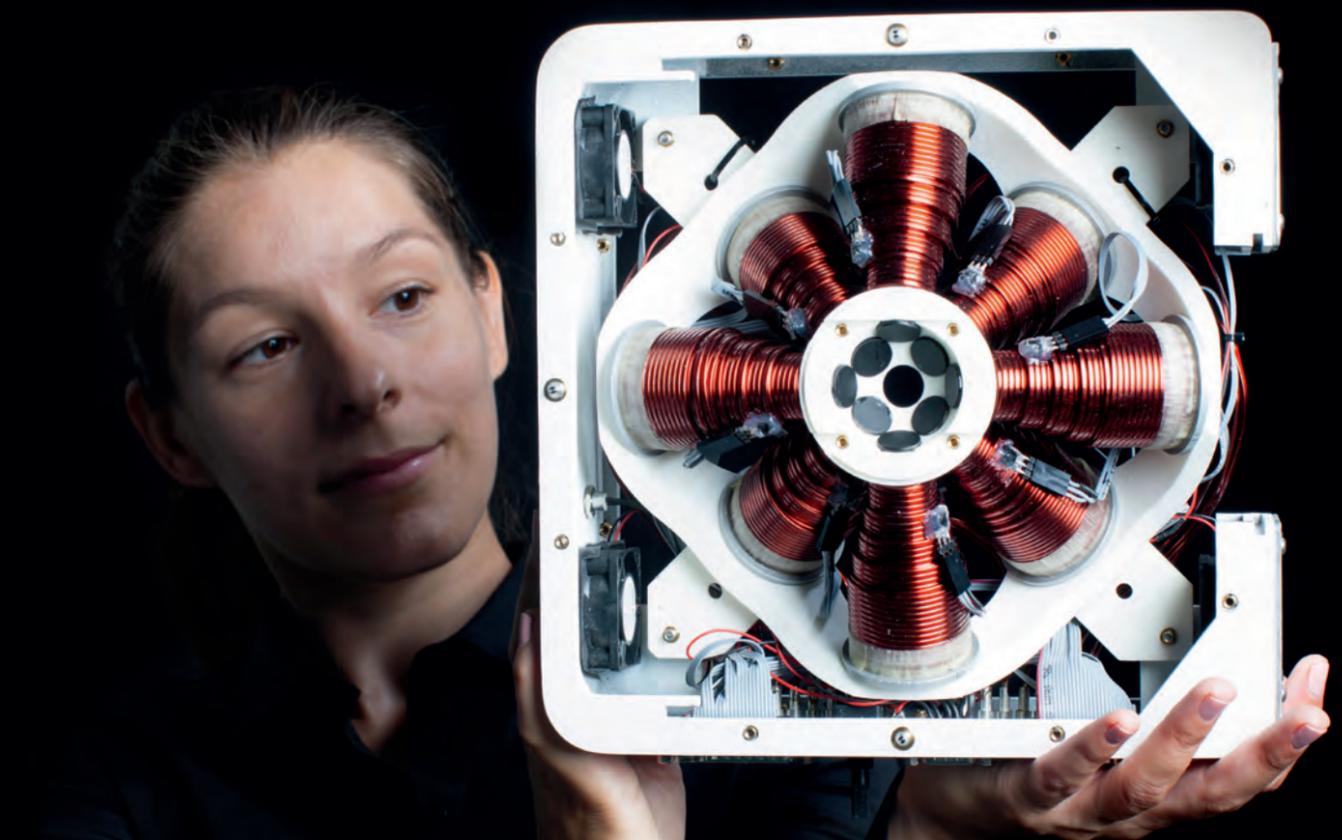
ren die körperfremden Objekte auf und beginnen damit, sie sich einzuverleiben, um sie in ihrem Inneren mit aggressiven Chemikalien zu zersetzen. Obwohl Zellen eben keine Hände haben, so haben sie doch die Möglichkeit, Kräfte aufzubauen und ihre Form so zu verändern, dass sie trichter-, arm- und fußförmige Ausstülpungen bilden, mit denen sie sowohl drücken als auch ziehen und sich um etwas herum formen können. Dieses Phänomen der Erkennung und Aufnahme von unbekanntem Material wird als Fremdkörperreaktion beschrieben und ist Teil des angeborenen Immunsystems von Säugetieren.

Kräfte und Formen spielen bei der Fremdkörperreaktion eine wichtige Rolle. Analog zur Udon-Problematik ist beispielsweise beschrieben worden, wie die Fresszellen unseren Körper gegen längliche Bakterien verteidigen. Dabei können die Bakterien von doppelt so lang wie breit zu vielfachen Längen ihrer Breite variieren, sodass sie entweder Stäbchen oder eben Udon-Nudeln ähneln. Die Fresszellen beginnen jeweils an einem Ende eines

Bakteriums, bilden einen Trichter oder eine Schaufel aus, um es aufzunehmen, und arbeiten sich dann der Länge nach herum, bis sie es sich komplett einverleibt haben. Also ganz ähnlich dazu, wie man eine Nudel zum Beispiel mithilfe von Essstäbchen von einem Ende her stückchenweise in den Mund befördert. Dabei wird es für die Fresszellen umso kraft- und zeitaufwendiger, je länger die Bakterien sind. Die bakterielle Überlebensstrategie hierzu wurde von Joel Swanson passenderweise „noodle defense“ (zu Deutsch: Nudelverteidigung) getauft.

In meiner Arbeit habe ich mich mit einer bestimmten Art von Fresszellen, sogenannten Makrophagen (von altgriechisch makrós, „groß“, und altgriechisch phagein, „essen“), und stäbchenförmigen Bakterien beschäftigt. Ich war daran interessiert, welche Strategien die beiden verfeindeten Seiten bei ihrem Aufeinandertreffen verfolgen. Eines der wichtigsten Ziele für die Beute ist dabei, überhaupt zu überleben. Daher war ich zunächst daran interessiert, ob die Erkennung durch den Makrophagen – sozusagen der

Fotos: Robert Huber für bfw



Um die Reaktion von Fresszellen auf Eindringlinge zu untersuchen, hat Ima Avalos Vizcarra sie in die „magnetische Falle“ gelockt. Darin konfrontierte sie die Makrophagen mit magnetisch fixierten Mikropartikeln.

DR. IMA AVALOS VIZCARRA

1983 geboren in Bielefeld

2002 Abitur

2002 bis 2003 Studium der Molekularen Biotechnologie an der Universität Bielefeld

2003 bis 2008 Studium der Molekularen Biotechnologie an der Universität Stuttgart

2008 Diplom der Technischen Biologie

seit 2009 Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der ETH Zürich

2010 bis 2014 Doktorandin der Mechano-biologie an der ETH Zürich

3.12.2014 Promotion zum Dr. sc. nat. ETH

seit 2015 Postdoktorandin an der ETH Zürich

Infos: www.appliedmechanobio.ethz.ch/the-laboratory/people/post-docs/ima.html

Kontakt: ima.avalos@hest.ethz.ch

VORTURNEN ALS TRAINING

Ima Avalos Vizcarra im bdw-Gespräch

Sie schreiben, dass Ihre Erkenntnis über das Fressverhalten von Makrophagen zur Gestaltung von Medikamenten genutzt werden kann. Wird in diese Richtung schon geforscht?

Seit einigen Jahren häufen sich die Beobachtungen, dass geometrische Faktoren eine wichtige Rolle in vielen medizinisch relevanten Prozessen spielen, etwa bei der Embryoentwicklung oder der Alterung. Bisher war bekannt, dass die Form und Größe von medizinisch genutzten Mikropartikeln die Aufnahme von Medikamenten beeinflussen können. Wir möchten jetzt weiter darauf aufbauen und die Ergebnisse in direktem medizinisch relevantem Kontext zeigen.

Sie haben in Deutschland studiert und arbeiten nun in der Schweiz. Welche Unterschiede gibt es zwischen den Ländern?

Neben den sprachlichen Unterschieden fällt mir in der Schweiz auf, wie stolz man hier auf sein Land ist. Die Schweizer Flagge flattert immer und überall und fungiert auch als Qualitätssiegel. Ich vermute, dass man sich in Deutschland stärker über die Technologie, also zum Beispiel die Automobilindustrie, als über das Land identifiziert.

Nebenbei sind Sie Fitnesstrainerin. Ist das Ihr Ausgleich zum wissenschaftlichen Arbeiten?

Ich brauche die Bewegung, um den Kopf freizubekommen. Die Entscheidung, anderen etwas „vorzuturnen“, beruht aber eher auf dem Gedanken, dass dies eine Art Präsentations- und Kommunikationstraining ist. Ich übe dabei das routinierte und professionelle Auftreten genauso wie authentisch zu sein und auch mal zu improvisieren – und vor allem, andere für etwas zu begeistern.

Wie verleibt man sich am besten eine asiatische Nudelsuppe ein? Vor einer ähnlichen Frage stehen auch Immunzellen, die längliche Bakterien verspeisen.



Ersteindruck, den ein Bakterium beim Makrophagen hinterlässt – eine Rolle für das Überleben der Beute spielte.

In den ersten Experimenten hierzu konfrontierte ich Makrophagen mit ihrer Bakterienbeute, ließ sie diese fressen und löste nachher die Bakterien wieder aus den Makrophagen heraus, um zu testen, ob sie noch lebendig waren. Um den Makrophagen verschiedene Ersteindrücke zu geben, nahm ich Bakterien, die besonders gut an Makrophagen festhalten konnten, also besonders klebrig waren, und solche, die kaum klebten. In vorherigen Studien wurde schon beobachtet, dass die klebrigen Bakterien einen Überlebensvorteil hatten. Durch systematisches Variieren der Bakterienzahl fand ich heraus, dass die besonders klebrigen Bakterien viel schneller in die Makrophagen aufgenommen wurden. Interessanterweise hatte dies den Überlebensvorteil, dass sie besser vor zugegebenen Antibiotika geschützt waren. Unklar war noch, ob die Bakterien durch erhöhte Klebrigkeit bloß die richtige Voraussetzung für ihre

Aufnahme schufen oder ob sie auch aktiv daran beteiligt waren, indem sie sich zum Beispiel in die Makrophagen reinbohrten. Um dies zu testen, gaben wir den Makrophagen eine sie lähmende Chemikalie, Latrunculin B – denn zur aktiven Aufnahme mussten sie Kräfte aufbauen, um zum Beispiel eine Bakterienchaufel zu formen. Makrophagen, die mit Latrunculin B behandelt wurden, waren aber nur noch bewegungsunfähige, schlaffe Zellsäckchen. Auch an diesen gelähmten Makrophagen klebten weiterhin Bakterien – allerdings nur außen, wo sie am Antibiotikum starben. Ich konnte also schlussfolgern, dass die Makrophagen sich aktiv entschieden, Bakterien zu fressen. Und das wiederum wollte ich gern genauer verstehen, insbesondere die Rolle der ersten Begegnung.

Um der Frage nach den allerersten Reaktionen von Makrophagen auf Fremdkörper nachzugehen, arbeitete ich zusammen mit einer Forschungsgruppe, die sich mit magnetischen Mikropartikeln beschäftigte und diese frei bewegen und steuern konnte. Die Mikropartikel dien-

ten uns als Modell für Fremdkörper – mit dem großen Vorteil, dass wir sie mithilfe des magnetischen Feldes aktiv durch die Gegend steuern konnten. Ein wichtiger Punkt für die Durchführung unserer Experimente war hierbei, dass der Partikel nicht von Anfang an mit dem Makrophagen in Berührung war, sondern ein Stück davon entfernt lag. Nur dadurch konnten wir annehmen, dass die Entscheidungsfindung von Kontakt zu Aufnahme nicht durch uns beeinflusst wurde.

Erst weggestupst, dann angebissen

Zu Beginn präsentierten wir den Makrophagen kugelförmige Partikel. Unsere erste verblüffende Beobachtung war hierbei, dass Makrophagen die offerierten Kugeln erst wegstupsten, bevor sie daran zogen – etwas, das uns nicht intuitiv erschien. Warum erst den Teller wegschieben, von dem man essen möchte? Wochen und Monate verbrachten meine Kollegin Simone und ich vor dem Mikroskop (und nachher vor den Daten), manövrierten Partikel vor die Makrophagen und warteten, bis sie anbissen. Und beharrlich liefen diese zunächst gegen das Objekt, drückten es weg und zogen es erst dann zu sich. Außerdem folgten die Partikel oft eher einer geschwungenen als einer geraden Bahn. In akribischer Recherche und im Vergleich mit anderen Studien merkten wir, dass auch die Daten anderer Forscher diese nicht-geradlinige Bewegung und ein erstes Wegschieben zu enthalten schienen, auch wenn dies nicht diskutiert wurde. Mit unseren hochaufgelösten Zeit-, Ort- und Kraftdaten konnten wir zeigen, dass Makrophagen durchaus unregelmäßige und nichtgeradlinige Wege nahmen, um Partikel zu sich zu ziehen.

Wie kamen diese geschwungenen Partikelwege zustande? Wir vermuteten, dass die geschwungene Bewegung der Kugeln auf dem Drücken, aber auch auf einer Drehung, die vom Makrophagen ausgelöst wurde, beruhte. Mit den Kugeln, die wir bisher verwendet hatten, konnten wir diese Vermutung allerdings nicht testen, da eine Drehung ohne Markierung aus Bildaufnahmen nicht zu erkennen war. Dies wäre nur möglich gewesen, wenn sich wie bei Bowlingkugeln Markierungen oder Nummern auf

den Kugeln befunden hätten, die sich mitdrehen. So etwas im Maßstab von Tausendstel Millimetern herzustellen ist jedoch ziemlich aufwendig. Um die vermutete Drehung zu zeigen, brauchten wir also zum Beispiel Stäbchen, bei denen man wie bei den Zeigern einer Uhr ihre Orientierung ablesen kann. Ein wichtiger Punkt bei unserem experimentellen Ansatz war, dass die Stäbchen quer vor den Makrophagen lagen, da wir so untersuchen konnten, ob die Orientierung wichtig war.

In der Tat konnten wir beobachten, dass ein Makrophage ein quer liegendes Stäbchen so drehte, dass es vom kürzeren Ende her aufgenommen werden konnte. Schließlich machten wir es den Makrophagen noch mal schwerer und legten ein magnetisches Feld an, welches den Stäbchenmagneten in seiner Orientierung festhielt. Nur wenn der Makrophage eine Kraft aufbrachte, die gleich groß oder größer als die des Magneten war, konnte er das Stäbchen drehen. So konnten wir das Drehmoment eines Makrophagen messen. Mit diesen Expe-

perimenten fanden wir heraus, dass die bevorzugte Orientierung parallel und nicht quer zur Zelle war und dass wir die Makrophagen an ihrem Ziel, der Drehung des Objekts, hindern konnten, indem wir Drehmomente anlegten, die dem zehnbis hundertfachen Drehmoment entsprachen, das zum Beispiel schwimmende Bakterien mit ihrem Antrieb aufbringen können.

Das Wissen um die kulinarischen Vorlieben von Immunzellen und den Kräften, die sie aufbringen können, hilft uns zu verstehen, wie Bakterien es schaffen können, unser Immunsystem auszutricksen. Es kann aber auch dazu genutzt werden, Partikel mit medizinisch wirksamen Bestandteilen so zu gestalten, dass sie eben nicht von Makrophagen gefressen werden können. Wenn es gelänge, Medikamente so zu verpacken, dass sie sich dem Gefressenwerden und Abtransport durch Makrophagen widersetzen, könnten sie besser zu spezifischen Orten im Körper, zum Beispiel einer Infektion, gebracht werden und würden dort bleiben, wo sie ihre Wirksamkeit entfalten sollen. ●



Die Biotechnologin weiß jetzt, wie viel Kraft und welche Strategie Makrophagen im Kampf gegen Bakterien anwenden.

Ein Bauplan für Hochstapler

Haben Sie schon einmal versucht, Tischtennisbälle zu stapeln? Besonders gut eignet sich eine Anordnung, die eine gleichseitige Pyramide ergibt. Aber was macht diese Struktur so stabil?

von Sascha Heitkam

Bei einem Spaziergang durch Dresden begegnen uns viele Beispiele für dicht gepackte Kugeln. Obsthändler stapeln Apfelsinen vor ihren Geschäften, am Dresdner Zwinger finden sich Sandsteindarstellungen von Weintrauben, in der Hand hält man eine Tüte mit Haselnüssen oder Puffreis, in einem Springbrunnen stapeln sich glänzende Kugeln, platziert durch die Künstlerin Yayoi Kusama. Für Wissenschaftler ist an Kugelpackungen besonders die Lage benachbarter Kugeln zueinander interes-

sant. Folgt sie bestimmten Regeln? Gibt es für bestimmte Zwecke optimale oder ungeeignete Anordnungen?

Schon im Jahre 1611 beschäftigte sich Johannes Kepler mit dem Problem, Kanonkugeln möglichst platzsparend in Schiffen zu verstauen. Er stellte dabei die These auf, dass regelmäßige Anordnungen, die auf gleichseitigen Pyramiden basieren, die platzsparendsten Kugelpackungen darstellen. Erst 1998 gelang es Thomas Hales unter Zuhilfenahme moderner Computer, diese These zu beweisen.

Tatsächlich gibt es zwei verschiedene Anordnungen von Kugeln, die beide die dichtestmögliche Packung aufweisen. Das sind A, die kubisch flächenzentrierte, und B, die hexagonal

dichteste Packung. Beide Anordnungen bestehen aus Schichten von Kugeln. Innerhalb einer Schicht sind die Kugeln in Sechsecken angeordnet, so wie die Zellen einer Bienenwabe. Die Anordnungen A und B unterscheiden sich darin, wie diese Schichten aufeinandergestapelt sind.

In vielen Bereichen der Wissenschaft wird mit kugelförmigen Objekten gleicher Größe gearbeitet, beispielsweise mit Glas- oder Metallkugeln, kleinen Blasen oder Fetttropfchen. Wissenschaftler

beobachten dabei häufig, dass sich diese Objekte ganz von allein in dichten, regelmäßigen Packungen anordnen. Zum Teil ist dieser Effekt ungewollt. Man kann ihn jedoch kaum verhindern. Etwas Schütteln oder Rühren wird diese Ordnung sogar noch verstärken. Im Alltag kann man das Phänomen beobachten, wenn man Mohn in einen Vorratsbehälter füllt. Durch Schütteln ordnen sich die Körner regelmäßig zueinander an, und es passt etwas mehr Mohn in den Behälter.

Heureka! Die besten Ideen kommen bekanntlich beim Baden. Sascha Heitkam weiß jetzt, wann Schaum, oder auch ein Berg aus Bällen, am stabilsten ist.

Fotos: Jürgen Lösel für bow

DR. SASCHA HEITKAM

1984 geboren in Hoyerswerda

2004 Abitur

2004 bis 2005 Zivildienst/Fernstudium der Physik an der TU Kaiserslautern

2005 bis 2009 Physik- und Maschinenbaustudium an der TU Dresden

2009 Diplom in Energietechnik

2010 bis 2014 Doktorand des Maschinenbaus an der TU Dresden sowie der Physik an der Université Paris Sud XI in Orsay, Frankreich

seit 2010 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Strömungsmechanik an der TU Dresden

2011 bis 2012 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Laboratoire de Physique des Solides an der Université Paris-Sud XI

23.6.2014 Promotion zum Dr.-Ing.

seit 2014 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Strömungsmechanik an der TU Dresden, seit August 2015 mit eigenem DFG-Projekt zu Schaumströmungen

Infos: tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_maschinenwesen/ism/sm/mitarbeiter/heitkam

Kontakt: sascha.heitkam@tu-dresden.de

Zwei ähnliche Pyramiden mit einem entscheidenden Unterschied: Die linke Anordnung ist stabiler als die rechte.



FASZINIERT VON SCHÄUMEN

Sascha Heitkam im bdw-Gespräch

Für Ihre Doktorarbeit haben Sie erfolgreich mit Computersimulationen gearbeitet. Wird diese Forschungsmethode in Zukunft noch häufiger werden?

Mit der ständig zunehmenden Leistungsfähigkeit von Supercomputern wird es möglich, immer größere und komplexere Probleme zu simulieren. Daher wird auch die Anwendung, insbesondere in der Industrie, in Zukunft mehr werden. Man sollte Computersimulationen aber nicht ohne Prüfung vertrauen, denn sie beruhen auf Modellannahmen. Daher wird man auch in Zukunft nicht auf Experimente verzichten können.

Sie haben sich nun zum zweiten Mal mit Schaum beschäftigt. Das erste Mal war beim Bundeswettbewerb „Jugend forscht“. Haben es Ihnen Schäume angetan?

Auch mein aktuelles DFG-Projekt beschäftigt sich wieder mit Schäumen. Ich finde Schäume unglaublich faszinierend. Ihr Verhalten wird durch eine Vielzahl von Mechanismen bestimmt. So können zum Beispiel Ungleichgewichte in der Verteilung von Tensid-Molekülen das Platzen von Blasen auslösen, aber nur wenn gleichzeitig der Flüssigkeitsgehalt gering genug ist, der wiederum von der zeitlichen Entwicklung des Schaums abhängt.

Sie haben zunächst Physik und Maschinenbau studiert, sich dann ganz auf Maschinenbau konzentriert. Warum?

Die Lehrinhalte des Hauptstudiums Physik waren für mich zu praxisfern. Die Inhalte des Maschinenbaus, insbesondere der Strömungsmechanik, kann man hingegen meist intuitiv verstehen. Jeder weiß, dass eine Fahne im Wind flattert oder dass Wind hinter einem Hindernis verwirbelt.

Wissenschaftler, die mit Kugelpackungen arbeiten, beobachten, dass kugelförmige Objekte in dichten Packungen die Anordnung A gegenüber der Anordnung B bevorzugen. Das ist höchst verwunderlich, denn beide Anordnungen sind in der Struktur sehr ähnlich und insbesondere gleich dicht gepackt. Die Objekte sparen also keine Energie, wenn sie Anordnung A bevorzugen. Es existiert auf den ersten Blick eigentlich kein Grund für Kugeln, vermehrt Anordnung A auszuwählen. Die offensichtliche Bevorzugung von Anordnung A gegenüber B war daher bisher ein Rätsel.

In meiner Forschung beschäftigte ich mich mit der Bildung von Schaum aus kleinen, kugelförmigen Bläschen. Jedoch führte ich keine Experimente aus, sondern berechnete mittels Computersimulationen, wie die Blasen aufsteigen und im oberen Teil eines Gefäßes Schaum bilden. Dabei stieß auch ich auf die Bildung von regelmäßigen Anordnungen von Blasen. Wie Soldaten bei einer Militärparade ordneten sich die Blasen in einer regelmäßigen Struktur an. Da ich so etwas noch nie in meiner Badewanne beobachtet hatte, hielt ich es für einen Fehler in meinen Simulationen. Ich versuchte daher zunächst, diese Anordnungen zu beseitigen: Ich erweiterte das mathematische Fundament meines Computerprogrammes, beschrieb die Blasen und ihre Umgebung

Mit einer High-Speed-Kamera misst der Physiker die Form der aufsteigenden Blasen.

immer genauer. Jedoch trat die regelmäßige Anordnung immer wieder auf.

Verunsichert besuchte ich meine Kollegin Wiebke Drenckhan, Physikerin an der Universität Paris Sud in Frankreich, und zeigte ihr die merkwürdigen Resultate. Sie war sofort begeistert: „Diese Anordnungen sind kein Unsinn, sondern ein ungelöstes wissenschaftliches Rätsel! Und du bist der Erste, der sie in dieser Form am Computer beobachtet. Wir müssen das unbedingt zusammen näher untersuchen!“ Also verbrachte ich ein Auslandsjahr in Paris.

Ich erfuhr, dass man bisher in den Experimenten nur die Endprodukte, also die Anordnungen A oder B, beobachten konnte. Man wusste also, dass am Ende mehr A als B vorhanden ist, konnte aber nicht nachverfolgen, wie diese Strukturen entstanden sind. Der große Vorteil der Simulationen am Computer ist, dass ich die Bewegung jeder einzelnen Blase nachvollziehen kann. Dadurch kann ich den Anordnungen beim Wachsen zusehen. Ich kann beobachten, welche Kräfte wirken, wie sich die Blasen verschieben und wie die Flüssigkeit zwischen den Blasen fließt.

Auf diese Weise entdeckte ich, dass die Anordnung A stabiler als die Anordnung B ist. Von den ersten Blasen, die oben ankommen, wird zunächst etwa gleich viel A und B gebildet. Es steigen jedoch weitere Blasen auf und kollidieren mit der

bereits gebildeten Packung. Anordnung B kann diesen Stößen nicht standhalten. Sie zerfließt. Anordnung A dagegen ist stabiler. Dadurch überlebt Anordnung A. Die nachfolgenden Kugeln neigen nun dazu, sich ebenfalls in die Anordnung A einzuordnen.

Doch warum ist Anordnung A stabiler als Anordnung B? Um das zu verstehen, fertigte ich mir Modelle aus Styroporkugeln und Strohhalmen. Zum einen trug das zur Unterhaltung meiner Kollegen bei. Zum anderen konnte ich so in die Anordnungen hineinzoomen und mir anschauen, wie benachbarte Kugeln zueinander ausgerichtet sind. In der mechanisch stabileren Anordnung A sind die Kugeln auf geraden Linien aufgereiht. Sie bilden Säulen, welche die Anordnung durchziehen. Wenn jetzt Kräfte von außen auf die Packung wirken, werden sie über die Säulen abgeleitet, ohne die Packung zu zerstören. In Anordnung B gibt es diese Säulen nicht. Drückt man auf diese Struktur, so kann sie die Kräfte nicht ableiten, sondern faltet sich wie eine Ziehharmonika zusammen und zerfließt.

Zunächst war es sehr schwierig, andere Wissenschaftler von dem Stabilitätsargument und seiner Bedeutung zu überzeugen. Das lag vermutlich daran, dass Experimentatoren ein natürliches und oft auch begründetes Misstrauen gegenüber Computersimulationen haben. Also ent-

wickelte ich ein kleines Demonstrationsexperiment. Darin versuchte ich, mit aufsteigenden Blasen unter einer Glasplatte eine auf dem Kopf stehende Pyramide aufzuschichten. Wählte ich Anordnung A, so gelang dies. In Anordnung B dagegen zerfließt die Pyramide durch ihren eigenen Auftrieb. Auch stapelte ich Pyramiden aus Metallkugeln und legte diese in eine mechanische Presse. Die Pyramide in Anordnung B zerfiel schon bei sehr geringen Kräften. Bei Anordnung A wurde die Presskraft entlang der aufgereihten Kugeln abgeleitet. Schließlich brach der Rahmen, und die Kugeln schossen durch das Labor. Diese sehr eindrucksvolle Demonstration hat letztendlich auch die Skeptiker überzeugt, und ich konnte meine Ergebnisse veröffentlichen.

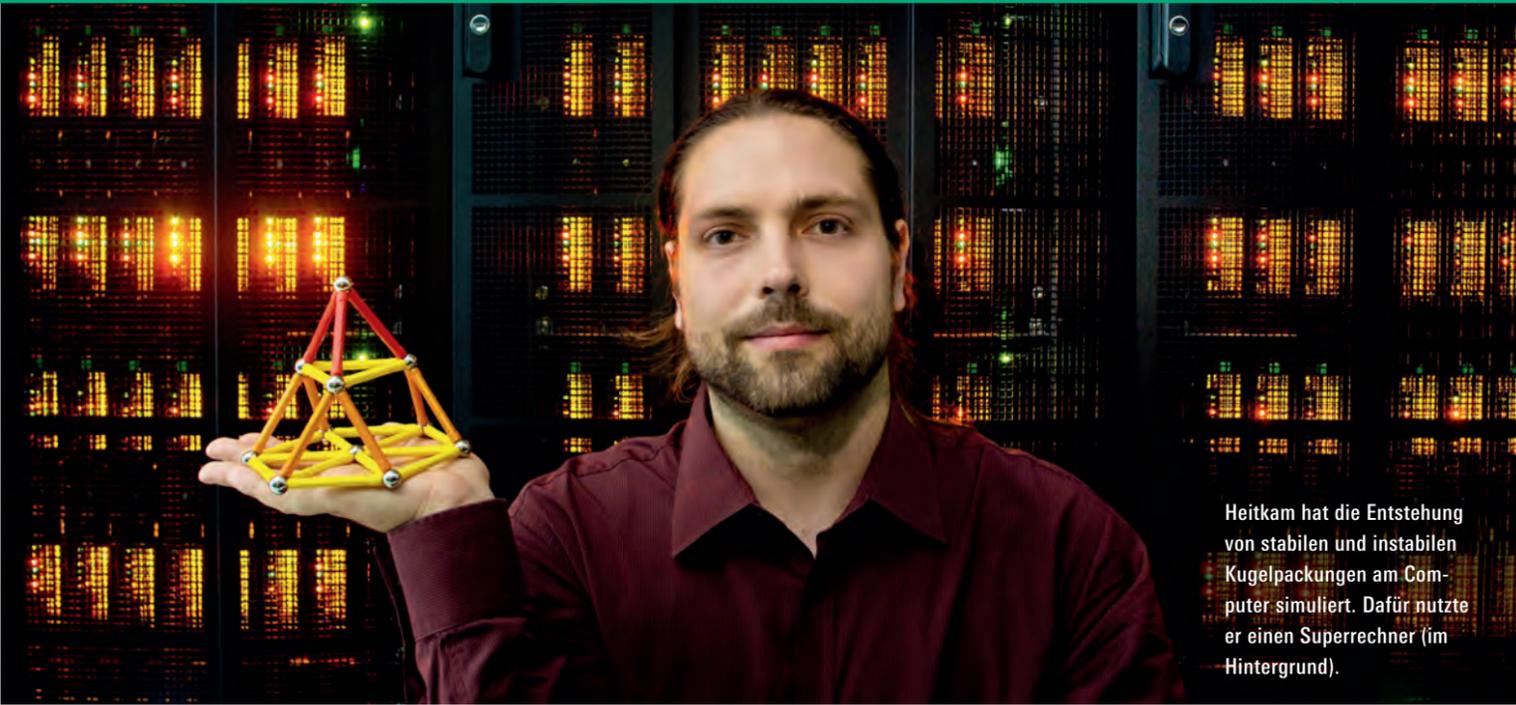
Wie stabil ist Metallschaum?

Im weiteren Verlauf meiner Dissertation bezog ich die bisherigen Resultate auf Metallschäume, also Metalle, die im geschmolzenen Zustand mit Gasblasen versetzt und dann abgekühlt werden. Ich demonstrierte, dass mit magnetischen oder elektromagnetischen Feldern im Entstehungsprozess von flüssigem Metallschaum die Bildung von Blasenpackungen der Anordnung A oder B gezielt beeinflusst werden kann. Auch betrachtete ich festen Metallschaum und berechnete die Stabi-

lität des Schaums, wenn dessen Blasen in Anordnung A oder B ausgerichtet sind.

Die interessantesten und schönsten Ergebnisse meiner Dissertation sind jedoch die Erkenntnisse zur mechanischen Stabilität verschiedener Anordnungen in Kugelpackungen. Das Stabilitätsargument ist sehr simpel, und das macht es äußerst attraktiv. Für die Herleitung benötigt man nur Physik- und Mathematikkenntnisse der 8. Klasse. Auch stellt es keinerlei Anforderungen an Material oder Eigenschaften der Kugeln. Dadurch ist es universell einsetzbar. Wie oben beschrieben, kann man das erhöhte Auftreten von Anordnung A in sehr verschiedenen Experimenten beobachten. Zwar haben Glaskugeln mit kleinen Fetttropfchen bis auf die runde Form sehr wenig gemeinsam. Doch dass ihre Anordnung B durch von außen aufgebrachte Kräfte zerfließt, ist für beide Arten von Kugeln plausibel. Daher glaube ich, dass das Stabilitätsargument in vielen Wissenschaftszweigen von Bedeutung ist.

Diese Universalität erlaubt es auch, das Stabilitätsargument auf unser tägliches Leben zu beziehen. Wenn Obsthändler vor ihrem Laden Orangen oder Äpfel zu Pyramiden aufstapeln, werden sie dafür intuitiv die stabilere Anordnung A wählen. Und spätestens wenn ein Kunde in Eile gegen den Ladentisch gestoßen ist, wird sich diese Anordnung bezahlt machen. ●



Heitkam hat die Entstehung von stabilen und instabilen Kugelpackungen am Computer simuliert. Dafür nutzte er einen Superrechner (im Hintergrund).

Astronomie unter dem Meer

Wie würde man nach Überresten von Sternexplosionen suchen? Mit einem Blick in den Sternenhimmel, ist die naheliegende Antwort. Jenny Feige schaute stattdessen auf den Meeresgrund, denn die Tiefseeastronomie kann uns einiges über die Geschichte des Universums verraten.

von Jenny Feige

Jeder hat schon einmal von Lucy gehört, dem menschenartigen Wesen, das vor 3,2 Millionen Jahren die Erde bewohnte. Ein sogenannter Australopithecus afarensis. Doch was hat Lucy mit der Astronomie zu tun? Möglicherweise wurde sie Zeuge eines faszinierenden kosmischen Ereignisses: einer Sternexplosion.

Solch eine Supernova lässt den Stern für kurze Zeit bis zu einigen Milliarden Male heller erscheinen. Bei der Detonation wird dessen Sternhülle in alle Rich-

tungen des Weltalls geschleudert. Mit einer Geschwindigkeit von über tausend Kilometern pro Sekunde fegt sie über alles hinweg, das sich ihr in den Weg stellt. Sogar unser eigenes Sonnensystem könnte sie treffen. Dieses Szenario hat sich vermutlich zu Lucys Lebzeiten abgespielt, denn es gibt Hinweise auf eine turbulente Vergangenheit.

Eine Serie von Supernova-Explosionen riss in den vergangenen 14 Millionen Jahren einen gewaltigen Hohlraum in das uns umgebende interstellare Me-

dium – das Gas und den Staub zwischen den Sternen unserer Galaxie. Der Hohlraum hat eine Ausdehnung von 300 bis 600 Lichtjahren und beheimatet neben unserem Sonnensystem auch viele Nachbarsterne. Um diese Struktur – sie wird als Lokale Blase bezeichnet – zu erzeugen, waren mindestens 14 bis 20 Sternexplosionen erforderlich. Hierfür kommt eine Sternstromgruppe infrage. Das ist eine Ansammlung von massereichen Sternen, von denen jedoch die kurzlebigsten Sterne fehlen. Diese sind innerhalb der letzten

Foto: Dietmar Gust für bfw

14 Millionen Jahre explodiert, was dem Alter der Lokalen Blase entspricht. Die verbleibenden Sterne gehören heute zur Scorpius-Centaurus-Assoziation, einer Sternansammlung, die man am Südsternhimmel beobachten kann.

Verfolgt man die Bahnen der verbliebenen Sterne zeitlich zurück, dann stellt sich heraus, dass die Sternstromgruppe unserem Sonnensystem vor etwa zwei bis drei Millionen Jahren mit weniger als 300 Lichtjahren sehr nahe kam. Einige Sterne könnten in dem Zeitraum explodiert sein und Materie in Form von Staub in unser Sonnensystem geschleudert haben. Denn Supernovae sind wahre Staubfabriken. In nur wenigen Jahren können sich Staubmengen vergleichbar mit der Masse unserer Sonne in den expandierenden Hüllen bilden. Zwar schützt der Sonnenwind unser Sonnensystem vor kosmischen Teilchen, doch ein Teil des Staubs schafft es trotzdem, diese Barriere zu überwinden und zur Erde zu gelangen.

Um Staubspuren einer Supernova auf der Erde zu finden, benötigt man einen möglichst ungestörten Ort: eine Art Archiv, das die außerirdischen Teilchen speichern kann. Das Archiv muss zudem eine Zeitinformation enthalten, um Rückschlüsse auf die Ankunft der Staubteilchen auf der Erde ziehen zu können. Solche Orte existieren fernab der Kontinente in der Tiefsee, genauer gesagt am Meeresgrund. Die Tiefseesedimente wachsen hier nur extrem langsam, sie bilden sich hauptsächlich aus dem wenigen kontinentalen Staub, der mit dem Wind weit hinaus in den Ozean transportiert

wird, und aus Überresten von Meerestieren, die sich auf ihrem langen Weg zum Meeresboden noch nicht aufgelöst haben. Ungestört von äußeren Einflüssen entstehen nur wenige Meter neuen Sediments in einer Million Jahre.

Bei dem Wachstumsprozess setzen sich auch ferrimagnetische Mineralien – Partikel, die sich wie Kompassnadeln nach dem Erdmagnetfeld ausrichten – auf der Sedimentoberfläche ab. Werden diese Mineralien von jüngerem Sediment überlagert, wird ihre magnetische Orientierung festgehalten. Eine Umpolung des Erdmagnetfeldes wird so zeitlich dokumentiert. Da Änderungen des Magnetfeldes in der Erdgeschichte zufällig erfolgten, entstand ein einzigartiges Muster im Sediment. Dieser Fingerabdruck kann über sehr große Zeiträume, bis zu mehr als einhundert Millionen Jahre in die Vergangenheit, beobachtet werden. Jedes Sediment, das dieses Muster zeigt, kann mit dieser Methode – der Magnetostratigraphie – datiert werden. Eine weitere Hilfe bietet die Biostratigraphie: Mit eingelagerten Fossilien verstorbener Lebewesen können Sedimentbereiche bestimmten Zeitperioden zugeordnet werden.

Langsam wachsende Tiefseearchive hat Jenny Feige im Rahmen ihrer Dissertation

DR. JENNY FEIGE

1981 geboren in Rüdersdorf

2002 Abitur

2002 bis 2010 Bakkalaureats- und Magisterstudium der Astronomie an der Universität Wien

2010 bis 2014 Promotionsstudium der Physik an der Universität Wien im Bereich Isotopenforschung und Kernphysik

27.11.2014 Promotion zum Dr. rer. nat.

Seit 2015 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Zentrum für Astronomie und Astrophysik an der TU Berlin

Infos: www-astro.physik.tu-berlin.de

Kontakt: feige@astro.physik.tu-berlin.de

Jenny Feige hat Sternstaub untersucht, der vor Millionen von Jahren vom Himmel fiel.

auf Supernova-Relikte untersucht. Dazu wurden ihr circa einhundert Proben aus vier Sedimentbohrkernen zur Verfügung gestellt. Diese umfassen hauptsächlich den Zeitbereich von 1,7 bis 3,2 Millionen Jahre, als die Sterne mit dem geringsten Abstand zur Erde explodierten. Die Sedimente stammen aus dem Indischen Ozean, etwa 1000 Kilometer südwestlich vor Australien gelegen, aus einer Meerestiefe von 4200 Metern. Die Bohrkerne wurden bereits in den 1970er Jahren auf einer Expedition des Forschungsschiffs „Eltanin“ entnommen und in der antarktischen Forschungseinrichtung der Florida State University aufbewahrt.

KEINE NACHTEULE

Jenny Feige im bdw-Gespräch

Sie haben zuerst Astronomie studiert und sich dann der Physik zugewandt. Wie kam es zu diesem Sinneswandel?

Ich habe mir als Jugendliche ein Teleskop gekauft. Der Verkäufer im Astronomie-Geschäft meinte, wenn er noch mal jung wäre, würde er Astronomie in Wien studieren. Ich dachte, ich bin ja jung, und habe es gemacht. Im Laufe des Studiums habe ich gemerkt, dass ich keine Beobachterin bin, diese Nachtschichten sind nicht mein Ding. Dass ich für meine Doktorarbeit am Beschleuniger Nachtschichten einlegen musste, damit habe ich nicht gerechnet.

Welcher Moment in der Zeit Ihrer Doktorarbeit war besonders schön?

Zwischendurch war es sehr mühsam. Wir haben erwartet, nur in wenigen Proben unser gesuchtes Isotop zu finden. Stattdessen war es in allen Proben enthalten. Ich habe gedacht, das kann nicht sein, da stimmt etwas mit den Messungen nicht. Dann haben wir weitere Proben untersucht und gemerkt: Die Messungen stimmten doch, das Ergebnis ist nur anders als erwartet. Da sind wir erst mal Wein trinken gegangen.

Welches Potenzial steckt in der Tiefsee-astronomie?

Sie verbreitet sich gerade sehr stark. Man kann nicht nur Supernovae untersuchen, sondern auch die Sonnenaktivität. Und es wird nach anderen potenziellen Ereignissen gesucht, zum Beispiel nach Kometen- oder Asteroideneinschlägen. Es muss nicht unbedingt Material aus dem Ozean sein, auch Sedimente aus Seen können aufschlussreich sein oder Eisbohrkerne aus der Antarktis. Die reichen zwar zeitlich nicht so weit zurück, aber sie haben eine noch höhere Zeitauflösung.

Die Proben wurden auf das Eisen-Isotop ^{60}Fe untersucht. Dabei handelt es sich um eine instabile Form des Eisens, welches nicht auf der Erde erzeugt wird. Um ^{60}Fe zu produzieren, braucht es Temperaturen, die nicht einmal im Inneren der Sonne herrschen. Zwischen 500 Millionen und 2 Milliarden Grad Celsius sind dafür erforderlich. Solche Voraussetzungen werden kurz vor und während einer Supernova erreicht. Nach einer Halbwertszeit von 2,6 Millionen Jahren ist die Hälfte der ursprünglichen Menge von ^{60}Fe zerfallen. Somit existiert das ^{60}Fe , welches sich bei der Entstehung der Erde vor 4,5 Milliarden Jahren eingeschlichen hat, inzwischen nicht mehr. Wird es trotzdem heute auf der Erde nachgewiesen, dann muss es in jüngerer Zeit von außerhalb eingetragen worden sein. Daher ist ^{60}Fe ein idealer Kandidat, um nach zwei bis drei Millionen Jahre alten Supernova-Spuren zu suchen. Kurz nach

Behutsam schiebt Jenny Feige eine aufbereitete Sedimentprobe in das Beschleuniger-Massenspektrometer.

der Explosion des Sterns bindet es sich an Staub und kann so ins Sonnensystem gelangen. Insgesamt würden nur wenige Kilogramm ^{60}Fe einer nahen Supernova aus der Scorpius-Centaurus-Assoziation die Erde erreichen. Diese sind – gleichmäßig verteilt auf die gesamte Erdoberfläche – beinahe unmöglich nachzuweisen.

Wie findet man nun diese extrem geringen Mengen von ^{60}Fe in den Sedimentproben? Die Methode heißt Beschleuniger-Massenspektrometrie, mit der einzelne Atome gezählt werden können. Im ersten Schritt mussten die Proben chemisch aufbereitet werden. Aus drei Gramm jeder Probe extrahierte Jenny Feige ein paar Milligramm Eisenoxid, welches möglicherweise das gesuchte Supernova-Eisen enthält. Für die Messung reisten die Proben nahezu an ihren Ursprungsort zurück, nach Australien. An der Australian National University in Canberra steht eine Beschleunigeranlage, die leistungsstark genug ist, um ^{60}Fe zu detektieren. Hier wurden die Atome des Eisenoxids nach ihrer Masse sortiert. Es gibt jedoch Moleküle mit gleicher Masse wie das ^{60}Fe , die viel häufiger auf der

Erde vorkommen. Um diese Moleküle herauszufiltern, passierten die Teilchen eine Folie im Beschleuniger. Sie kollidierten mit den Folienatomen, und die Moleküle brachen auseinander. Die Beschleuniger-Massenspektrometrie ist so empfindlich, dass sie selbst unter einer Billiarde Eisenatomen ein einziges ^{60}Fe -Atom identifizieren kann.

1,5 Millionen Jahre Berieselung

Mit dieser Methode gelang es, ^{60}Fe im Zeitbereich zwischen 1,7 und 3,2 Millionen Jahren eindeutig nachzuweisen. Ältere und jüngere Sedimentproben zeigten hingegen keine Spuren außerirdischen ^{60}Fe -Staubs. Verblüffend an diesem Ergebnis ist die zeitliche Breite der Signatur. Von einer einzigen Supernova hätte man erwartet, dass die Berieselung der Erde mit Sternenstaub maximal wenige Hunderttausend Jahre anhält. Vermutlich haben mehrere Explosionen hier ihre Spuren hinterlassen.

Spuren, die das Leben auf der Erde beeinflusst haben? Mit einer Entfernung von 300 Lichtjahren waren die Explosionen

in der Sternstromgruppe keinesfalls nahe genug, um großen Schaden anzurichten. Wirklich gefährlich käme eine Supernova der Erde erst in einem Radius von weniger als 30 Lichtjahren, innerhalb dessen auch heute keine explosionsgefährdeten Sterne existieren. Dann würde die Strahlung unsere Ozonschicht zerstören und den Anteil des UV-Lichts beträchtlich erhöhen. Das hätten unsere Vorfahren vermutlich nicht überlebt. Jedoch kam es in der Zeitperiode zwischen zwei und drei Millionen Jahren zu Veränderungen des Erdklimas. Inwieweit die Supernovae damit im Zusammenhang stehen, bleibt bislang ungeklärt.

Die Lokale Blase, die Sternstromgruppe und das außerirdische ^{60}Fe in irdischen Tiefseesedimenten: Alles deutet darauf hin, dass Lucy einige Wochen lang neben der Sonne noch ein helles Objekt am Taghimmel sah. Dieses leuchtende Phänomen war erst der Anfang einer langen Serie von Sternexplosionen, die die kosmische Nachbarschaft unseres Sonnensystems nachhaltig veränderte und über mehr als eine Million Jahre ihre Relikte auf der Erde platzierte.

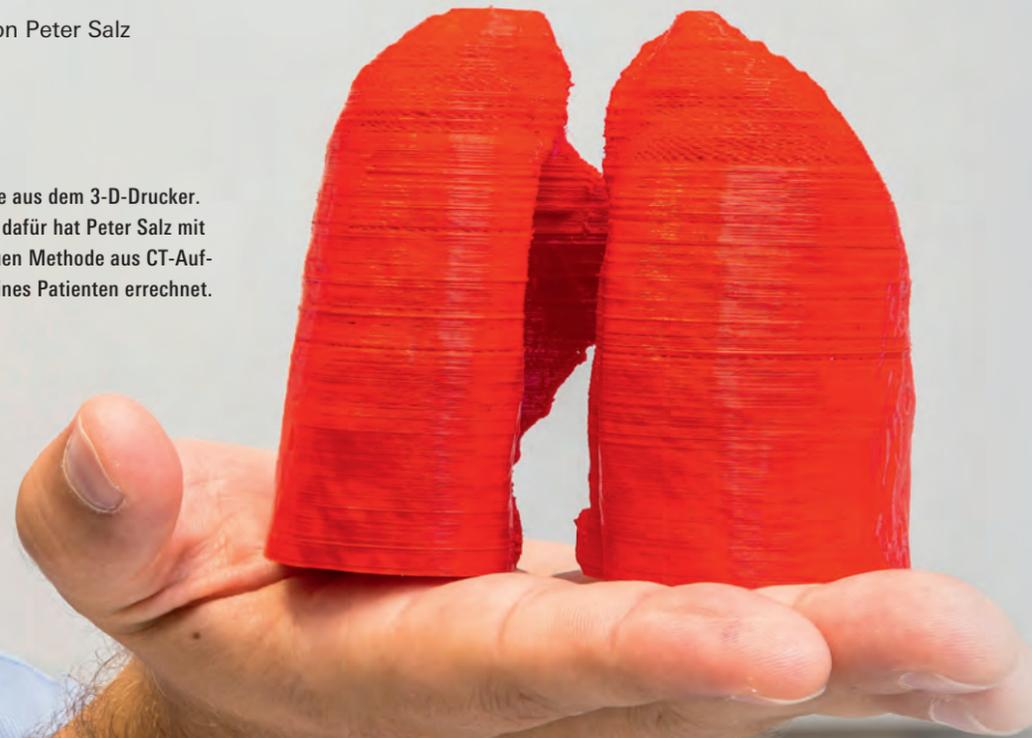
In ihrer Hand hält die Astrophysikerin Sedimentproben aus 4200 Metern Tiefe, vom Grund des Indischen Ozeans.

Live-Übertragung aus der Lunge

Die Lunge live beim Atmen beobachten und dabei auch noch die künstliche Beatmung derart an den individuellen Patienten anpassen, dass seine Lungenschäden repariert werden können? Informatik und Medizin arbeiten eng zusammen, um genau das mithilfe moderner Computertechnik möglich zu machen. Als Bindeglied zwischen diesen beiden Disziplinen habe ich ein Verfahren entwickelt, das patientenspezifische Computermodelle erzeugt, mit denen viel präzisere Bilder der Lunge als bisher möglich sind.

von Peter Salz

Eine Lunge aus dem 3-D-Drucker. Die Daten dafür hat Peter Salz mit seiner neuen Methode aus CT-Aufnahmen eines Patienten errechnet.



Was können Ärzte unternehmen, wenn die Lunge ihre Aufgabe nicht mehr erfüllen kann, zum Beispiel durch schwere Unfälle oder eine Lungenentzündung? Eine wichtige medizinische Maßnahme im Krankenhaus ist zunächst die künstliche Beatmung. Damit ist aber noch mehr möglich: Intensivmediziner nutzen sie, um geschädigte Lungenbereiche wiederherzustellen. Das ist, stark vereinfacht, mit dem Aufblasen eines verschrumpelten Luftballons vergleichbar: Erst ab einem gewissen Druck gelingt es, das Volumen des Ballons zu erhöhen.

Um bei dieser sehr schwierigen Aufgabe das Beatmungsgerät optimal für den individuellen Patienten einzustellen, zieht der Arzt unter anderem Computertomografie-Bilder, abgekürzt CT, zurate. Der Name sagt es schon: Hier spielt Informatik eine große Rolle, denn ohne den Computer sind solche Bilder nicht möglich. Bei der Computertomografie werden Röntgenstrahlen benutzt, um den Körper zu durchleuchten. Man kann also direkt in die Lunge hineinschauen. Leider hat dies aber einige schwerwiegende Nachteile: Die Röntgenstrahlen können Krebs auslösen, daher sollten sie nur sehr sparsam eingesetzt werden. Sie zeigen auch lediglich ein Standbild des Körpers, die dynamische Lungenfunktion kann man damit nicht erfassen.

An dieser spannenden Schnittstelle zwischen Informatik, Technik und Medizin setzt meine Arbeit an. Mit Prof. Dr. Hermann Wrigge, Dr. Andreas Reske (beide Intensivmediziner und Forscher am Universitätsklinikum in Leipzig) und

mir (Informatiker an der Technischen Universität in Kaiserslautern) ist ein interdisziplinäres Team entstanden, das an einer Methode arbeitet, mit der man die Lunge live beim Atmen beobachten kann, dies sogar ohne schädliche Strahlung, ohne hohe Kosten und direkt am Krankenbett des Patienten. Das Schlüsselwort ist Elektro-Impedanz-Tomografie, kurz EIT, eine Technologie, die bereits seit drei Jahrzehnten erforscht wird, aber noch nicht standardmäßig an Patienten eingesetzt wird. EIT basiert nicht auf Röntgenstrahlung, sondern auf Strom. Dabei wird durch Elektroden ein sehr kleiner, nicht gesundheitsschädigender Strom durch den Körper geleitet. Der Strom nimmt den Weg des geringsten elektrischen Widerstandes und kann an einer anderen Elektrode gemessen werden.

Weil dieses Verfahren beinahe gleichzeitig für sehr viele Elektroden rund um den Brustkorb wiederholt wird, erhält man Hunderte Spannungsmessungen für einen einzelnen Zeitpunkt. Aus diesen lässt sich rekonstruieren, wie sich die elektrische Leitfähigkeit im Brustkorb verändert, denn die gesamte Messung wird 50 Mal pro Sekunde wiederholt. Das funktioniert, weil sich die elektrische Leitfähigkeit der Lunge sehr stark ändert, je nachdem wie viel Luft eingeatmet wird. Die zahlreichen Einzelbilder können schließlich zu einem Video zusammengesetzt werden. So erhalten wir live Informationen aus dem Inneren des Körpers darüber, wie die Lunge arbeitet – ganz ohne Strahlung.

Warum wird die EIT also noch nicht flächendeckend auf Intensivstationen

eingesetzt? Eines der Hauptprobleme ist, dass EIT-Bilder unscharf und von äußerst geringer Auflösung sind und viele Bildfehler aufweisen. Das liegt daran, dass es sehr schwierig ist, die elektrische Leitfähigkeit im Körper aus den Spannungsmessungen auf der Haut zu rekonstruieren – so als klopfte man an eine Tür und müsste dann anhand des Schalls erraten, wo sich verschiedene Personen im Raum befinden.

Eine sinnvolle Lösung dieser Aufgabe ist nur möglich, wenn man weitere Informationen zur Verfügung hat, zum Beispiel wie viele Personen im Raum sind, wie groß der Raum ist und wie er geschnitten ist. Übertragen auf den menschlichen Körper sind das besonders die Form der Hautoberfläche, der Lunge und des Herzens. Ohne ein solches Modell des Brustkorbs müssen wir uns auf Schätzungen und generische Modelle verlassen. Im obigen Beispiel könnten wir zum Beispiel annehmen, dass der Raum viereckig und

DR. PETER SALZ

1985 geboren in Mainz

2004 Abitur

2005 bis 2011 Bachelor- und Masterstudium der Informatik an der TU Kaiserslautern

2011 Master in Informatik

2011 bis 2014 Doktorand an der TU Kaiserslautern in der AG „Computergrafik & HCI“ mit Forschungsaufhalten am Scientific Computing and Imaging Institute in Salt Lake City (USA) und an der Uniklinik in Leipzig

31.7.2014 Promotion zum Dr.-Ing.

seit 2014 Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der AG „Computergrafik & HCI“

Infos: gfx.uni-kl.de

Kontakt: salz@cs.uni-kl.de

DAS DREAM-TEAM

Peter Salz im bdw-Gespräch

Sie standen für Ihre Arbeit in der Informatik in engem Austausch mit Mediziner. Wie hat das funktioniert?

Die Zusammenarbeit von Informatikern und Medizinern ist tatsächlich nicht so leicht, da sich die beiden Disziplinen in Vokabular und Denkweise enorm unterscheiden. Das führt oft zu Missverständnissen. Glücklicherweise bilden Andreas Reske von der Uniklinik in Leipzig und ich ein Dream-Team, das auf technischer, medizinischer wie auch zwischenmenschlicher Ebene hervorragend kommunizieren kann.

Wie kam die Zusammenarbeit zustande?

Mir war früh klar, dass ich im Bereich medizinische Bildverarbeitung forschen will, da mich sowohl medizinische Anwendungen als auch die mathematischen Aspekte der Bildverarbeitung interessieren. Ein Kollege der Universität Leipzig bahnte Anfang 2011 eine Kooperation mit den Intensivmedizinern der Uniklinik bezüglich Elektro-Impedanz-Tomografie an. In der Zeit suchte ich gerade ein Promotionsthema. Nach ersten Recherchen wurde mir klar, dass die ursprüngliche Idee ohne intensive Vorarbeiten nicht umsetzbar war. So entstand der Fahrplan für meine Dissertation, um diese Vorarbeiten zu realisieren.

Ist absehbar, wann Ihr Verfahren bei Lungenschäden eingesetzt werden kann?

Ein Teil meiner Arbeit wird aktuell als Software implementiert, um sie in der klinischen Forschung einzusetzen und sie in einer Benutzerstudie mit dem Stand der Technik zu vergleichen. In den kommenden Jahren werden wir weiter daran arbeiten, die an den Patienten angepasste Behandlung von Lungenschäden für den klinischen Einsatz zu realisieren. Eine Integration in kommerzielle Produkte ist jedoch noch nicht absehbar.

leer ist, sehr ähnlich wird es bis heute in der EIT auch gemacht. Das lässt sich aber nicht unmittelbar auf jeden einzelnen Patienten übertragen, was zu einer ungenauen Rekonstruktion der elektrischen Leitfähigkeit und damit zu fehlerhaften Bildern führt, die in der Praxis nicht sinnvoll ausgewertet werden können.

So war mir schnell klar, welchen Beitrag ich als Informatiker leisten kann, damit die Elektro-Impedanz-Tomografie in der klinischen Praxis eingesetzt werden kann. Ich setzte es mir zum Ziel, patientenspezifische anatomische Informationen über die dreidimensionale Form des Brustkorbs, der Lunge und des Herzens zu gewinnen und diese für die EIT nutzbar zu machen. Standardmäßig ist eine detaillierte CT-Aufnahme bei jedem Lungenpatienten verfügbar. Der Arzt erkennt sofort, wo welche Organe liegen und ob mit ihnen etwas nicht stimmt. Er könnte also problemlos die Organgrenzen in den Bildern nachzeichnen, damit auch der Computer diese Information bekommt. Dies würde allerdings viele Stunden dauern. Ganz alleine kann der Computer diese Aufgabe aber auch nicht lösen, es geht

Mit künstlicher Beatmung können Ärzte geschädigte Lungenbereiche wiederherstellen. Dafür bedarf es eines gewissen Drucks – ähnlich wie wenn man einen Luftballon aufbläst.



eben nicht ohne die Expertise des Arztes. Der Hauptbeitrag meiner Forschung ist daher folgerichtig die Entwicklung eines Verfahrens, das explizit eine Interaktion zwischen Arzt und Computer ermöglicht. Der Computer kann nämlich lernen, wie es innerhalb und außerhalb der Lunge aussieht, um dann ganz automatisch die Lungengrenze zu finden. Dazu markiert der Arzt an einigen wenigen Stellen in den CT-Bildern, ob sich diese Regionen nun innerhalb oder außerhalb der Lunge befinden.

Der Computer benutzt dieses eben gelernte Wissen, um versuchsweise die Form der Lunge zu bestimmen. Oft ist das erste Ergebnis noch nicht das beste, daher kann der Arzt nun weitere Markierungen zur Korrektur hinzufügen, woraufhin der automatische Prozess von Neuem beginnt. Das Besondere an diesem Zusammenspiel ist, dass eine CT-Aufnahme aus ganz vielen Bildern besteht, die man zu einer 3-D-Ansicht zusammenfügen kann. Der Computer rechnet also in drei Dimensionen, quasi im ganzen Brustkorb, während der Arzt ganz bequem nur in zwei Dimensionen zeichnet. Das spart viel Arbeit!

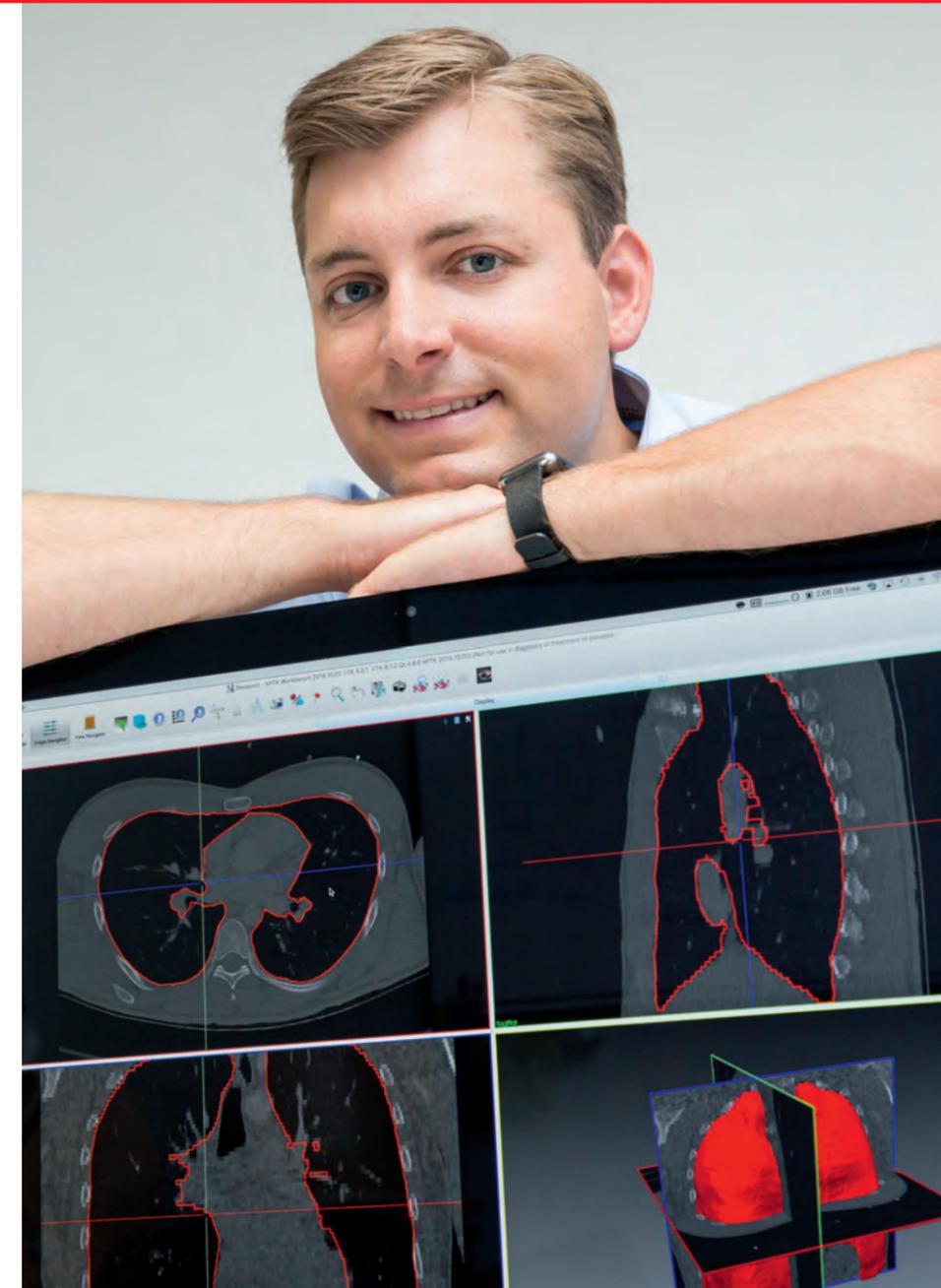
Durch mein Verfahren haben wir nun im Computer ein sehr exaktes anatomisches dreidimensionales Modell des Patienten, welches von der EIT zur Rekonstruktion der Leitfähigkeitsänderungen im Körper aus den Spannungsmessungen auf der Haut verwendet werden kann. Damit erhalten wir eine deutlich verbesserte Live-Übertragung aus der Lunge, denn der Computer weiß schon ziemlich genau, auf welche Hindernisse der Strom auf seiner Reise durch den Körper treffen wird und wie diese aussehen.

Bildfehler oder Lungenschaden?

Wir haben mein Verfahren für patientenspezifische Computermodelle bereits erfolgreich im Tierversuch angewandt. Während einer Studie an einem beatmeten Schwein unter Vollnarkose, das zu diesem Zeitpunkt eigentlich gesund sein sollte, zeigten die EIT-Bilder eine ungewöhnliche Asymmetrie zwischen der linken und rechten Lunge während der Beatmung. Mit den bisherigen Brustkorb-Modellen konnten wir nicht zuverlässig beantworten, was diese Anomalie verursachte: Ist es bloß ein Bildfehler, oder liegt tatsächlich ein bisher unbekannter Lungenschaden vor, der eine Seite der Lunge betrifft?

Mein Verfahren nutzt die präzisen anatomischen Informationen dieses Schweins, um die EIT-Videos zu erzeugen, daher konnten wir einen Bildfehler ausschließen. Mit bisherigen Verfahren kamen solche Fehler dagegen häufig vor. Um ganz sicherzugehen, dass die Asymmetrie im EIT-Video also wirklich durch einen geringen Lungenschaden verursacht wurde, schaute ich mir weitere Daten an und wurde fündig. Damit war klar, dass meine Methode derart präzise Bilder liefert, dass selbst solch eine kleine Verletzung, die uns ja vorher entgangen war, sichtbar gemacht werden konnte.

Am Menschen wird die Elektro-Impedanz-Tomografie übrigens auch schon versuchsweise eingesetzt. In Zukunft möchte ich mit den Geräteherstellern zusammenarbeiten, um mein Verfahren flächendeckend verfügbar zu machen. Denn die EIT-Forschungsgemeinschaft



Die CT-Aufnahmen der Lunge dienen Peter Salz als Grundlage für seine 3-D-Modelle. Form, Größe und Beschaffenheit der Lunge sind sehr wichtig für die Diagnostik – und auch für die Verbesserung der dynamischen Bildgebung.

ist sich einig: Der Nutzen für den Patienten ist enorm. Der Arzt sieht auf seinem Bildschirm regionale Veränderungen der Lunge in Echtzeit und kann die Therapie somit optimal individualisieren – genau daran arbeiten Prof. Dr. Hermann Wrigge und Dr. Andreas Reske in Leipzig.

Ich liefere ihnen die computergestützten Werkzeuge, die sie dafür benötigen. Die kann ich natürlich nur entwickeln, wenn ich sehr genau die Arbeitsweise

und die Anforderungen der Ärzte verstehe. Das ist die Schnittstelle zwischen Informatik und Medizin, an der ich als Bindeglied der Disziplinen stehe und dafür Sorge, dass alle Seiten gewinnen: Die Informatik entwickelt sich durch neue Anwendungsgebiete weiter, die Medizin nutzt immer mehr Computertechnik für neue Therapieansätze, und am Ende profitiert der Patient, weil er besser behandelt werden kann. ●

Gut geraten

DR. TIMO BERTHOLD

- 1981 geboren in Berlin
- 2001 Abitur am Gymnasium auf den Seelower Höhen
- 2001 bis 2006 Studium der Mathematik an der TU Berlin
- 2006 Diplom in Mathematik
- 2007 bis 2014 Doktorand der Mathematik an der TU Berlin
- 2007 bis 2014 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zuse-Institut Berlin
- 2010 Mitgründer der Firma TASK GbR, Beratung und Training im Bereich Optimierung
- 6.11.2014 Promotion zum Dr. rer. nat.
- seit 2014 Software-Entwickler bei FICO Deutschland
- Infos: www.zib.de/berthold



Angewandte „Undercover“-Heuristik: Timo Berthold zaubert aus einer runden Dose eine rechteckige Scheibe.

Busse, Handys, Fußball: Ganzzahlige Optimierungsprobleme begegnen uns an Stellen, an denen wir sie nicht vermuten. Um für solche Probleme Lösungen zu finden, benötigt man ein gutes Gespür – und oftmals auch ein Quäntchen Glück.

von Timo Berthold

Es ist schönes Wetter, und heute spielt Ihr Lieblingsverein. Sie verabreden sich per Handy mit einigen Freunden und fahren mit dem Bus zum Stadion. Bei der Bratwurst vorm Anpfiff diskutieren Sie noch, ob denn die Liste der nächsten Gegner eher gut oder eher schlecht für den eigenen Club sei. Sie verbringen mithilfe der Mathematik einen schönen Tag.

Mathematik? Genau, denn Busfahrpläne, die Zuweisung von Mobilfunkfrequenzen zu Sendeantennen und der Spielplan der Fußball-Bundesliga, all das sind sogenannte ganzzahlige Optimierungsprobleme. Ein solches Problem setzt sich aus drei grundlegenden Bestandteilen zusammen: einer Zielfunktion, Nebenbedingungen und der Einschränkung auf ganze Zahlen. Betrachten wir das einmal anhand der oben aufgezählten Beispiele.

Die Passagiere im Busverkehr wünschen sich geringe Umsteigezeiten, beim Mobilfunk soll es möglichst wenig Interferenzen zwischen benachbarten Antennen geben, und im Fußball sollen die Einnahmen aus Fernsehübertragungen möglichst hoch sein. Das ist die Zielfunktion: etwas, das man im Rahmen der zulässigen Möglichkeiten klein halten oder groß gestalten möchte. Was zulässige Möglichkeiten sind, das bestimmen die Nebenbedingungen, also Gesetzmäßigkeiten, die man auf jeden Fall beachten muss. Es gilt, Pausenregelungen für Fahrer einzuhalten, die Wahl von Antennenstandorten unterliegt Einschränkungen, und Heim- und Auswärtsspiele müssen

sich abwechseln. Diese Nebenbedingungen lassen sich als ein mathematisches Gleichungssystem formulieren. Ungefähr so, wie wir es bei Textaufgaben aus der Schule kennen, nur eben viel größer. Anstatt zwei oder drei Variablen und Gleichungen gibt es oftmals Hunderttausende. Für diese Gleichungssysteme möchte man im Sinne der Zielfunktion möglichst gute Lösungen finden. Dann ist da noch die Einschränkung auf ganze Zahlen. Eine halbe Fußballmannschaft und zwei Drittel Busfahrer – das funktioniert nicht. Daher suchen wir Lösungen, die ganzzahlig sind, also Werte wie null, eins oder zwei annehmen, aber eben nicht fünf Dreiebtel.

Wenn Mathematiker vor eine neue Optimierungsaufgabe gestellt werden, dann gibt es vereinfacht gesagt zwei Arbeitsschritte. Erster Schritt: das Erstellen eines geeigneten Modells, also eines Gleichungssystems. Das geschieht meist mit Tafel und Kreide – und einem Schwamm! Was sind die Variablen, haben wir alle Nebenbedingungen beachtet, stellt die Zielfunktion wirklich das dar, was sie soll? Hinschreiben, wegwischen, nochmal. Ist ein brauchbares Modell vorhanden, kommt Schritt zwei: das Finden einer Lösung für dieses Modell. Da reichen alle Tafeln der Welt nicht mehr, das geschieht mithilfe von Computerprogrammen. An der Entwicklung eines solchen Programms war ich im Rahmen meiner Doktorarbeit beteiligt.

Meine Dissertation beschäftigt sich mit „Heuristiken“ für ganzzahlige Op-

Fotos: Dieter Gust für bfw

DER MATHE-PILOT

Timo Berthold im bdw-Gespräch

Sie haben seit Ihrer Diplomarbeit sehr viel veröffentlicht: 28 Publikationen. Was ist Ihr Erfolgsgeheimnis?

Kooperation. Ich habe Universitäten in aller Welt besucht, konnte zu diversen Konferenzen fahren und habe viel mit Kollegen aus meiner Abteilung zusammengearbeitet. Dadurch entstehen oftmals gute Ideen, auf die keiner der Beteiligten alleine gekommen wäre. Außerdem lernt man dadurch, wie Wissenschaft anderswo betrieben wird und somit, wie man einen Artikel am besten schreibt, um ein möglichst breites Publikum zu erreichen.

Jetzt arbeiten Sie für ein Software-Unternehmen. War die Forscherlaufbahn keine Option für Sie?

Jein. Das in Deutschland übliche System, dass man nach der Doktorarbeit drei bis vier Mal die Universität wechselt, ist leider sehr familienunfreundlich. Ich arbeite aber weiterhin wissenschaftlich. Meine Tätigkeit bei FICO entspricht genau dem, woran ich für meine Dissertation geforscht habe: die Entwicklung ganzzahliger Optimierungsoftware. Mein Büro befindet sich am Forschungsinstitut ZIB, ich publiziere weiterhin und kooperiere mit Kollegen aus Wissenschaft und Industrie.

Wie erklären Sie Ihren Kindern, was Sie tun?

Mit Formen und Körpern – Pyramiden, Würfeln, Kugeln – spielen Kinder intuitiv, und auch Logikrätsel begeistern sie. Genau das ist es, worum sich meine Forschung dreht. Dadurch kann man mit Kindern sowie Erwachsenen schnell ins Gespräch kommen. Im Moment denken meine Kinder (ein und drei Jahre) aber vermutlich noch, dass ich Pilot bin – weil ich so häufig mit dem Flugzeug zu Konferenzen reise.

timierungsprobleme. Heuristiken sind Verfahren, die versuchen, schnell eine vergleichsweise gute Lösung für ein gegebenes Problem zu konstruieren, dabei aber oft nicht die bestmögliche Lösung finden. Man könnte auch sagen, Heuristiken sind intelligente Rateverfahren.

Heuristische Entscheidungen für Optimierungsprobleme – klingt sperrig, kennen wir aber alle aus unserem Alltag. Stellen Sie sich beispielsweise vor, Sie wollen ein neues Smartphone kaufen. Nun könnten Sie sich einen vollständigen Marktüberblick verschaffen und alle Marken, Modelle, Versionen und alle Angebote miteinander vergleichen. Das macht kein Mensch, weil es ewig dauern würde. Ihr Gewinner wäre wahrscheinlich schon veraltet, wenn Sie Ihre Entscheidung getroffen haben. Stattdessen gehen Sie zielstrebig und intuitiv vor. Sie analysieren einige besonders relevante Informationen, zum Beispiel einen Testbericht. Sie treffen eine Vorauswahl infrage kommender Modelle, die Sie genauer vergleichen. Sie kaufen bei dem Händler ein, der Sie immer gut beraten hat.

So ähnlich ist das auch bei Heuristiken: Man sammelt Statistiken, anhand derer man Entscheidungen trifft, probiert einfach mal aus, ein paar Variablen zu fixieren, und nutzt bekannte Muster aus. Bevor ich etwas genauer auf ein Beispiel für eine solche Heuristik eingehe, möchte ich noch eine Sache (er)klären. Als Mathematiker denke ich nicht den ganzen Tag über Zahlen und Formeln nach. Viel häufiger beschäftige ich mich mit Formen und (mathematischen) Körpern. Wie

kann man sie am besten darstellen, bewegen oder unterteilen? Denn Gleichungen und die Verfahren, mit denen man sie löst, lassen sich oftmals geometrisch begreifen. Die Menge der zulässigen Lösungen eines Gleichungssystems ist zum Beispiel ein Würfel, ein Prisma, ein Kegel oder irgendein anderer Körper. Dieser kann komplex und hochdimensional sein, hat aber im wahrsten Sinne des Wortes Ecken und Kanten. Ein Punkt in diesem Körper ist die ganzzahlige Optimallösung, nach der wir suchen.

Eine Heuristik aus meiner Dissertation, die es mir besonders angetan hat, nennt sich „Undercover“. Sie basiert auf der Idee, in einem komplizierten mathematischen Körper einen einfacheren, leichter zu lösenden umzuwandeln.

Stellen Sie sich einen Zylinder vor, also einen Körper in Form einer Konservendose. Wenn Sie aus diesem eine einzelne, hauchdünne Scheibe ausschneiden, was erhalten Sie? Viele denken zuerst an einen Kreis, das ist aber nicht die einzige Möglichkeit. Wenn Sie den Zylinder entlang der Höhe durchtrennen, dann erhalten Sie ein Rechteck als Schnittfläche. Das Interessante an dieser Beobachtung ist, dass Sie mit einem Schnitt aus einem runden Objekt eines mit geradlinigen Seiten gemacht haben.

Mathematisch gesehen entspricht dieses Schneiden dem Fixieren von Variablen. Der Körper entspricht der Menge der zulässigen Lösungen eines Gleichungssys-

tems. Und interessanterweise ist es deutlich einfacher, über „geradlinig begrenzte“ Bereiche zu optimieren als über „runde“. Oder mathematisch ausgedrückt: Lineare Optimierung ist leichter als nichtlineare. Die Undercover-Heuristik geht genauso vor: Man bestimmt eine möglichst kleine Menge von Variablen eines gegebenen Optimierungsproblems, die man fixieren muss, um ein solches einfacheres Optimierungsproblem zu erhalten. Dann löst man dieses kleinere Problem. Jede Lösung davon ist eine Lösung des ursprünglichen Problems, aber nicht umgekehrt.

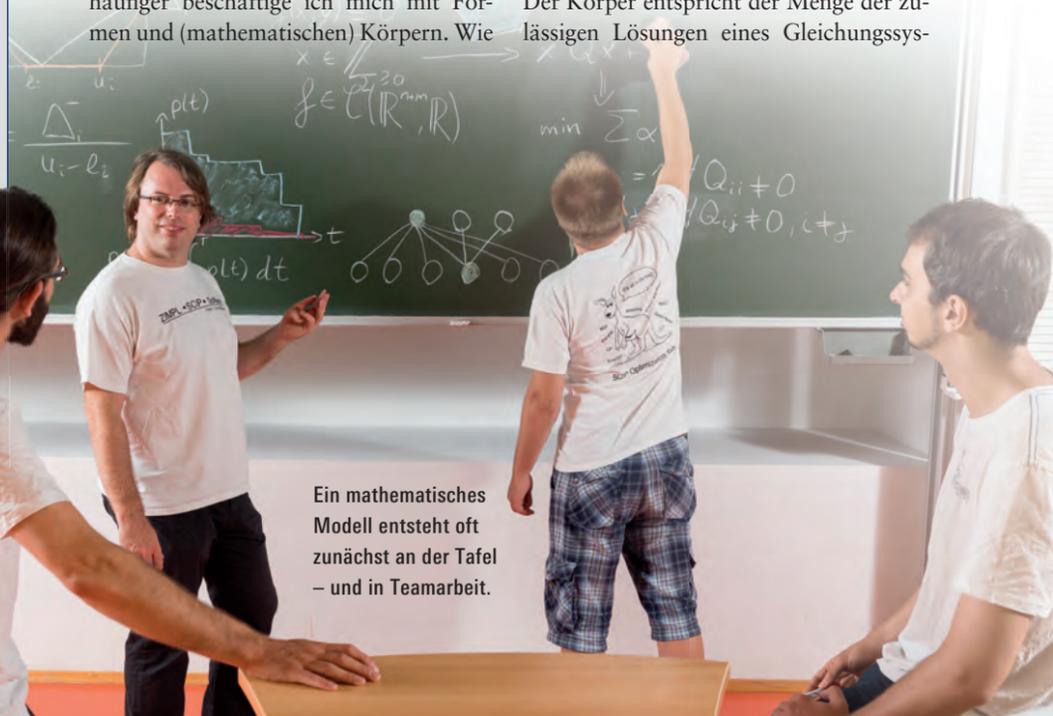
Einfach, schnell, zuverlässig

Es kann allerdings sein, dass die Optimallösung eben gerade nicht in unserem kleinen Teilproblem liegt oder im schlechtesten Fall, dass das Teilproblem gar keine ganzzahlige Lösung besitzt. Undercover ist eben eine Heuristik. Durch die Rechenexperimente meiner Dissertation konnten drei Dinge gezeigt werden. Erstens reicht es oftmals, relativ wenige Variablen zu fixieren, um alle Nichtlinearitäten zu entfernen, das heißt, das Problem zu „begradien“. Zweitens konnten die entstehenden Teilprobleme fast immer extrem schnell gelöst werden. Drittens konnte Undercover in über der Hälfte der Fälle eine zulässige Lösung finden. Das ist ein sehr guter Wert für eine einzelne Heuristik.

Was manche bei meinem Forschungsprojekt vielleicht als Nachteil sehen würden, empfinde ich persönlich als großen Vorteil: Es geht nicht um eine ganz spezielle Anwendung, sondern um die Mathematik, die sich allgemein hinter der Planung und Optimierung von Abläufen verbirgt. Im Umkehrschluss kommen die entwickelten Methoden dadurch nämlich bei sehr vielen Anwendungen zum Einsatz, wenn auch oftmals „hinter der Kulisse“. Für die Untersuchungen in meiner Dissertation arbeitete ich mit der Siemens AG, der SAP SE und der Open Grid Europe GmbH zusammen. Diese Firmen sind Kooperationspartner unseres Instituts und verwenden die von mir mitentwickelte Software. Auch die drei Marktführer für mathematische Optimierungsoftware – FICO Xpress, IBM Cplex und Gurobi – setzen heuristische Verfahren ein, die im Rahmen meiner



Wann fährt der Bus? Gegen wen spielt der Lieblingsverein? Hat das Handy guten Empfang? In vielen Alltagssituationen steckt ganzzahlige Optimierung.



Ein mathematisches Modell entsteht oft zunächst an der Tafel – und in Teamarbeit.

Licht aus dem Drucker

Flexible Bildschirme, leuchtende Getränkedosen und lichtspendende Tapeten – das alles soll durch Organische Leuchtdioden möglich werden. Über eine Zukunftstechnologie, deren Geschichte mit dem Aussterben der Dinosaurier vor 66 Millionen Jahren begann.

von Daniel Volz

Organische Leuchtdioden oder kurz OLEDs lassen die Bildschirme von Smartphones, Digitaluhren und Tablet-Computern in hellen Farben erstrahlen. Wenn Chemiker das Wort „organisch“ verwenden, bezieht sich dies nicht auf Organe oder Organismen, sondern auf Moleküle, die aus den chemischen Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff aufgebaut sind. OLEDs funktionieren prinzipiell ähnlich wie konventionelle Leuchtdioden (LEDs), die seit Jahrzehnten dazu verwendet werden, um elektrische Energie effizient in Licht umzuwandeln. Dabei kommen spezielle Moleküle zum Einsatz, die wie kleine Maschinen am Reißbrett entworfen und dann im Syntheselabor hergestellt werden können. Läuft alles nach Plan, so können die winzigen Apparate als Lichtquellen in Lampen und Bildschirmen zum Einsatz kommen. Motor dieser neuen Technologie, und deswegen bisher in allen modernen OLED-Molekülen enthalten, ist neben Kohlenstoff das 77. Element im Periodensystem der Elemente, das Iridium. Dieses sehr seltene Schwermetall ist nicht

nur aufgrund seiner speziellen physikalischen Eigenschaften unverzichtbarer Bestandteil von Bildschirmen, sondern auch Kronzeuge einer der größten Katastrophen in der Geschichte unseres Planeten, des Aussterbens der Dinosaurier – dazu später mehr.

Zur Herstellung von OLEDs werden die Leuchtstoffe durch Erwärmen im Vakuum verdampft und dann, wie Morgentau auf der Autoscheibe, als dünne Filme auf Trägermaterialien wie Glas oder Plastikfolie wieder abgeschieden. So lassen sich nahezu beliebig große Bauteile herstellen – die Firma LG stellte beispielsweise vor einem Jahr einen OLED-Fernseher mit beinahe zwei Metern Bildschirmdiagonale vor. In Zukunft könnten in der industriellen OLED-Produktion auch nasschemische Verfahren zum Einsatz kommen, die im Labormaßstab bereits erprobt sind. Durch Auflösen in Lösungsmitteln werden die organischen Materialien dabei zu Tinten verarbeitet, die dann mithilfe von Druckmaschinen aufgebracht werden können. Derartige lässt sich mit klassischen, „nicht-

Fotos: Wolfram Scheible für baw



Die Tinten werden für die Herstellung von OLEDs verwendet. Für das Bild hat Daniel Volz sie mithilfe von Schwarzlicht zum Leuchten gebracht.

DR. DANIEL VOLZ

1986 geboren in Malsch

2005 Abitur

2006 bis 2010 Studium der Chemie am Karlsruher Institut für Technologie

2010 Diplom in Chemie

2011 bis 2014 Doktorand am Institut für Organische Chemie des Karlsruher Instituts für Technologie

15.4.2014 Promotion zum Dr. rer. nat.

Seit 2014 Wissenschaftler in der Forschung und Entwicklung bei der cynora GmbH, Bruchsal

Infos: www.logos-verlag.de/cgi-bin/buch/isbn/3822

Kontakt: danielvolz@mail.de

In dem Aufbau werden Organische Leuchtdioden in Blau, Cyan und Grün getestet.

DER OLED-SONNENAUFGANG

Daniel Volz im bdw-Gespräch

Wie kamen Sie darauf, mit Kupfer in Organischen Leuchtdioden zu experimentieren?

Die Verwendung von Kupfer in OLEDs selbst war ein Zufallsfund: Wir suchen als Syntheschemiker stets nach neuen Katalysatoren, auch auf Basis von Kupfer. Bei einem solchen Experiment fiel uns auf, dass das als Katalysator gedachte Kupfer zusammen mit anderen Bestandteilen ein unerwartetes, hell leuchtendes Produkt gebildet hat. Als wir uns genauer angeschaut haben, was da entstanden ist, war schnell klar, dass es eine Anwendung geben könnte.

Was würden Sie sich mit OLED-Tinte drucken?

Ich würde mir vermutlich eine großflächige Leuchttapete drucken, sie im Schlafzimmer über das Bett hängen, um mich in der dunklen Jahreszeit von einem OLED-Sonnenaufgang wecken zu lassen. Verführerisch erscheint mir auch ein transparentes OLED in der Windschutzscheibe meines Autos zum Ablesen von Tacho, Füllstand des Benzintanks sowie zur Navigation, um nicht mehr den Blick vom Geschehen auf der Straße nehmen zu müssen.

Wie wichtig ist es Ihnen, Laien Wissenschaft verständlich zu machen?

Ich habe schon am Anfang meines Studiums nebenbei bei einer Lokalzeitung gearbeitet, um mir meine Miete zu verdienen. In Karlsruhe, wo ich studiert habe, ist das KIT viel in der Öffentlichkeit, aber die Kommunikation zwischen Wissenschaftlern und Zeitungsredakteuren ist nicht immer so einfach. Da war ich eine gute Schnittstelle. Ich finde, es gehört zu den Qualitäten eines Wissenschaftlers, dass er seine Themen verständlich erklären und herunterbrechen kann.



organischen“ LEDs nicht realisieren: Die LED-Materialien bestehen im Gegensatz zu organischen Stoffen nicht aus isolierten Molekülen, sondern geladenen Bausteinen, die in dreidimensionalen Gitternetzwerken fest miteinander verbunden sind und sich weder auflösen noch verdampfen lassen. Die Möglichkeit, OLEDs durch Drucken herzustellen, bringt viele Materialwissenschaftler zum Träumen. Schon Tintenstrahldrucker für den Hausgebrauch schaffen 50 bis 100 DIN-A4-Seiten pro Minute. So ließen sich OLEDs in gigantischen Stückzahlen herstellen und könnten in Zukunft völlig neue Anwendungen ermöglichen. Beispielsweise wurden auf Industriemessen Prototypen von dünnen, rollbaren oder volltransparenten Bildschirmen vorgestellt. OLEDs könnten auch bald am laufenden Meter verkauft und in Leuchttapeten oder leuchterzeugenden Fassadenelementen zum Einsatz kommen oder als leuchtende Etiketten auf Getränkeflaschen die Kunden umwerben.

Mit den bisherigen OLED-Leuchstoffen aber werden diese Erfindungen nie in Serienproduktion gehen können. Der Grund ist das eingangs erwähnte Iridium, welches nötig ist, um effizient Strom in Licht umzuwandeln. Und hier sind wir zurück bei den Dinos: Das meiste ursprünglich auf der Erde vorhandene Iridium sank in der Frühgeschichte unseres Planeten, vor dem Erstarren der damals noch flüssigen Erdkruste aufgrund

seiner hohen Dichte tief ins Erdinnere, unerreichbar für Bergleute. Dennoch findet sich in bestimmten Gesteinsschichten ein unerwartet hoher Iridium-Anteil. Der Physik-Nobelpreisträger Luis Alvarez führte dies auf den Einschlag eines gigantischen Iridium-reichen Asteroiden vor 66 Millionen Jahren zurück, den er außerdem für den Auslöser jener Klimakatastrophe hielt, die damals drei Viertel aller Tier- und Pflanzenarten und fast alle Dinosaurier ausrottete. Der in etwa 200 Kilometer breite Einschlagskrater wurde bei Chicxulub im Golf von Mexiko gefunden. Das heute abbaufähige Iridium stammt von diesem und kleineren Asteroideneinschlägen. Würden alle denkbaren OLED-Anwendungen mit heutiger Technologie realisiert, so wäre das wenige vorhandene Iridium bald aufgebraucht.

Iridium recycelbar?

Dabei ist leider gerade der Umstand, dass nur wenige Nanometer dünne Schichten an Leuchtstoff in OLEDs verwendet werden, von Nachteil. Im Vergleich zur Gesamtmasse eines OLED-Bildschirms ist die Konzentration an Iridium pro Bauteil noch kleiner als in Iridium-haltigen Erzen. Dies sorgt dafür, dass in OLEDs verbautes Iridium mit heutigen Techniken nicht wieder zurückgewonnen werden kann. Würden neben Bildschirmen auch leuchtende Wandelemente und Verpackungen im Supermarkt mit OLEDs ausgestattet, wäre ein signifikanter Teil des jährlich geförderten Iridiums für immer verloren.

Noch ist unklar, ob das Recycling aus OLEDs überhaupt jemals möglich sein wird. Unabhängig davon ist Iridium auch für andere Hightech-Anwendungen heiß begehrt, sodass Forscher darüber diskutieren, neue Quellen im Weltraum zu erschließen. Dabei würden erdnahe Asteroiden mit Raumschiffen angefliegen werden, um dort seltene Metalle zu gewinnen und zu uns auf die Erde zu transportieren. Ob dieses sogenannte Asteroid Mining jemals funktionieren wird, steht aber buchstäblich in den Sternen.

Diese entmutigenden Aussichten motivierten mich und andere Wissenschaftler dazu, unter den 90 anderen metallischen Elementen im Periodensystem nach nachhaltigeren Alternativen zu suchen. Schon

früh, im Jahr 1999, identifizierten Wissenschaftler das relativ häufig vorkommende Kupfer als denkbare Alternative. Bemerkenswerterweise wurden beide Leuchtstoffklassen – solche mit Kupfer und solche mit Iridium – nur mit wenigen Wochen zeitlichem Abstand in wissenschaftlichen Fachblättern veröffentlicht. Dass sich das Iridium früh durchsetzen konnte, hat zwei Hauptgründe: die geringe Stabilität der damals vorhandenen Kupferverbindungen und die damals noch deutlich schlechtere Effizienz der Leuchterzeugung bei Kupfer. Das Ziel meines Promotionsprojektes bestand darin, diese Schwachstellen zu beseitigen. Der springende Punkt ist dabei die fragile Struktur der frühen Kupferkomplexe: Sie enthielten ein einziges, positiv geladenes Kupferatom, an das weitere Molekülteile aus Elementen wie Kohlenstoff, Phosphor und Stickstoff, die sogenannten Liganden, angebunden waren. Moleküle aus Metallatomen und Liganden werden auch als Metallkomplexe bezeichnet.

Werden Kupferkomplexe im OLED-Bauteil mit elektrischer Energie versorgt, so wird ein Mechanismus in Kraft gesetzt, bei dem ein Elektron zeitweise vom Kupferatom auf einen Liganden übertra-

gen wird. Nach sehr kurzer Zeit, typischerweise einer Mikrosekunde, springt das Elektron wie ein Ball an einem gespannten Gummiband wieder an den Ursprungsort zurück, und das Molekül erzeugt sichtbares Licht. Obwohl alles sehr schnell geht, ist dieser Vorgang relativ stör anfällig. Anstelle der Leuchterzeugung können die enormen Belastungen durch das Verschieben der Elektronen auch zur Verformung der Komplexe führen – die elektrische Energie wird bei diesem unerwünschten Vorgang in Wärme anstatt Licht umgewandelt. Problematisch war auch die Verarbeitung der Komplexe zu OLED-Bauteilen. Beim Versuch, eine Drucktinte herzustellen, fielen die beiden Liganden oft einfach vom Kupfer ab und ordneten sich neu an. In diesem auch als „Scrambling“ bezeichneten Vorgang entsteht so sprichwörtlich molekulares Rührei mit völlig anderen Eigenschaften – für OLEDs ist diese Mischung nicht mehr zu gebrauchen.

Um den Kupferkomplexen eine höhere Effizienz zu verleihen und sie verarbeiten zu können, musste ich das bisherige Design der Materialien generalüberholen. Dem einen, bisher vorhandenen Kupferatom stellte ich ein zweites zur Seite.

So wird bei der Leuchterzeugung die Belastung auf mehrere Schultern verteilt, und die Gefahr einer Verformung des Moleküls wird deutlich verringert. Dies konnte nicht nur im Labor, sondern auch durch computergestützte Simulationen bestätigt werden. Ein weiterer entscheidender Schritt war die Anbringung einer Kette aus Kohlenstoffatomen zwischen den verschiedenen Liganden, um der molekularen Struktur mehr Stabilität zu verleihen. So zusammengeschnürt können die Komplexe nicht nur Licht nahezu verlustfrei – mit einer Effizienz von mehr als 90 Prozent – erzeugen, sondern sind auch stabil genug, um zu Tinten verarbeitet und gedruckt zu werden.

Nachdem Iridium im Effizienz-Wettlauf mit dem Kupfer 15 Jahre lang weit in Führung lag, sind die beiden Leuchtstoff-Formen nun gleichauf. Falls noch bestehende Probleme, darunter die Lebensdauer der Bauteile, technisch gelöst werden können, könnte der ewige Zweite den Champion doch noch überholen. Das Problem der Rohstoffverfügbarkeit ist bei Verwendung von Kupfer jedenfalls gelöst – auch ohne extraterrestrischen Bergbau und unabhängig von neuerlichen Asteroideneinschlägen.



Die Tinten für OLEDs müssen frei von Verunreinigungen sein. Daniel Volz (rechts) und sein Kollege durchleuchten die Flüssigkeit zur Kontrolle mit starkem Licht.

Geprüfte Zutaten für Journalisten

In Köln entsteht derzeit das Science Media Center – eine Schnittstelle zwischen Journalismus und Wissenschaft, die die Berichterstattung über Forschungsthemen verbessern soll.

von Cornelia Varwig

„Schokolade macht dünn“, „Gen-Mais tötet“, „Cholera kann über Ostsee nach Deutschland kommen“ – mit solchen Sensationsergebnissen schafft es die Wissenschaft immer wieder in die Schlagzeilen. Doch viele dieser Meldungen stimmen so nicht, wie unter anderem drei renommierte Wissenschaftler regelmäßig auf ihrer Internetseite „Unstatistik des Monats“ zeigen. Den Nachrichten liegen zwar in der Regel Presseinformationen zugrunde, doch der Teufel steckt im Detail. Fehlerquellen sind Statistiken, falsch verstandene Kausalitäten oder eine undifferenzierte Darstellung. Mitunter treibt die Autoren auch ein zu großer Ehrgeiz an, eine packende News zu verkünden – das betrifft Journalisten ebenso wie die Verfasser der Pressemitteilungen.

Journalisten bei tagesaktuellen Medien fehlen zudem oft Zeit und Ressourcen, einer Sache auf den Grund zu gehen und etwa die auf Englisch verfassten und mit Fachwörtern gespickten Original-Veröffentlichungen zu studieren. Und der Allrounder, der jeden Tag andere Themen auf dem Tisch hat, kann sich nicht mit Details der Biotechnologie, Ökotoxikologie oder Seuchenmedizin auskennen.

Doch Themen mit Wissenschaftsbezug werden immer wichtiger. So sind auch bei Katastrophen wie dem Reaktorunfall von Fukushima oder bei vermeintlichen Killerviren Journalisten gefordert, rasch Fakten und verlässliche Einschätzungen zu liefern.

Hier kommt das kürzlich gegründete Science Media Center Germany (SMC) ins Spiel, das im Spätsommer seine Arbeit in Köln aufgenommen hat. Ab Frühjahr 2016 werden die sechs Mitarbeiter geprüfte und gefilterte Informationen aus der Wissenschaft anbieten – unabhängig und neutral, von Journalisten für Journalisten. „Wir haben kein Interesse, bloß Sprachrohr der Wissenschaft zu sein“, betont Volker Stollorz, Geschäftsführer und Redaktionsleiter des SMCs. Es gehe vielmehr darum, bestmögliche Expertise für Journalisten bereitzustellen, wenn Wissenschaft in die Schlagzeilen kommt.

Experten auf Abruf

Das Herzstück wird die Expertendatenbank sein – zunächst vor allem mit Forschern aus den Lebenswissenschaften und der Medizin. „Zudem suchen wir Fachleute, die zu den großen Dauerthemen

Klimawandel und Energiewende kompetent Auskunft geben sowie zu den medial noch unterbelichteten Feldern Computersicherheit und Big Data“, sagt Stollorz.

Die Experten sollen neu veröffentlichte Studien möglichst vorab einordnen, die darin verwendeten Methoden erläutern und eine Einschätzung geben, ob es sich um ein Mosaiksteinchen oder eine weitreichende Erkenntnis handelt. „Bei der Publikationsflut in der Wissenschaft kann der Einzelne nicht alles auf dem Schirm haben“, weiß der Wissenschaftsjournalist Stollorz aus Erfahrung. Das Angebot heißt „Round-up“ und wird, wenn nötig, innerhalb von 24 Stunden verfügbar sein. „Die erste Einschätzung kann mal nur ein Satz oder Absatz sein“, sagt er. Auch sendefähige O-Töne sind angedacht. Fertige Artikel wird es hingegen nicht geben, allenfalls „Zutaten“ für die Berichte der Journalisten.

Zudem sind Online-Pressekonferenzen zu besonderen Themen geplant sowie sogenannte Rapid Reactions. Darin geben Experten erste Einschätzungen zu aktuellen Ereignissen, etwa: Wie hoch ist das Strahlenrisiko in Fukushima? Welche Gefahr geht von EHEC aus? Oder: War der Germanwings-Pilot depressiv? Der

Foto: Science Media Center/Thomas Hebler



Die drei Geschäftsführer des Science Media Centers: Volker Stollorz (links), zugleich Redaktionsleiter, Beate Spiegel, zugleich Geschäftsführerin der Klaus Tschira Stiftung und Mirko Meurer, zuständig für das Kaufmännische.



Service ist als Orientierung und Arbeits-erleichterung für Allrounder gedacht. Freilich besteht das kostenfreie Angebot auch für Fachjournalisten.

Möglich wird die Arbeit in den ersten drei Jahren durch die Anschubfinanzierung der Klaus Tschira Stiftung in Höhe von 1,5 Millionen Euro. „Ein wichtiges Anliegen von Klaus Tschira war es, der Gesellschaft wissenschaftliche Erkenntnisse zugänglich zu machen. Mit dem Science Media Center kommen wir diesem Ziel wieder ein Stück näher“, sagt Beate Spiegel, Geschäftsführerin der Klaus Tschira Stiftung und des SMCs.

Langfristig sollen sich die Kosten für den Science-Service auf möglichst viele Schultern verteilen. Die Initiatoren denken an maximal fünf Prozent pro Förderer – um die Neutralität zu wahren und keinen zu großen Einfluss einzelner Interessenvertreter zuzulassen. Derzeit werden Gespräche mit diversen Institutionen aus Wissenschaft, Medien und Wirtschaft geführt. „Einige große deutsche Wissenschaftsorganisationen befürworten die Initiative bereits“, berichtet Mirko Meurer, kaufmännischer Geschäftsführer. Und auch in der Ver-

lagswelt haben sich laut Meurer bereits potenzielle Unterstützer gefunden.

Seit Beginn der Planung ist die Wissenschafts-Pressekonferenz (WPK) als kritischer Sparringspartner mit an Bord. Der Verein für Wissenschaftsjournalisten ist Mitgesellschafter des SMCs und fungiert auch als Gütesiegel. „Wir kümmern uns schon seit 1986 um die Qualität im Wissenschaftsjournalismus. So ist die enge Verzahnung mit dem SMC eine logische Fortsetzung unserer Arbeit“, sagt der erste Vorsitzende Martin Schneider.

Besseres Standing der Journalisten

Dass das SMC sowohl finanziell als auch inhaltlich funktioniert, zeigt das Vorbild in London. Dort steht quasi die Mutter aller Science Media Center – mit Nachahmern in Japan, Australien, Neuseeland und Kanada. In Großbritannien ist der Hauptgeldgeber der gemeinnützige „Wellcome Trust“. Daneben steuern über 100 Institutionen ihren Teil zur Finanzierung bei. Die Erfahrung aus zwölf Jahren hat laut Stollorz gezeigt, dass sich die Berichterstattung über Wissenschaft in den britischen Medien verbessert hat und die dafür zuständigen Kollegen ein besseres

Wenn Wissenschaft Schlagzeilen macht, stehen die Experten des Science Media Centers künftig bereit.

Standing in den Redaktionen haben. Zudem hätten Wissenschaftsthemen einen höheren Stellenwert – und das sei auch das Ziel für das deutsche Pendant.

Damit begegnet Stollorz Bedenkensträgern, die fürchten, infolge der Versorgung mit Wissen frei Haus würden Wissenschaftsressorts in Redaktionen eingespart und weniger Aufträge an freie Journalisten vergeben. „Der Journalismus steckt in einer Krise seiner Erlösmodelle. Stellen werden so oder so abgebaut“, meint Stollorz. Darauf habe das Science Media Center leider keinen Einfluss.

Eine weitere Sorge ist, dass immer dieselben Forscher zu Wort kommen werden. Doch das Gegenteil wird der Fall sein, versichert WPK-Chef Schneider. Es sollen möglichst viele Experten in die Datenbank aufgenommen werden, die die Journalisten noch gar nicht auf dem Schirm haben – damit eben nicht überall derselbe Klima- oder EHEC-Experte auftaucht. Auch verschiedene Standpunkte bei wissenschaftlichen Kontroversen sollen so sichtbar werden. „Es ist viel Expertise da, die bisher noch gar nicht angezapft wurde“, bekräftigt Stollorz. ●

www.sciencemediacenter.de

DIE ANTI-PR-MASCHINE

Seit 2002 gibt es in Großbritannien ein Science Media Center. Es hat für eine Revolution in der Kommunikationskultur gesorgt, sagt die Chefin Fiona Fox.

Das Gespräch führte Cornelia Varwig

Wissenschaftler sind vielbeschäftigte Menschen. Wie bringen Sie sie dazu, mit dem Science Media Center (SMC) zusammenzuarbeiten?

Im Prinzip haben Wissenschaftler selbst das Science Media Center in Großbritannien initiiert – aus der Erkenntnis heraus, dass etwas schief läuft. Es gab einige Themen auf den Titelseiten, etwa gentechnisch veränderte Pflanzen, Impfen oder Tierversuche, bei denen die wissenschaftliche Community nicht gut eingebunden war. Mehr noch: Sie glänzten durch Abwesenheit. Jetzt geben Wissenschaftler ihre Einschätzungen ab, bevor Journalisten damit an die Öffentlichkeit gehen. Insgesamt hat eine Revolution in der Kommunikationskultur stattgefunden.

Heißt das, Sie haben die Mehrheit der Wissenschaftler überzeugt?

Ein Großteil der Forscher hat auf jeden Fall verstanden, dass es zu ihrer Arbeit gehört, mit der Öffentlichkeit zu sprechen. Wir haben über 3000 Wissenschaftler in unserer Datenbank, die dafür bereitstehen. Allerdings gibt es jetzt ein neues Problem: Die Überprofessionalisierung der Wissenschaftskommunikation. Nach dem wunderbaren Durchbruch kommen jetzt

Pressereferenten dazwischen, die meinen, die Wissenschaftler sollten nur über Themen sprechen, die gut für das Image des eigenen Instituts sind. Das ist ein neuer Grund, warum Wissenschaftler nicht an der Kommunikation beteiligt sind.

Wie messen Sie Ihren Erfolg?

Die Antwort ist wohl frustrierend: Wir haben keine Möglichkeit, die Wirkung auf die Öffentlichkeit zu ermitteln. Wir wissen ja nicht einmal, ob ganze Zeitungsartikel oder nur Überschriften gelesen werden. Eine Studie hat gezeigt, dass die Mehrheit der Leser weiß, dass in Überschriften häufig übertrieben wird. Und sie halten in den Texten Ausschau nach Expertenmeinungen. Wir glauben einfach daran, dass eine öffentliche Debatte etwa über Fukushima besser wird, je mehr solide Fakten die Menschen erhalten. Bei manchen Hype-Themen bleibt es aber schwierig.

Können Sie ein Beispiel nennen?

Dieses Jahr war es Zucker. Ein US-Forscher schrieb, dass Zucker ähnlich giftig sei wie Tabak. Journalisten liebten diese Schlagzeile. Eine Studie behauptete zudem, Zucker mache abhängig. All unsere Experten sagten, dass die Untersuchung nicht verlässlich sei und dass Zucker okay ist, wenn man nicht zu viel davon isst. Was machten Journalisten daraus: Wissenschaftler sagen, Zucker ist schlecht, essen Sie nicht zu viel davon!

Bald wird das Science Media Center in Deutschland seine Arbeit aufnehmen. Was erwartet die Journalisten und Wissenschaftler?

Eine unabhängige Stelle für Wissenschaftsthemen. Kritiker halten unsere Informationen für Wissenschafts-PR.



Die Journalistin Fiona Fox leitet das Science Media Center seit seiner Gründung.

Doch eigentlich handelt es sich beinahe um eine Anti-PR-Maschine. Wir sind zwar pro Wissenschaft, aber wir unterstützen keine bestimmte Einrichtung oder Agenda. Nach 25 Jahren in der Pressearbeit war es für mich persönlich befreiend, nicht mehr die Message einer bestimmten Institution verkünden zu müssen.

Welche Empfehlung geben Sie den deutschen SMC-Kollegen auf den Weg?

Das Wichtigste ist ein gutes Verhältnis zu den Journalisten. Viele publizieren unter Zeitdruck Dinge, die nicht ganz stimmen. Würden wir sie dafür öffentlich verurteilen, wäre das das Ende der Zusammenarbeit. Es gibt in Großbritannien Blogger, die schlechte Wissenschaftsberichterstattung öffentlich ächten. Unsere Aufgabe ist das nicht. Wir sollten Journalisten helfen, es besser zu machen.

Fotos: Zerbor/Fotolia.com; InterTOPICS/J. Enoch/ddp images (Foto rechts)

IMPRESSUM

Klaus Tschira Preis für verständliche Wissenschaft
Eine Sonderpublikation von bild der wissenschaft in Zusammenarbeit mit der Klaus Tschira Stiftung

ERSCHEINUNGSTERMIN: Oktober 2015
HERAUSGEBERIN: Katja Kohlhammer
VERLAG: Konradin Medien GmbH
Ernst-Mey-Straße 8
70771 Leinfelden-Echterdingen

GESCHÄFTSFÜHRER: Peter Dilger
CHEFREDAKTEUR: Wolfgang Hess
PROJEKTLEITUNG: Cornelia Varwig
GRAFISCHE GESTALTUNG: Ricardo Martins
BILDREDAKTION: Ruth Rehbock
SCHLUSSREDAKTION: Astrid Froese
REDAKTION KLAUS TSCHIRA STIFTUNG:
Renate Ries, Agnes Schulze
VERTRIEB: Kosta Poullos

DRUCK: Konradin Druck GmbH
Kohlhammerstr. 1–15
70771 Leinfelden-Echterdingen

Weitere Exemplare können Sie anfordern bei:
Klaus Tschira Stiftung gGmbH
Villa Bosch, Schloss-Wolfsbrunnengweg 33
69118 Heidelberg
www.klaus-tschira-preis.info

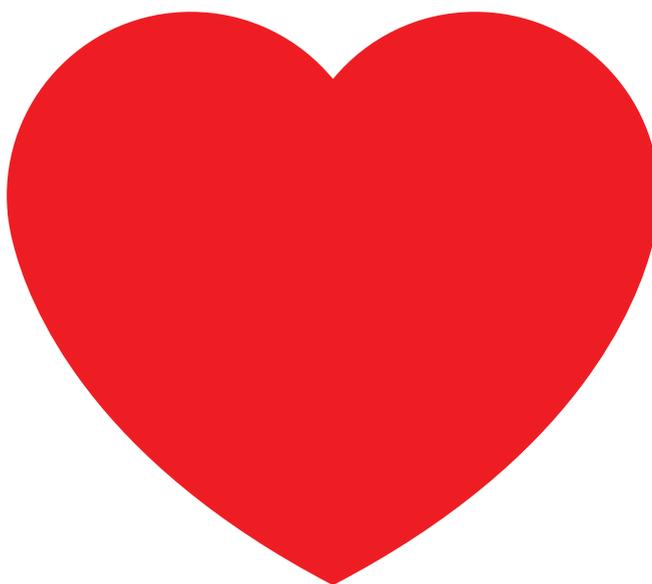
Einsendeschluss: 29. Februar 2016

2016

KlarText!
KlarText!
KlarText!
KlarText!

Klaus Tschira Preis
für verständliche
Wissenschaft

I...
we...
you...



KlarText!

Bewerben Sie sich

um den Klaus Tschira Preis für verständliche Wissenschaft, kurz: KlarText!

Jedes Jahr zeichnet die Klaus Tschira Stiftung damit Wissenschaftler aus, die die Ergebnisse ihrer herausragenden Dissertation in einem Artikel erklären – verständlich, spannend, anschaulich.

Teilnahmebedingungen

- Promotion 2015 in Biologie, Chemie, Informatik, Mathematik, Neurowissenschaften, Physik oder einem angrenzenden Fachgebiet
- Herausragende Forschungsergebnisse
- Ein allgemein verständlicher Textbeitrag über die eigene Forschungsarbeit
- Einsendeschluss: 29. Februar 2016

Jeder gewinnt!

- Jeder Teilnehmer kann am zweitägigen Workshop Wissenschaftskommunikation teilnehmen
- 5000 Euro Geldpreis pro Gewinner in jedem der sechs Fachgebiete
- Veröffentlichung der Siegerbeiträge in einer KlarText!-Sonderbeilage des Wissenschaftsmagazins *bild der wissenschaft*

www.klaus-tschira-preis.info