

# bild der wissenschaft plus



KlarText!  
KlarText!  
KlarText!  
KlarText!

Die Preisträger 2009

# KLAUS TSCHIRA PREIS

## für verständliche Wissenschaft

# 2009

# WERDEN SIE JURYMITGLIED!



2010 feiert der Klaus Tschira Preis für verständliche Wissenschaft fünfjähriges Jubiläum. Aus diesem Anlass werden 60 bdw-Abonnenten in die Jury aufgenommen. Bewerben Sie sich jetzt für die Publikumsjury.

**BILD DER WISSENSCHAFT-LESER** können in den Kategorien Neurowissenschaften und Physik entscheiden, welche Jungforscher ins weitere Rennen um den Klaus Tschira Preis 2010 geschickt werden. Bewerben für die Publikumsjury können sich alle, die bdw seit mindestens drei Jahren abonniert haben. Das heißt: Neben Ihrem Namen, Ihrer Post- und E-Mail-Adresse und Ihrem derzeit ausgeübten Beruf benötigen wir auch Ihre Abo-Nummer, die auf dem Adressetikett jeder Ausgabe steht.

Die zu bewertenden Beiträge der Wissenschaftler sind etwa 9000 Zeichen lang. Das entspricht dem Text dreier A4-Seiten. Jedes Jurymitglied bekommt maximal zehn Arbeiten zur Bewertung.

Jeder der 60 ausgewählten Juroren aus dem bdw-Abonnentenkreis, der uns nach seiner Ernennung die vollständig ausgefüllten Bewertungsformulare elektronisch, per

Fax oder auf dem Postweg zusendet, erhält für die Juryteilnahme einen Sachpreis. Verlost werden 10 Markenferngläser von Zeiss, 10 Funkwetterstationen sowie 40 Hightech-Radiowecker. Weiterhin sind die Jurymitglieder zur Verleihung des Klaus Tschira Preises 2010 mit anschließendem Empfang im Oktober 2010 in Heidelberg eingeladen.

**Bewerbungsschluss für die Teilnahme an der Publikumsjury des Klaus Tschira Preises für verständliche Wissenschaft 2010 ist der 15. Dezember 2009.**

Ihre Bewerbung richten Sie bitte an:  
 bild der wissenschaft  
 Frau Ulrike Matzke  
 Ernst-Mey-Straße 8  
 70771 Leinfelden-Echterdingen  
 oder weit einfacher an:  
[ulrike.matzke@konradin.de](mailto:ulrike.matzke@konradin.de)

## Bäckertüten, Planetenscheiben und der Klaus Tschira Preis

**WIE BRINGT MAN WISSENSCHAFT UNTER DIE LEUT'** – speziell die Mathematik? Man drückt auf Bäckertüten sechs spannende Matherätsel und spricht so eine große Öffentlichkeit an, sich an der Lösung zu beteiligen. Genau dies machte die Fakultät für Mathematik des Karlsruher Instituts für Technologie KIT. Der Mathematikprofessor Wolfgang Reichel gewann die Geschäftsführung der Badischen Backstub' zur Mitwirkung – eine Großbäckerei in der Region Karlsruhe mit 26 Filialen. Reichel realisierte damit einen der cleversten Publikums-wettbewerbe, die im Jahr der Mathematik 2008 die Runde machten.

Was hat das mit dem Klaus Tschira Preis zu tun? Immerhin so viel, dass Wolfgang Reichel sein Bemühen, Wissenschaft in die Öffentlichkeit zu tragen, dem Klaus Tschira Preis verdankt. Reichel, heute 41, hatte sich dadurch erstmals angesprochen gefühlt, die Inhalte einer wissenschaftlichen Arbeit allgemeinverständlich darzulegen. Das gelang ihm gut – so gut, dass er einen regionalen Vorgängerwettbewerb des jetzigen Preises gewann. „Bei meinen Bewerbungen um eine Professorenstelle erweckte der Klaus Tschira Preis großes Interesse“, verrät Reichel. Inzwischen gibt er die Erfahrungen mit der Öffentlichkeit an Doktoranden weiter, „damit sie Gymnasiasten für das Mathestudium begeistern“.

K. Mellenthin für bdw



Wolfgang Hess, Chefredakteur

Wissenschaft an ein breites Publikum weiterzugeben, ist auch ein Anliegen von Felicitas Mokler. Sie bekam 2008 den Klaus Tschira Preis im Fachgebiet Physik – für die allgemeinverständliche Kurzfassung ihrer Doktorarbeit. Ihr brachte die Auszeichnung gleich in doppelter Weise Segen: Neben 5000 Euro Preisgeld erhielt sie nicht zuletzt dadurch eine Stelle in Hannover, wo sie für die Öffentlichkeitsarbeit beim Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik zuständig ist. „Der Klaus Tschira Preis spielte bei der Vergabe sicher eine Rolle“, sagt die 33-Jährige.

Zwei Preisträger von inzwischen vielen. Sie beweisen: Klaus Tschira hat mit seinem Preis für verständliche Wissenschaft etwas ins Rollen gebracht: Mehr und mehr sind junge Wissenschaftler bereit, ihre Arbeiten so zu formulieren, dass sie der interessierte Laie versteht. 2009 gab es 168 Bewerbungen um die Preise, doppelt so viele wie 2006. Die ausgezeichneten Arbeiten, die in sechs Kategorien vergeben werden, stellen wir auf den nächsten Seiten vor. Abgerundet wird dieses Bild der Wissenschaft plus durch das Interview mit Peter Gruss, dem Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft und Schirmherrn des Klaus Tschira Preises, sowie durch überraschende Einblicke in das Medientraining, das die Klaus Tschira Stiftung mit Erfolg für Wissenschaftler anbietet.

## INHALT

### 3 Zur Sache

### 4 Ein guter Vortrag: In Zwiebelschalen

Gespräch mit Peter Gruss, Präsident der Max-Planck-Gesellschaft und Schirmherrn des Klaus Tschira Preises

### 7 Impressum

### 8 Ein kosmisches Körnchen Wahrheit

Christian Vollmer, Physik

### 12 Soziale Entdecker in Windeln

Stefanie Höhl, Neurowissenschaften

### 16 Blutige Fingerabdrücke aus der Playstation

Tim Conrad, Mathematik

### 20 Die Motte hat den Durchblick

Theobald Lohmüller, Chemie

### 24 Auf Zehenspitzen zum Weltrekord

Nina Schaller, Biologie

### 28 Der Weg ist das Ziel

Dominik Schultes, Informatik

### 32 Alltagssprache statt Fachchinesisch

Die Wissenschaftsjournalisten Winfried Göpfert und Jörg Göpfert über ihr Medientraining bei der Klaus Tschira Stiftung

### 35 Vergiss die Wens und Abers

Schreibwerkstatt der Klaus Tschira Stiftung: Eine Teilnehmerin berichtet

Cover: picture-alliance/Pressefoto Ulmer; Montage: K. Marx



Forschung in die Öffentlichkeit bringen: Diese Sechs konnten es am besten und erhielten für ihre Leistung 2009 den Klaus Tschira Preis für verständliche Wissenschaft.

# EIN GUTER VORTRAG: IN ZWIEBELSCHALEN

Immer wieder wird Wissenschaftlern vorgeworfen, dass sie sich in den Elfenbeinturm zurückziehen. Dabei ist das Verhältnis von Wissenschaft und Öffentlichkeit weit besser geworden, wie der Präsident der Max-Planck-Gesellschaft Peter Gruss im bild der wissenschaft-Interview belegt.

Das Gespräch führte Wolfgang Hess

**bild der wissenschaft:** Den Klaus Tschira Preis erhalten Wissenschaftler, die ihre Doktorarbeit anschaulich beschreiben können – und dies kurz und knapp. Kann auch der Präsident der Max-Planck-Gesellschaft kurz und knapp schildern, was er macht?

**GRUSS:** Der Präsident repräsentiert die Max-Planck-Gesellschaft und entwirft die Grundzüge der Wissenschaftspolitik der MPG, zum Beispiel bei der wissenschaftlichen Fortentwicklung der Gesellschaft etwa bei Neugründungen. Das geht natürlich nicht im Alleingang, sondern im Zusammenspiel mit den Wissenschaftlern und den unterschiedlichen Gremien. Damit der Organismus MPG funktionieren kann, muss er für die vertrauensvolle Zusammenarbeit innerhalb der Gesellschaft sorgen. Daneben hat er zahlreiche weitere Aufgaben, die, plakativ gesprochen, überwiegend das Ziel haben, der Max-Planck-Gesellschaft eine auskömmliche Finanzierung und angemessene Forschungsrahmenbedingungen zu sichern.

**bdw:** Der Max-Planck-Präsident ist also kein Frühstücksdirektor?

**GRUSS:** Nein, wenn ich meinen Terminkalender anschau, kann ich das mit Fug und Recht behaupten.

**bdw:** Welche Erinnerungen haben Sie an Ihren ersten Vortrag als Wissenschaftler, bei dem es auf Allgemeinverständlichkeit ankam?

**GRUSS:** Den Vortrag habe ich auf einer prominent angekündigten Veranstaltung in Genf gehalten. Er fand in einer Reihe statt, in der über eine Woche hinweg jeden Abend zwei bekannte Wissenschaftler vortrugen. Niemals zuvor und nachher habe ich mich so intensiv vorbereitet.

**bdw:** Warum?

**GRUSS:** Den Kollegen Ergebnisse zu vermitteln, ist deutlich einfacher als ein wissenschaftliches Thema so in einen Rahmen einzubinden, dass es zumindest gebildete Laien verstehen können. Trotz des Zeitaufwands hat mir die Arbeit Spaß gemacht. Nachher hatte ich das Gefühl, dass mein Vortrag gut angekommen ist.

**bdw:** Haben Sie sich als Wissenschaftler jemals in Richtung Öffentlichkeitsarbeit weitergebildet?

**GRUSS:** Nach einem wissenschaftlichen Auslandsaufenthalt war ich zunächst einmal Professor an einer Universität und musste unter anderem Allgemeine Mikrobiologie für Anfänger unterrichten. Dabei bekommt man schon ein Gefühl dafür, wie Material interessant aufbereitet werden kann. Für Presse und Fernsehen reicht das natürlich nicht. Hier musste ich weiter dazulernen. Ein formales Medientraining habe ich allerdings nie gemacht.

## MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT KOMPAKT

Die Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (MPG), gegründet 1948, ist eine gemeinnützige Organisation des privaten Rechts in Form eines eingetragenen Vereins. Zentrales Entscheidungsgremium ist der Senat. In ihm agieren Vertreter der Politik, der Wissenschaft sowie der sachverständigen Öffentlichkeit.



Die Max-Planck-Gesellschaft unterhält inzwischen 80 Forschungsinstitute, in denen 13.400 Mitarbeiter tätig sind, darunter 4.900 Wissenschaftler. Der Jahresetat 2009 umfasst insgesamt 1,3 Milliarden Euro.

Die Forschungsaktivität erstreckt sich überwiegend auf Grundlagenforschung in den Natur- und Geisteswissenschaften. Bis September 2009 wurden 17 Nobelpreise an eine Wissenschaftlerin und 16 Wissenschaftler der MPG vergeben.

Weitere Informationen: [www.mpg.de](http://www.mpg.de)



## Prof. Dr. Peter Gruss

ist seit 2002 Präsident der Max-Planck-Gesellschaft und seit 2008 Schirmherr des Klaus Tschira Preises für verständliche Wissenschaft. Gruss (Jahrgang 1949) wurde bereits mit 33 Jahren Professor für Mikrobiologie in Heidelberg. 1986 berief ihn das Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen zum Direktor der Abteilung für molekulare Zellbiologie. 1999 wurde er zusammen mit Herbert Jäckle von Bundespräsident Johannes Rau mit dem hochangesehenen Deutschen Zukunftspreis geehrt. Wenn Peter Gruss einmal nicht an die Max-Planck-Gesellschaft denken will, joggt und schwimmt er oder fährt Ski. Seine zweite Amtszeit läuft bis 2014.

**bdw:** *Bei der Klaus Tschira Stiftung könnten Sie das nachholen! Doch Spaß beiseite. Warum sind Sie beim Klaus Tschira Preis für verständliche Wissenschaft Schirmherr geworden? Solche Posten werden Ihnen gewiss zuhauf angetragen.*

**GRUSS:** Schirmherrschaften suche ich mir gut aus und habe noch nicht viele angenommen. Beim Klaus Tschira Preis geht es aber um ein Feld, das für uns Wissenschaftler von essenzieller Bedeutung ist: die verständliche Vermittlung der Wissenschaft in breite Bevölkerungskreise. Wenn wir da heute erfolgreich sind, fällt das auf uns morgen wieder zurück. Denn wir werden nur dann Unterstützung für die Wissenschaft aus der breiten Bevölkerung gewinnen, wenn wir Akzeptanz für unsere Forschung schaffen können, das heißt die Bevölkerung mitnehmen, einbinden, Verständnis und Begeisterung wecken. Das ist eine Basis dafür, dass sich die Bundesrepublik Deutschland innerhalb der breiten internationalen Konkurrenz besser positioniert.

**bdw:** *Welchen Stellenwert sollten Nachwuchswissenschaftler der Öffentlichkeitsarbeit beimessen?*

**GRUSS:** In unserer medienbeherrschten Welt muss jeder zu jeder Zeit in der Lage sein, sich und seine Forschung nach außen so zu vermitteln, dass gebildete Frauen und Männer verstehen, von was die Rede ist. Ich rate deshalb, schon frühzeitig damit anzufan-

gen: zum Beispiel, indem man als Doktorand in Schulen geht, Vorträge hält und sich in der Darstellung übt. Wer vorne steht, bekommt rasch eine Antwort darauf, ob das ankommt oder ob die Augen nach hinten klappen. Hierzu haben wir sogar ein spezielles Programm: Jedes Jahr schwärmen im Rahmen unserer Hauptversammlung Max-Planck-Wissenschaftler aus, um an den Gymnasien Vorträge zu halten. In Mainz wurden in diesem Jahr in über 20 Gymnasien mehr als 80 Schulvorträge gehalten. Besonders gut kommen bei den Schülern junge Wissenschaftler an.

**bdw:** *Was erwarten Sie von Ihren Direktoren?*

**GRUSS:** Natürlich steht ein Direktor auch im Rampenlicht der Öffentlichkeit. Er soll kompetent zu kontroversen Themen Stellung beziehen können – etwa zu Themen wie Stammzellen oder Grüne Gentechnologie.

**bdw:** *Die Max-Planck-Direktoren werden berufen, weil sie in ihrer Disziplin weltweit an der Spitze sind. Welche Rolle spielt ihr öffentliches Auftreten bei der Berufung?*

**GRUSS:** Natürlich zählt in erster Linie die wissenschaftliche Leistung. Doch viele dieser Wissenschaftler sind nur dorthin gekommen, weil sie ihre Leistung in enger Rückkopplung mit dem Wissenschaftsfeld gekonnt präsentiert haben. Es gibt eine Reihe von Di-

rektoren, die wirklich Talent haben, Wissenschaft im öffentlichen Raum zu präsentieren. Das sehen Sie allein an unseren Veranstaltungen, wie dem immer gut besuchten Max-Planck-Forum hier in München. Da ist das Haus voll.

**bdw:** *In solchen Foren geben Wissenschaftler meist einen Überblick. Bleibt die Frage, ob das, was sie aktuell erforschen, wirklich so dargestellt werden kann, dass es Außenstehende begreifen?*

**GRUSS:** Das Geheimnis eines guten Vortrags ist das Zwiebschalenmodell. Zunächst muss man sich vergegenwärtigen, an welche Zielgruppe man sich wendet. Im ersten Ansatz wird man die Erkenntnis daher sehr allgemein formulieren – das ist quasi die äußere Schale. Man muss aber den Anspruch haben, sich im weiteren Verlauf des Vortrags zum Kern des aktuellen Wissens hin zu arbeiten und sich dabei eine Schale nach der anderen vornehmen. Das bedingt beim Vortragenden entsprechende Vorbereitungszeit und beim Zuhörer die intellektuelle Arbeit, dem Vortragenden folgen zu wollen. Und das heißt nichts anderes, als dass den inneren Kern oft nur wenige verstehen. Eine Reihe von Zuhörern wird nur bis zur einen oder anderen Schale folgen.

**bdw:** *Inwieweit akzeptieren Politiker das Zwiebschalenmodell, das sich bewusst von populistischen Formulierungen abgrenzt?*

**GRUSS:** Bei Politikern muss man rasch zum Punkt kommen und die Grundprinzipien der Neuerung oder Änderung zügig darstellen. Wir müssen ihnen beispielsweise ohne Umschweife erklären, auf welchem Weg Stammzellen herzustellen sind oder nachweisen, warum allen anderen Aussagen zum Trotz bislang eben keine gesundheitlichen Gefährdungen durch transgenen – also gentechnisch modifizierten – Mais ermittelt wurden.

## KLAUS TSCHIRA STIFTUNG KOMPAKT

**Gründungsjahr:** 1995

**Stifter:** Der Physiker und SAP-Mitgründer Dr. h.c. Klaus Tschira

**Ziel:** Förderung der Naturwissenschaften, Mathematik und Informatik

**Fördervolumen 2008:** 19,5 Millionen Euro



### Förderschwerpunkte:

Faszination Naturwissenschaften – Begeisterung von Kindern und Jugendlichen für Naturwissenschaften, Mathematik und Informatik wecken und fördern: [www.forscherstation.info](http://www.forscherstation.info), [www.explore-science.info](http://www.explore-science.info), [www.jugendsoftwarepreis.info](http://www.jugendsoftwarepreis.info)

Forschung für die Gesellschaft – Unterstützung von Nachwuchswissenschaftlern und Forschungsprojekten: [www.eml-research.de](http://www.eml-research.de), [www.bioms.de](http://www.bioms.de)

Verständliche Wissenschaft – Kommunikation zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit erleichtern: [www.klaus-tschira-preis.info](http://www.klaus-tschira-preis.info), [www.sags-klar.info](http://www.sags-klar.info)

**Weitere Informationen:** [www.klaus-tschira-stiftung.de](http://www.klaus-tschira-stiftung.de)

**bdw:** *Sie sind seit 2002 Präsident der Max-Planck-Gesellschaft. Hat sich die Stimmung der Politiker hinsichtlich Wissenschaft und Forschung verändert?*

**GRUSS:** Ja. Als ich das Amt des Präsidenten übernahm, hatten wir in Deutschland bei Weitem nicht das parteiübergreifende Bewusstsein, dass die Zukunft unseres Landes erstens von einer Wissensgesellschaft abhängt. Und zweitens, dass diese Wissensgesellschaft nur über zusätzliche Förderung bei Bildung und Forschung zu erreichen ist. Der Hochschulpakt, die Exzellenzinitiative und der Pakt für Forschung haben viel bewirkt.

**bdw:** *Was ist für die Max-Planck-Gesellschaft wichtiger – hervorragende Nachwuchsforscher zu beschäftigen oder mehr Geld zuzuwiesen zu bekommen?*

**GRUSS:** Das eine bedingt das andere. Wir müssen einfach mehr Mittel bekommen, um auch mehr Nachwuchsforscher beschäftigen zu können. Würde die weitere Förderung bescheiden ausfallen oder gar zurückgehen, so müssten wir zwangsläufig bei Nachwuchsforschern einsparen. Sie sind befristet beschäftigt und diese Stellen können in finanziell knappen Zeiten nicht wiederbesetzt werden – mit verheerenden Auswirkungen. Denn wenn wir jungen Wissenschaftlern keine Perspektive bieten, werden sie ihre Karriere sicher nicht in Deutschland weiterverfolgen. Und das bei einer demografisch besorgniserregenden Entwicklung: Wir haben bis 2030 aufgrund der Veränderung in der Alterspyramide 50 000 Studienabgänger weniger als 2005!

**bdw:** *Was muss man leisten, um bei der Max-Planck-Gesellschaft angestellt zu werden?*

**GRUSS:** Sie müssen ein hohes Maß an Begabung für die Wissenschaft haben und sie müssen in Ihrem Forschungsfeld gut sein. Dann geht im Prinzip alles ganz von allein. Man fragt beispielsweise bei Herrn Müller, der an einem Max-Planck-Institut gute Forschung macht, ob man bei ihm seine Doktorarbeit schreiben kann.

**bdw:** *Um einen Doktorgrad vergeben zu können, muss Herr Müller aber an einer Universität forschen und lehren ...*

**GRUSS:** ... kein Problem. Wir unterhalten mit fast allen Universitäten gute Beziehungen. Rund 80 Prozent unserer habilitierten Wissenschaftler haben eine Professur an einer Universität. Und wir haben die International Max Planck Research Schools. Davon gibt es 54, in die über 2000 Doktoranden integriert sind. 60 Prozent davon kommen aus dem Ausland, was für die Attraktivität dieser Graduiertenschulen spricht. Sie werden von Universitäten und den jeweiligen Max-Planck-Instituten gemeinsam geführt und können problemlos Doktoranden ausbilden.

**bdw:** *Nochmals konkret: Wie startet man seine wissenschaftliche Karriere bei der Max-Planck-Gesellschaft?*

**GRUSS:** Der direkte Weg ist, sich seine Doktorarbeit bei den Max-Planck-Kollegen zu sichern, die dem Studierenden über das Hauptstudium bekannt sind. Eine andere Möglichkeit ist, während des Hauptstudiums konkret jene Wissenschaftler zu suchen, die in dem Gebiet, für das man sich wirklich stark interessiert, die Besten sind. Eigeninitiative kommt bei den Professoren gut an. Man sollte sich seine Weichenstellung gut überlegen. Ich habe meinen Doktoran-



Klaus Tschira Stiftung / Peter Dorn

**Peter Gruss bei der Verleihung des Klaus Tschira Preises für verständliche Wissenschaft im Oktober 2008.**

den immer wieder gesagt: Überlegen Sie genau, wohin Sie wechseln. Wenn Sie da einen Fehler machen, müssen Sie eine Ehrenrunde drehen.

***bdw: Kann man als Wissenschaftler sitzenbleiben?***

**GRUSS:** Eine Ehrenrunde heißt hier: Wer während der Promotion in einem schwächeren Labor war, muss einen zusätzlichen Forschungsaufenthalt einschalten, um in ein Spitzengebiet reinzukommen.

***bdw: Wer über ein Max-Planck-Forschungsthema promoviert, bleibt dann am besten gleich da?***

**GRUSS:** Ganz im Gegenteil! In den Naturwissenschaften sollte sich ein Auslandsaufenthalt in einem guten Labor anschließen. Das müssen nicht die USA sein. Auch im europäischen Ausland, in Australien und in Japan gibt es hervorragende Forschungsstätten. Ein solcher Auslandsaufenthalt führt zu völlig neuen Erfahrungen. Wer so gerüstet ist, hat einen guten Überblick, wie das Geschäft der Wissenschaft wirklich läuft, und findet dann zu Hause oft eine ausbaufähige Position.

***bdw: In den ausländischen Labors wird Englisch gesprochen, auch in deutschen Labors ist das immer häufiger der Fall. Wer sich tagtäglich nur noch auf Englisch ausdrückt, hat möglicherweise Probleme, seine Wissenschaft der deutschen Öffentlichkeit zu vermitteln. Stellen Sie da bereits Defizite fest?***

**GRUSS:** Das Englisch, das man für seine Wissenschaft braucht, ist zunächst einmal ein fachspezifisches Vokabular und kann deshalb einfach sein. Aber wer längere Zeit im Ausland gearbeitet hat, braucht nach seiner Rückkehr in der Regel schon zwei, drei Vorträge, bis er seine Forschung wieder gut in seiner Heimatsprache präsentieren kann. Als ich nach viereinhalb Jahren USA-Aufenthalt wie-

der Vorträge auf Deutsch hielt, musste ich beispielsweise nach dem deutschen Wort für „spinal cord“ suchen, was bei uns schlicht Rückenmark heißt.

***bdw: Unterstützen Sie Ihre Wissenschaftler dabei?***

**GRUSS:** Es gibt Einrichtungen, beispielsweise unsere Research Schools, die das Erstellen von Präsentationen und das adressatenbezogene Verfassen von Texten anbieten.

***bdw: Welchen Stellenwert hat die Auszeichnung mit dem Klaus Tschira Preis bei der Max-Planck-Gesellschaft?***

**GRUSS:** Das ist ein wichtiger Teil im Curriculum. Bei einer Bewerbung schaut man natürlich besonders genau auf den Teil „Preise und Ehrungen“. Wenn man sieht, dass da jemand für verständliche Wissenschaft ausgezeichnet worden ist, erzeugt das eine positive Grundstimmung.

***bdw: US-Forscher seien bessere Wissenschaftskommunikatoren, heißt es häufig. Können Sie das bestätigen, Herr Gruss?***

**GRUSS:** Der öffentlichkeitswirksame Auftritt hat dort einen anderen Stellenwert. In den USA wird oft schon in der Vorschule verlangt, dass sich die Kleinen vor ihrer Gruppe präsentieren – mit Stücken, Spielen, Liedern. Das fördert das Bewusstsein für den öffentlichen Auftritt. Es wäre schön, wenn dieses Auftreten auch in unseren Schulen stärker geübt würde.

***bdw: Anfang Oktober eines jeden Jahres werden die neuen Nobelpreisträger bekannt gegeben. Christiane Nüsslein-Volhard sowie 16 männliche Forscher der Max-Planck-Gesellschaft haben diese höchste wissenschaftliche Auszeichnung bisher erhalten. Während Ihrer Amtszeit konnten Sie mit Theodor Hänsch und Gerhard Ertl bereits zwei Preisträger persönlich beglückwünschen. Steigt in dieser Zeit der Blutdruck des Präsidenten?***

**GRUSS:** Nein, der bleibt normal. Natürlich erwarte ich die Bekanntgabe mit Interesse. Man braucht ein Forschungsplateau, das hoch genug ist, um einen Nobelpreis zu erreichen. Wann die Auszeichnung kommt, ist aber nicht vorhersehbar. In unseren Instituten haben wir eine Reihe von Leuten, die diesen Preis verdienen. Deshalb bin ich optimistisch, dass es auch in Zukunft den einen oder die andere von uns treffen wird.

***bdw: Sie behaupten damit, dass die meisten Max-Planck-Institute in der Weltliga ganz vorne spielen?***

**GRUSS:** Das sagen zumindest unsere wissenschaftlichen Fachbeiräte, die zu 80 Prozent aus dem Ausland stammen und sich aus Nobelpreisträgern und anderen Wissenschaftlern erster Güte zusammensetzen. ■

**IMPRESSUM**

**Klaus Tschira Preis für verständliche Wissenschaft**  
Eine Sonderpublikation von bild der wissenschaft  
in Zusammenarbeit mit der Klaus Tschira Stiftung  
**ERSCHEINUNGSTERMIN:** November 2009  
**HERAUSGEBERIN:** Katja Kohlhammer  
**VERLAG:** Konradin Medien GmbH  
Ernst-Mey-Strasse 8, 70771 Leinfelden-Echterdingen

**CHEFREDAKTEUR:** Wolfgang Hess  
**PROJEKTLÉITUNG:** Cornelia Varwig  
**GRAFISCHE GESTALTUNG:** Karl Marx  
**BILD- UND SCHLUSSREDAKTION:** Ruth Rehbock  
**VERTRIEB:** Rüdiger Eichholz  
**DRUCK:** Konradin Druck GmbH  
Kohlhammerstr. 1-15, 70771 Leinfelden-Echterdingen

**REDAKTION KLAUS TSCHIRA STIFTUNG:** Renate Ries  
Weitere Exemplare der Sonderpublikation können Sie anfordern bei:  
Klaus Tschira Stiftung gGmbH, Villa Bosch  
Schloss-Wolfsbrunnenweg 33, 69118 Heidelberg  
www.klaus-tschira-preis.info

**DR. CHRISTIAN VOLLMER**

1977 geboren in Essen

1996 Abitur

Zivildienst

1997 bis 1999 Studium der Journalistik  
an der Universität Dortmund1999 bis 2005 Studium der Geologie an  
der Universität zu Köln

2005 Diplom in Geologie

2005 bis 2008 Doktorand am Max-  
Planck-Institut (MPI) für Chemie in Mainz  
und am Institut für Geowissenschaften  
der Goethe-Universität Frankfurt a.M.

17.12.2008 Promotion zum Dr. phil. nat.

seit Januar 2009 Post-Doc am MPI für  
Chemie in Mainz

christian.vollmer@mpic.de

www.mpch-mainz.mpg.de/~namip/  
index.html*von Christian Vollmer*

**AUF DEM BILDSCHIRM** des Elektronenmikroskops erscheint in 50000-facher Vergrößerung ein Staubkorn. Es hat eine weite Reise hinter sich: Das Korn ist älter als unser Sonnensystem und wurde von der Schockwelle einer gewaltigen Sternexplosion getroffen. „Irgendwie ist es verrückt, dass dieses winzige Staubkorn, kleiner als ein tausendstel Millimeter, eine derart spektakuläre Geschichte erzählt“, bekennt

Christian Vollmer vom Mainzer Max-Planck-Institut (MPI) für Chemie, während er das Korn auf dem Bildschirm betrachtet. Und er fügt hinzu: „Noch verrückter ist allerdings, dass wir diese Geschichte überhaupt entschlüsseln konnten!“ Wieso kann Vollmer „Sternenstaub“, älter als unsere Sonne, hier auf der Erde analysieren? Und was bedeutet dieses märchenhafte Wort überhaupt?

Wer die Sprache der Körner verstehen will, der muss zunächst ein paar Dinge über Astrophysik wissen: Die meisten Atome unseres Körpers und der Erde sind im Innern von Sternen erzeugt worden. Beim Urknall selbst haben sich aus den Grundbausteinen nur die sehr leichten Elemente gebildet – vor allem Wasserstoff und Helium. Alle weiteren Elemente schmolzen erst später in den Millionen Grad heißen Zentren



# EIN KOSMISCHES KÖRNCHEN WAHRHEIT

Wenn ein Meteorit auf die Erde fällt, ist das für Forscher mehr als ein Klumpen Gestein. Es ist ein Fenster in die Vergangenheit, denn Meteoriten enthalten Staubkörner, die vor Milliarden Jahren entstanden sind. Mit neuen Methoden der Nano-Materialforschung haben Forscher diesen Sternenstaub unter die Lupe genommen.



Was für Laien wie ein unscheinbarer Brocken aussieht, kann für Christian Vollmer eine wahre Fundgrube sein: Womöglich enthält dieser Meteorit Sternenstaub.

der Sterne zusammen. Gerade die wichtigsten Atomsorten, aus denen wir gemacht sind, wie Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff, werden nur in den Reaktoren der Sterne hergestellt. Wenn der Brennstoff eines Sterns zur Neige geht, bläht er sich zu einem „Roten Riesenstern“ auf oder, wenn er besonders schwer ist, explodiert als gewaltige „Supernova“, und schleudert die Reste seines Materials nach außen. In die-

Fotos: Tim Wegner für bdkw

sen sich abkühlenden Gaswolken klumpen Staubkörner zusammen. Dieser Sternenstaub speichert eine Art genetischen Fingerabdruck seines Muttersterns und trägt diese Information in die Weiten des Alls hinaus.

Wenn Millionen von Jahren später aus einer Gas- und Staubwolke dann ein neuer Stern kollabiert, ist die Asche des vergange-

nen Sterns Teil des neuen. Der Kreislauf beginnt von vorne. So war es auch in unserem Sonnensystem, als es vor viereinhalb Milliarden Jahren entstand. Der Großteil der ursprünglichen Materie, die unser Sonnensystem bildete, wurde dabei wie in einem gewaltigen Rührkuchen vermischt und aufgeheizt. Atome verdampften und setzten sich zu neuem Staub und größeren Körpern zusammen, aus denen schließlich die Pla-

Ein vergrößertes  
Sternenstaubkorn:  
In Wahrheit ist es  
nur 0,0003 Milli-  
meter groß.



## DER GEOLOGE ALS JOURNALIST

*Christian Vollmer im bdw-Gespräch*

**Haben Sie für Ihren Siegerbeitrag davon profitiert, dass Sie zwei Jahre lang Journalistik studiert haben?**

Ich habe schon immer gerne geschrieben, als Jugendlischer Kurzgeschichten, später für die Abizeitung. Deshalb hatte ich mich für das Studium entschieden. Ich habe viele Grundlagen gelernt, und es war bestimmt nicht von Nachteil für meinen Schreibstil.

**Ist der Zug für eine Karriere im Journalismus abgefahren?**

An diesem Punkt stehe ich gerade, deshalb ist der Zug keinesfalls abgefahren! Ich habe Journalistik abgebrochen, weil ich dachte, dass ich als Geologe immer noch Journalist werden könnte, aber nie umgekehrt. Im Moment frage ich mich, ob ich in der Forschung bleiben möchte, weil die Arbeit sehr speziell ist und die Stellensituation bescheiden. Ich glaube, dass es gerade im Wissenschaftsjournalismus einen steigenden Bedarf gibt.

**Freuen Sie sich über Meteoriteneinschläge?**

In Harry Mulichs Buch „Die Entdeckung des Himmels“ wird ein Astrophysiker von einem Meteoriten getroffen, nachdem er das Rätsel des Universums gelöst hat. So lang so etwas nicht passiert, können gerne Meteoriten zur Erde fallen – und sie tun es auch. Deshalb ist bei Kosmochemikern für Nachschub aus dem All gesorgt. Allerdings enthalten die wenigsten Meteoriten soviel Sternenstaub wie der, den ich untersucht habe.

neten entstanden. Unsere Erde besteht also aus Sternenstaub. Ein winziger Bruchteil des uralten Sternenstaubs jedoch überlebte diese Prozesse in Meteoriten, die sich niemals stark aufgeheizt haben – diese Atome wurden nicht Teil eines Baumes, Berges oder Bären. Dieser Staub blieb Staub. Der Fingerabdruck der Muttersterne ist noch immer in ihnen konserviert. „Wir müssen also nur diesen Sternenstaub in Meteoriten, die auf die Erde fallen, finden und untersuchen“, sagt Vollmer, als wäre das das Einfachste auf der Welt. An diesen Körnern können die Wissenschaftler dann nämlich in der Praxis erforschen, was sonst nur mit Modellrechnungen möglich wäre: Welche Sterne haben Staub in unser Sonnensystem geliefert? Wie fusionieren die Elemente in den Sternen? Wie entstehen Staubkörner in den Winden sterbender Sterne und in Supernova-Explosionen? „Letztlich geht es auch um die Frage, aus welchem Stoff wir gemacht sind“, hebt Vollmer die philosophische Komponente seiner Arbeit hervor.

Der Jungforscher hat es dabei auf eine besondere Klasse des Sternenstaubs abgesehen: Silikat-Mineralen wie Olivin, den man auch als Schmuckstein kennt, und Pyroxen. Sie sind Hauptbestandteil der festen Himmelskörper des Sonnensystems und damit auch der Erde und auch die häufigste Art von Staub in der Milchstraße. Trotzdem ist dieser „silikatische“ Sternenstaub erst im Jahr 2002 entdeckt worden, denn dafür war die Entwicklung eines speziellen Analysegeräts erforderlich, mit dem man verschiedene Atomsorten in winzigsten Körnern messen kann. Diese „NanoSIMS“ – SIMS steht für „Sekundärionen-Massenspektrometer“ – am MPI für Chemie war das wichtigste Werkzeug, mit dem Vollmer bei seiner Arbeit dem Sternenstaub auf die Spur kam.

In der NanoSIMS schießt ein Strahl aus Cäsium-Ionen die Atome aus den obersten Schichten der Meteoritenprobe heraus. Dieser Strahl ist tausendmal dünner als ein menschliches Haar und rastert den Meteoriten rasend schnell wie bei einem Fern-

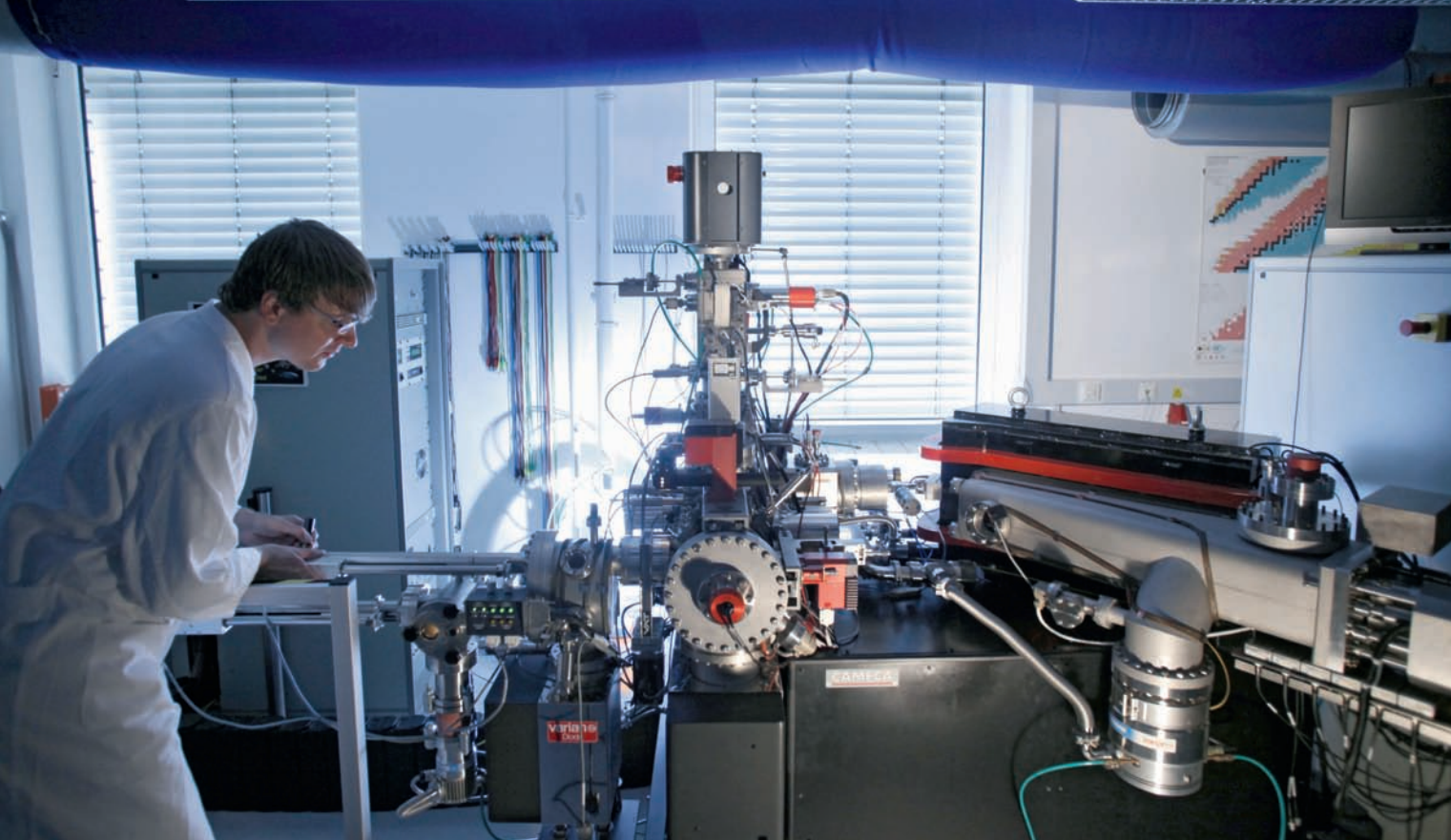
seher ab. Die losgelösten Atome werden dann analysiert. Am Ende der Ionen-Schießerei ergibt sich also ein Bild von der Oberfläche der Probe, das die Verteilung der einzelnen Atomsorten zeigt. Und weil die Zusammensetzung des Sternenstaubs anders ist als die Materie des Meteoriten, lässt sich der Staub auf diese Art und Weise sichtbar machen. „Wir suchen den Meteoriten also wie mit einer Lupe Korn für Korn ab – nur dass nicht Licht durch diese Lupe fällt, sondern die atomaren Bestandteile der Körner“, versucht Vollmer die komplizierte Technik zu erklären.

## DIE URAHLEN UNSERER SONNE

Bisher wusste man noch sehr wenig über die genaue Herkunft des silikatischen Sternenstaubs. Durch die Analysen mit der NanoSIMS konnte Vollmer zeigen, dass der Großteil in Roten Riesensternen entstanden ist. Ein Bruchteil der Körner jedoch stammt aus anderen, weitaus spektakuläreren Quellen. Ein Zehntel des Sternenstaubs ist nämlich in den Überresten von Supernova-Explosionen extrem schwerer Sterne zusammengelumpt, ein weiterer Bruchteil höchstwahrscheinlich in den Gaswolken von Doppelsternsystemen. Diese Sterne waren sozusagen die Urahnen unserer Sonne – und damit auch von uns selbst. Die NanoSIMS-Analysen in Vollmers Arbeit haben deren Fingerabdrücke in der Zusammensetzung des Sternenstaubs sichtbar gemacht.

**Kunst trifft Wissenschaft: Eine große Skulptur schmückt das Mainzer Max-Planck-Institut für Chemie, Vollmers Arbeitsstätte.**





Christian Vollmer hat eine Gesteinsprobe an einer langen Metallstange befestigt und schiebt sie über ein Vakuumsystem in die „NanoSIMS“, ein spezielles Massenspektrometer. Das ermittelt einzelne Atomsorten und macht damit Sternenstaub sichtbar.

„Wir alle sind aus Sternenstaub!“ Die Songzeile aus dem Hit von „ich + ich“ stimmt also. Der Song hallt in seinen Ohren, während sich Vollmer über den Bildschirm beugt. Wie kommt also der Sternenstaub vom Meteoriten in das Elektronenmikroskop? Dazu mussten die Forscher die Körner nach der Entdeckung durch die NanoSIMS weiter bearbeiten – mit hochpräzisen Methoden aus der Halbleiterindustrie. Denn damit man ein Staubkorn mit Elektronen durchstrahlen und analysieren kann, muss es extrem dünn sein, nur etwa ein zehntausendstel Millimeter. Das Korn selbst ist dafür noch viel zu dick. Deshalb hat Vollmer die Meteoritenprobe erneut mit Ionen beschossen – dieses Mal mit einem Strahl aus Gallium, zehnmals dünner noch als der Cäsiumstrahl der NanoSIMS. Wie mit einem winzigen Skalpell lässt sich mit dieser Technik eine elektronendurchlässige Scheibe des Kornes zurechtschneiden, die dann eine feine Nadel aus dem Meteoriten heraustrennt. Dieser Schnitt kann dann im Elektronenmikroskop analysiert werden. „Dies ist ein heikler Prozess, denn das Korn kann dabei jederzeit verloren gehen“, erklärt Vollmer, dem nur neun Präparationen insgesamt gelangen. Das klingt zwar nach


sehr wenig, doch muss man bedenken, dass zu Beginn seiner Arbeit erst sechs Sternenstaubsilikate weltweit im Elektronenmikroskop untersucht worden waren. In Zusammenarbeit mit der Universität Saarbrücken wurde diese Ionenstrahlmethode derart weiterentwickelt, dass Vollmer seinen Sternenstaub immer erfolgreicher präparieren konnte.

#### EINE ERSTAUNLICHE ENTDECKUNG

Das Elektronenmikroskop ist schließlich der letzte Schritt, um dem Sternenstaub seine Geheimnisse zu entlocken. Bei dem Korn, das nun vor dem jungen Forscher auf dem Bildschirm flimmert, handelt es sich um eine besonders spannende Entdeckung: Dieses Sternenstaubsilikat hat keine der üblichen Silikat-Strukturen, sondern ist offenbar in die Modifikation „Perowskit“ umgewandelt, die erst ab einem Druck von etwa 230 000 Atmosphären stabil ist – genauso wie Graphit unter hohem Druck zu Diamant werden kann. „Erstaunlicherweise handelt es sich bei Silikat-Perowskit um die häufigste Mineralart des unteren Erdmantels und damit der gesamten Erde!“, sagt Vollmer, von Haus aus eigentlich Geologe und deshalb besonders beein-

druckt. Die Astrophysik hat ihn also zurück zu seinem ursprünglichen Forschungsgebiet gebracht. Wieso besitzt ein Sternenstaubkorn, das nachweislich in den Winden eines fernen Sterns unter extrem geringem Druck zusammengeklumpt ist, eine Hochdruckstruktur?

Die beste Erklärung hierfür ist ebenso faszinierend wie unerwartet: Höchstwahrscheinlich hat nämlich die Supernova-Schockwelle eines explodierenden Sterns das Korn für Sekundenbruchteile zusammengepresst, während es im Weltraum unterwegs war. Das kann mit Staubkörnern im All durchaus passieren. Trotzdem ist dies ein völlig unerwartetes Resultat, denn bisher war man davon ausgegangen, dass Staubkörner eine solche Konfrontation nicht überleben und komplett verdampfen. Die Entdeckung dieses Kornes, das einzige seiner Art bisher weltweit, beweist somit, dass Staub einen solchen Schock auch verkraften kann. Die wissenschaftliche Ironie dieses Fundes lässt Vollmer schmunzeln: „Denn eigentlich untersuchen wir ja Staubkörner ferner Sterne, älter als unser Sonnensystem. Doch was finden wir: das häufigste Mineral der Erde ...!“ ■



Kann ich nach dem Spielzeug greifen? Die acht Monate alte Sanne liest am Blick der Mutter ab, ob die Sache ungefährlich ist. Stefanie Höhl (links) fand heraus, dass sogar schon dreimonatige Babys diese Gabe zum sozialen Lernen haben.

### DR. STEFANIE HÖHL

1983 geboren in Darmstadt

2002 Abitur

2002 bis 2007 Studium der Psychologie an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

2007 Diplom in Psychologie

2007 bis 2008 Doktorandin am Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften in Leipzig

01.12.2008 Promotion zum Dr. rer. nat.

Akademische Rätin auf Zeit beim Psychologischen Institut der Universität Heidelberg

[stefanie.hoehl@psychologie.uni-heidelberg.de](mailto:stefanie.hoehl@psychologie.uni-heidelberg.de)

[www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0002389](http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0002389)

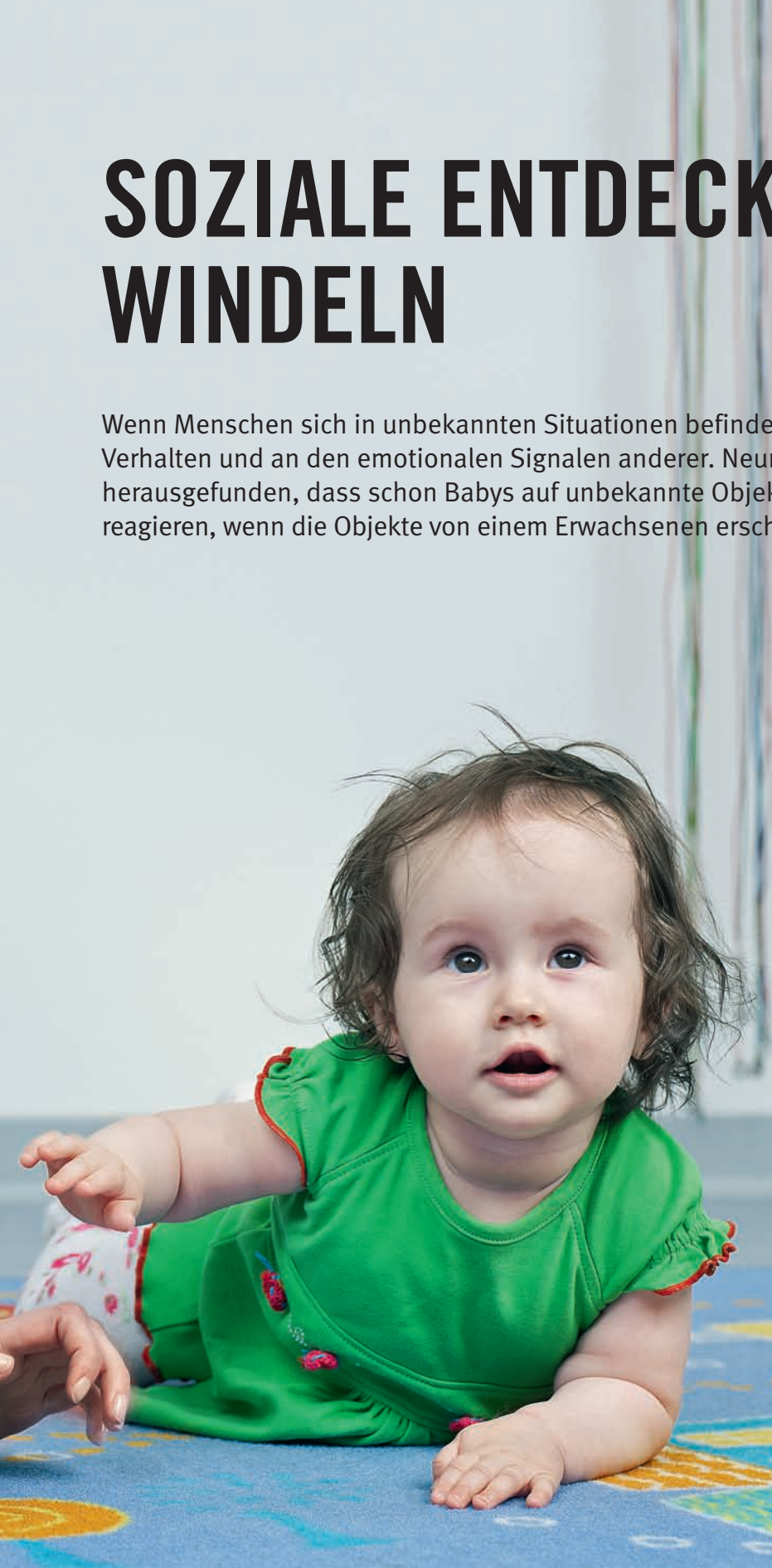
# SOZIALE ENTDECKER IN WINDELN

Wenn Menschen sich in unbekannten Situationen befinden, orientieren sie sich am Verhalten und an den emotionalen Signalen anderer. Neurowissenschaftler haben jetzt herausgefunden, dass schon Babys auf unbekannte Objekte besonders aufmerksam reagieren, wenn die Objekte von einem Erwachsenen erschrocken angeschaut werden.

von Stefanie Höhl

**STELLEN SIE SICH VOR,** Sie machen Urlaub in Andalusien. Eines Tages sind die Straßen von Hunderten maskierten Menschen in Kutten und Spitzhauben bevölkert. Wie würden Sie auf diese unheimliche Invasion reagieren? Vermutlich würden Sie zunächst herausfinden wollen, ob Sie sich in einer gefährlichen Situation befinden oder nicht. Den wichtigsten Anhaltspunkt bieten Ihnen hierbei die Reaktionen Ihrer Mitmenschen. Haben diese sich ebenso erschreckt wie Sie? Haben sie vielleicht sogar erfreut reagiert oder aber gar keine emotionale Reaktion gezeigt?

Das Verhalten, sich an den Reaktionen anderer zu orientieren, wenn man sich in einer unbekanntem Situation befindet, nennt man „soziales Referenzieren“. Soziales Referenzieren ermöglicht soziales Lernen, das heißt Lernen durch Beobachtung. Die Reaktionen anderer können lebenswichtig sein, wenn sie sich auf gefährliche Dinge oder Situationen beziehen. So lernen auch Affen, sich von Schlangen fernzuhalten, wenn Artgenossen auf diese ängstlich reagieren. Affen, die im Labor großgezogen wurden und nie die Reaktionen ihrer Artgenossen auf Schlangen beobachten konnten, zeigen dieses vorsichtige Verhalten nicht. Das Lernen durch Beobachtung ist evolutionär betrachtet eine äußerst nützliche Erfindung, denn es ermöglicht den einzelnen Mitgliedern einer Gemeinschaft, gefährliche Situationen zu erkennen, ohne diese Situationen selbst unmittelbar erlebt zu haben. Allein durch die Beobachtung



Fotos: Gaby Gerster für b&w



Die Haube mit den Sensoren dient dazu, elektrische Hirnaktivität zu messen – völlig schmerzfrei.

anderer kann somit gelernt werden, dass bestimmte Tiere (zum Beispiel Schlangen) oder Speisen (zum Beispiel giftige Beeren) vermieden werden sollten.

#### LEBENSWICHTIGE INFORMATIONEN

Babys befinden sich sehr häufig in Situationen, die ihnen unbekannt sind. In ihrer Wahrnehmung der Umwelt sind sie dadurch sehr von den Reaktionen der Menschen in ihrer Umgebung abhängig. Es ist allerdings noch unklar, wie sich die Fähigkeit zu sozialem Referenzieren entwickelt. Bisherige Studien haben gezeigt, dass sich zwölf Monate alte Babys von einem neuen Spielzeug eher fernhalten, wenn jemand zuvor erschrocken oder angeekelt auf das Spielzeug reagiert hat. Bisher ist man davon ausgegangen, dass jüngere Babys noch nicht zu sozialem Referenzieren in der Lage sind. Erst gegen Ende des ersten Lebensjahres, so die Lehrmeinung, seien Kinder zu „triadischen“ Interaktionen in der Lage. In triadischen Interaktionen beziehen sich zwei Personen gemeinsam auf etwas in der Umgebung, zum Beispiel ein Spielzeug, und sind sich über den gemeinsamen Aufmerksamkeitsfokus bewusst. Es wäre allerdings auch schon für jüngere Säuglinge nützlich, die Emotionssignale anderer richtig interpretieren zu können. Auch wenn ein Baby noch nicht selbst in der Lage ist, eine Kampf- oder Fluchtreaktion zu zeigen, kann es vom sozialen Lernen profitieren und lebenswichtige Informationen aufneh-

men. Wie könnte man also feststellen, ob schon ganz junge Babys für emotionale Signale Erwachsener sensibel sind? Im Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften haben Forscher untersucht, wie Babys im zarten Alter von drei Monaten wahrnehmen, worauf ein Emotionsausdruck gerichtet ist. Mit Hilfe von ereigniskorrelierten Potenzialen (EKPs) wurden die neuronalen Aufmerksamkeitsprozesse der Kleinen gemessen. Dafür wird den Babys eine Mütze aufgesetzt, an der spezielle Sensoren angebracht sind. Die Sensoren zeichnen die elektrische Gehirnaktivität auf. EKPs haben den Vorteil, dass sie keinerlei Verhaltensreaktion erfordern. Auch wenn die Versuchsperson völlig passiv auf einen Bildschirm schaut, lässt sich zeitlich sehr genau abbilden wie das Gehirn die Bilder verarbeitet. Deshalb ist die Methode besonders gut für die Untersuchung junger Babys geeignet, die in Verhaltensstudien noch keine oder nur sehr eingeschränkte motorische Reaktionen zeigen können.

In den Studien von Stefanie Höhl wurden drei Monate alte Säuglinge untersucht. „Wir wollten herausfinden, welche Signalwirkung der Gesichtsausdruck einer Person für die Verarbeitung unbekannter Objekte bei Babys hat“, beschreibt Höhl ihren Ansatz. Den Kindern wurden Gesichter gezeigt, die entweder erschrocken oder neutral auf kleine Spielzeuge schauten, die neben dem Gesicht präsentiert wurden.

## MIT EINEM LÄCHELN BELOHNT

Stefanie Höhl im bdw-Gespräch

### War die Arbeit mit den Babys schwierig?

Die Arbeit mit Babys ist eine Herausforderung, macht aber auch besonders viel Spaß. Am wichtigsten ist es, eine freundliche Atmosphäre für Kinder und Eltern zu schaffen. Man braucht außerdem Geduld, wenn ein Baby zum Beispiel lieber schlafen möchte oder erstmal Hunger hat. Wenn ihnen die Studie dann Spaß macht, wird man immerhin mit einem Lächeln belohnt.

### Sind weitere Untersuchungen mit Kleinkindern geplant?

In meinen aktuellen Studien erforsche ich, wie Säuglinge Gesichter wahrnehmen und verarbeiten. Es gibt weltweit bisher nur wenige Forschergruppen, die daran arbeiten.

### Ihr Beitrag beginnt mit Andalusien – waren Sie schon einmal dort?

Leider nicht, obwohl ich Spanien, und insbesondere Barcelona, sehr mag. Wer einer fremden Kultur mit Offenheit begegnet, betrachtet sie sicherlich ein Stück weit mit den Augen eines neugierigen Kindes. Ein deutscher Karnevals-umzug oder das Oktoberfest sind für ein spanisches Kind sicher nicht weniger kurios als die Semana Santa für ein deutsches Kind.



Gleich darauf wurden die Spielzeuge noch einmal ohne das Gesicht gezeigt. Gleichzeitig wurden die Hirnströme der Babys gemessen.

Die zentrale Frage war, ob Babys die erschrockenen Gesichter als Warnsignale wahrnehmen und entsprechend besonders viel Aufmerksamkeit auf die als gefährlich signalisierten Spielzeuge richten. Tatsächlich zeigte sich, dass die Babys mit erhöhter Aufmerksamkeit auf erschrocken angeschauten Spielzeuge im Vergleich zu neutral angeschauten Spielzeugen reagierten. Dieser Befund ist erstaunlich, da bisher angenommen wurde, dass Kinder erst viel später einen Emotionsausdruck auf etwas in der Umgebung beziehen können. Babys benötigen offenbar kaum Erfahrungen mit ängstlichen Gesichtsausdrücken um entsprechende Reaktionen zu zeigen. Aus früheren Studien weiß man, dass Babys erst im Alter von etwa sieben Monaten häufiger mit ängstlichen und wütenden Gesichtern konfrontiert werden. In diesem Alter beginnen die meisten Kinder nämlich, sich selbst fortzubewegen, und begeben sich dadurch häufiger in gefährliche Situationen, die wiederum Besorgnis oder Verärgerung bei

**Während Stefanie Höhl die Kontrollbox für die Haube einstellt (links), amüsiert sich Sanne mit verschiedenen Spielzeugen. Die Messungen geschehen nebenher.**



Früher saß Höhl als Studentin im Heidelberger Hörsaal, heute steht sie vorne als Dozentin.

ihren Bezugspersonen auslösen können. Mit drei Monaten haben die Säuglinge allerdings kaum ängstliche Gesichter sehen können, was darauf hindeutet, dass die beobachtete Fähigkeit auch angeboren sein könnte. Die erste Studie ließ noch unklar, ob der Effekt tatsächlich spezifisch für das gezeigte Spielzeug ist.

#### BABYS DEUTEN DIE BLICKRICHTUNG

Denkbar ist auch, dass die Kinder durch den erschrockenen Gesichtsausdruck selbst aufgeregt wurden und auf jedes folgende Objekt mit erhöhter Aufmerksamkeit reagiert hätten. In diesem Fall hätten die Kinder aber keine nützliche Information über die spezifische Umgebung aufgenommen. In einer zweiten Studie wurde daher nach jedem Gesicht, das erschrocken oder neutral auf ein Spielzeug blickte, ein neues, unbekanntes Spielzeug gezeigt. Die Kinder zeigten in dieser Studie keine unterschiedliche Hirnreaktion. Das deutet darauf hin, dass die Reaktion der Kinder sehr wohl spezifisch für das Objekt ist, das von einem Erwachsenen auch tatsächlich als gefährlich signalisiert wurde. Die erhöhte Aufmerksamkeit wird nicht auf ein zufällig anwesendes anderes Objekt übertragen.

Eine Frage blieb allerdings noch offen: Haben die Kinder die Blickrichtung der Person genutzt, um den Gesichtsausdruck mit dem Objekt zu verknüpfen, oder genügt dafür eine gleichzeitige Darbietung von Gesicht und Objekt? In einer dritten Studie wurde daher untersucht, ob die Kinder auch dann einen Emotionsausdruck mit einem Spielzeug verknüpfen, wenn beide zwar gleichzeitig gezeigt werden, aber der Erwachsene den Blick von dem Spielzeug weg gerichtet hat. In dieser Studie zeigten die Kinder keine unterschiedliche Reaktion auf die Spielzeuge. Babys verknüpfen einen Gesichts-

ausdruck also nur mit einem spezifischen Objekt, das zeitgleich mit dem Gesicht gezeigt wird und auf das der Blick der Person gerichtet ist. Wenn der Erwachsene zwar erschrocken aussieht, aber nicht klar ist, wovor sich das Baby in Acht nehmen soll, zeigt es auch keine besondere Aufmerksamkeitsreaktion. Somit konnte gezeigt werden, dass junge Babys nicht nur für Gesichtsausdrücke sensibel sind, sondern diese auch sehr spezifisch mit Dingen in der Umgebung verknüpfen können. Diese Spezifität ist extrem wichtig, denn wenn ein Emotionsausdruck wahllos mit Dingen in der Umgebung assoziiert werden würde, hätte das viele Nachteile. Es würde nicht nur weniger genaue Information über die Umgebung gesammelt, sondern häufig auch noch falsche. Daher macht es Sinn, dass Babys schon früh sehr genau darauf achten, worauf ein Emotionsausdruck gerichtet ist.

Gehen wir noch einmal zurück zu unserem Gedankenexperiment zu Beginn. Vermutlich wissen Sie, was Sie in der Karwoche in vielen Dörfern und Städten Andalusiens erwartet: Es finden dann die traditionellen Prozessionen der Semana Santa statt, die bei Touristen sehr beliebt sind, und an denen oft Hunderte in Spitzhauben und Kutten bekleidete Gläubige teilnehmen. Falls in Ihrer imaginären Reisegruppe aber auch Kinder mit von der Partie sind, die nicht vorgewarnt wurden, gibt es wahrscheinlich zumindest fragende Gesichter. Wie Erwachsene wenden sich Kinder intuitiv anderen Menschen zu, wenn sie eine Situation nicht selbst einschätzen können. Die Vorläufer dieses lebenswichtigen Verhaltens lassen sich weit zurückverfolgen, sowohl evolutionär als auch bis in die frühkindliche Entwicklung der ersten Lebensmonate. ■

# BLUTIGE FINGERABDRÜCKE AUS DER PLAYSTATION

Neue mathematische Methoden erkennen „molekulare Fingerabdrücke“ in einem Blutstropfen, was die Früherkennung von Krankheiten revolutionieren könnte. Eine herkömmliche Playstation 3 beschleunigt die dafür notwendigen Berechnungen um ein Vielfaches.

von Tim Conrad

„IHRE BLUTWERTE sind in Ordnung!“ Solche Aussagen von meinem Arzt hatte ich schon öfters gehört. Er bezog sich dabei auf die Ergebnisse einer Routineuntersuchung meines Blutes, das ich ihm einige Tage zuvor überlassen hatte. „Aber was heißt das eigentlich?“, hatte ich ihn gefragt. Die Antwort war ebenso simpel wie unbefriedigend: „Wir ermitteln die Konzentration von etwa 30 verschiedenen Stoffen beziehungsweise Eiweißen in Ihrem Blut, wie zum Beispiel Ihren Blutzucker oder den Choleste-

rinspiegel. Diese vergleichen wir mit Referenzwerten. Bei Ihnen sind alle Werte im Toleranzbereich, also sind Sie gesund.“

Etwas skeptisch verließ ich daraufhin die Arztpraxis und begann zu grübeln: Konnten denn nur 30 Werte wirklich ausreichen, um über den Zustand eines so komplexen Systems wie den menschlichen Körper zu entscheiden? Diese Unzufriedenheit – oder besser: Neugierde – war einer der Hauptgründe für die Wahl meines Promotions-

themas. Mein ehrgeiziges Ziel war es, eine neue Diagnose-Methode zu entwickeln, mit der es möglich sein würde, anhand von nur wenigen Blutstropfen Aussagen über den Gesundheitsstatus eines Menschen zu treffen und Krankheiten zu erkennen, lange bevor sie ausbrechen. Und das nicht nur anhand von 30 Messwerten, sondern durch die Analyse aller im Blut auftretenden Moleküle, also Proteine, Hormone, Lipide und so weiter, denn diese spielen bei fast allen Prozessen im menschlichen Körper eine





Wenn Tim Conrad die Playstation nicht gerade für seine Forschung brauchte, spielte er gerne eine Runde mit seinen Unikollegen – am liebsten Fußball.

### DR. TIM CONRAD

1978 geboren in Hamburg  
 1997 Abitur  
 Zivildienst  
 1998 bis 2000 Inhaber EDV Systemhaus PC Point Conrad GbR in Buxtehude  
 2000 bis 2003 Studium der Bioinformatik an der FU Berlin  
 2003 Bachelor of Science in Bioinformatik  
 2004 Bachelor of Computer Science (Honours) an der Monash University in Melbourne, Australien  
 2005 Master of Science in Bioinformatik an der FU Berlin  
 2005 bis 2008 Doktorand an der FU Berlin  
 10.07.2008 Promotion zum Dr. rer. nat. Nachwuchsgruppenleiter „Computational Proteomics“ an der FU Berlin

conrad@math.fu-berlin.de  
 www.msproteomics.net

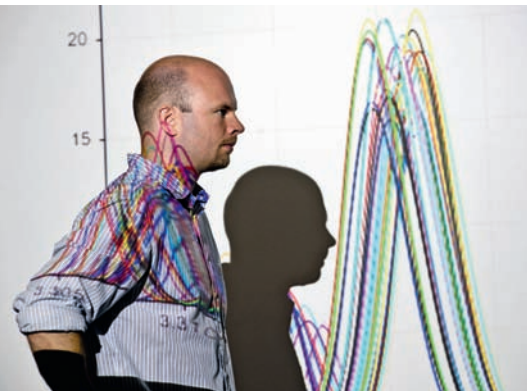
Fotos: Norbert Michalke für baw

große Rolle: vom Haarwachstum bis zu Allergien oder der Entstehung von Krebstumoren. Meine Hypothese war, dass nahezu jede Krankheit eine bestimmte Anzahl von Molekülen beziehungsweise deren Konzentration auf eine charakteristische Art und Weise verändert und dadurch ihren eindeutigen Fingerabdruck im Blut hinterlässt. An dieser Stelle setzte meine Forschung an. Die Strategie war relativ schnell klar und umfasste drei wesentliche Schritte: Zunächst brauchte ich sogenannte Mo-

lekülprofile von einer Gruppe gesunder Menschen und einer Gruppe Patienten, die an einer bestimmten Krankheit leiden. Ein Molekülprofil zeigt an, welche Moleküle in welchen Konzentrationen im untersuchten Blut vorhanden sind.

Im zweiten Schritt sollten die gesammelten Daten analysiert und die relevanten Informationen extrahiert werden. Im dritten und letzten Schritt werden dann Unterschiede zwischen den Profilen der beiden Gruppen

ermittelt, um die besten Unterschiede zu einem Fingerabdruck für diese Krankheit zusammenfassen zu können. Damit wäre ich in der Lage, unbekannte Profile nach diesem Fingerabdruck zu durchsuchen und so das Vorhandensein einer Krankheit zu erkennen. Den ersten Schritt, das Erzeugen der Molekülprofile, übernahmen klinische Partner an der Charité Berlin und dem Universitätsklinikum Leipzig. Sie benutzten dazu eine Technik, die Massenspektrometrie genannt wird. Dabei werden die in ei-



Der Bioinformatiker legte viele Kurven übereinander, um einen Mittelwert zu erhalten.

ner Blutprobe vorhandenen Moleküle nach ihrer Masse aufgetrennt und gezählt, wie viele Moleküle einer bestimmten Masse vorkommen. Aus diesen Zahlen werden dann sogenannte Massenspektren berechnet, die in ihrer Form ein wenig einem Aktienkurs in einem Koordinatensystem ähneln. Das Interessante in diesen Spektren sind die kleinen und großen Spitzen beziehungsweise Ausschläge nach oben, die Peaks genannt werden. Jeder Peak repräsentiert ein Molekül, wobei der X-Wert die Masse repräsentiert und der Y-Wert angibt, wie oft dieses Molekül in der Probe vorhanden war.

Leider ergab eine erste Analyse der erzeugten Massenspektren drei größere Probleme: Zum einen enthält ein komplexes Gemisch wie Blut so viele verschiedene Moleküle, dass sich die daraus resultierenden Peaks teilweise überlagern und die ursprünglichen Peaks schwer wiederherzustellen sind. Zum anderen enthalten die Daten sehr viel Rauschen, das man sich wie Hintergrundgeräusche in einem überfüllten Restaurant vorstellen kann, welche teilweise so laut sind, dass manche Äußerungen seines Gesprächspartners nicht zu verstehen sind. Das Spektrum enthält also neben den „echten“ Peaks auch zufällig auftretende sogenannte Rausch-Peaks, die kein Molekül repräsentieren und zudem noch „echte“ Peaks überlagern könnten. Zu guter Letzt sind viele Peaks mit Messfehlern behaftet, das heißt, ihre Position auf der X-Achse ist gegenüber dem wahren Wert leicht verschoben, was die Vergleichbarkeit zwischen mehreren Spektren erschwert. Im

## TECHNIK, DIE BEGEISTERT

Tim Conrad im bdw-Gespräch

### Wie kamen Sie darauf, eine Playstation für Ihre Arbeit zu verwenden?

Ich bin schnell für neue Techniken zu begeistern und will sie immer gleich ausprobieren. Als die Playstation 3 auf den Markt kam, hörte ich, dass man den Prozessor darin selbst programmieren kann. Nach einigen Tests wurde klar, dass sich unsere Algorithmen für eine Anpassung an den Prozessor eignen.

### Wird Ihre Methode bald in Arztpraxen gängig sein?

Wir arbeiten daran, die Technik gepaart mit unseren neuen Analysemethoden für größere Krankenhäuser oder Diagnosezentren verfügbar zu machen. Wir haben im Moment Marker für Schilddrüsen-, Bauchspeichel-, Darm-, Hoden- und Blasenkrebs. Eine einzelne Arztpraxis wird sich die erforderlichen teuren Geräte vermutlich nicht leisten können.

### Ihr Thema liegt zwischen Mathematik und Medizin. Was ist der Reiz daran?

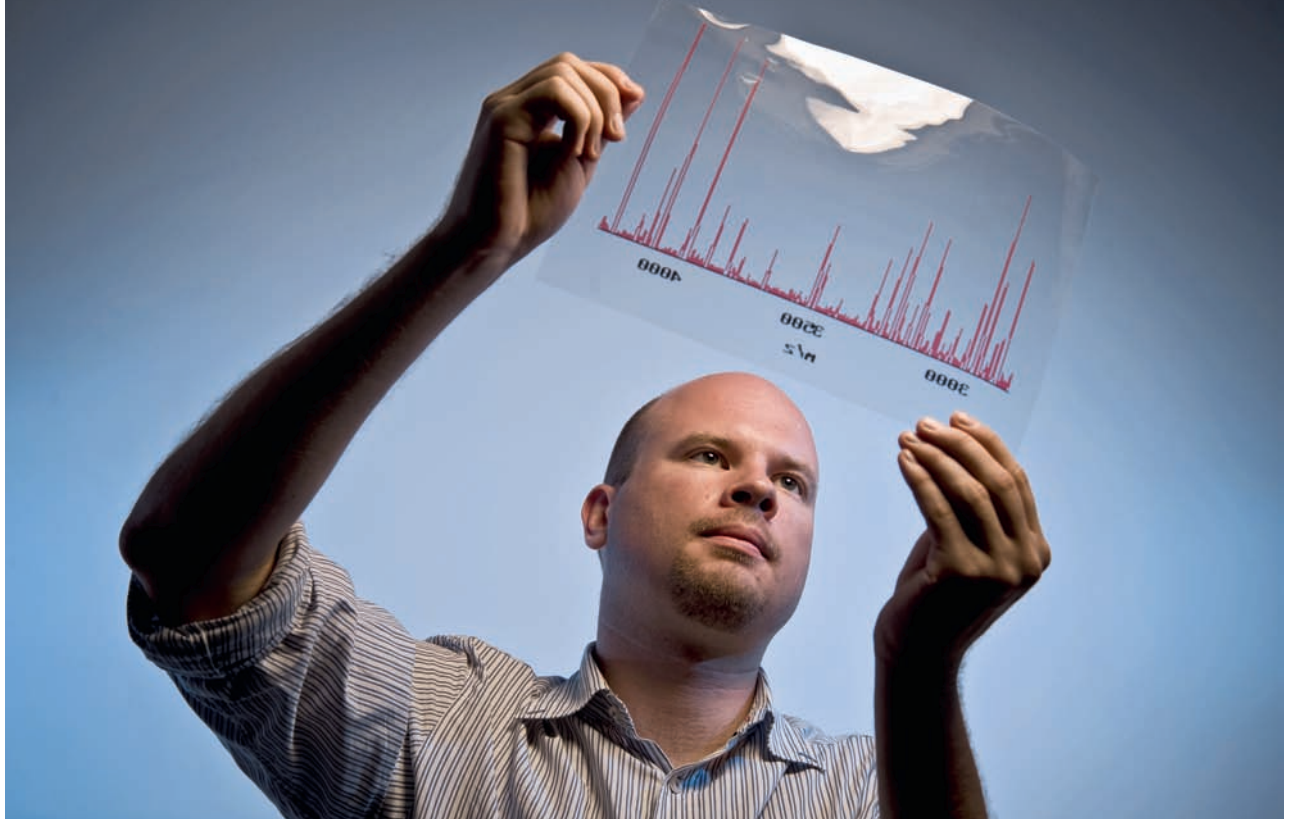
An der Kombination hat mich gereizt, dass man die oft ziemlich theoretische Mathematik in einem Kontext anwenden kann, der direkt etwas mit Menschen zu tun hat – was vielleicht auch einmal für mich persönlich relevant sein kann.

zweiten Schritt mussten daher zunächst die genannten Probleme in den Daten korrigiert und die wesentlichen Informationen, die Peaks und ihre Eigenschaften, herausgelesen werden, bevor die eigentliche Analyse stattfinden konnte. Dazu habe ich einen Algorithmus entwickelt, der selbst kleinste Peaks in einem Spektrum identifizieren kann und diese zur weiteren Analyse in einer Datenbank abspeichert. Die Datenmengen, die dabei durchsucht werden sind nicht unerheblich, und entsprechen pro Spektrum zirka zwei Gigabyte, was in etwa dem Text von zwei VW-Bus-Ladungen Büchern entspricht. Ein normaler Bürocomputer benötigt dafür etwa drei Stunden Rechenzeit – zu lange für einen Einsatz in der Praxis.

Zur Beschleunigung benutzte ich nach einigen Tests eine Playstation 3, eine moderne Spielekonsole, die sechs sogenannte Vektor-Prozessoren enthält. Mit dieser speziellen Prozessorart können nicht nur zum Beispiel zwei Zahlen multipliziert werden, sondern in der gleichen Zeit gleich zwei Gruppen von Zahlen (Vektoren). Zwar musste ich dafür den ursprünglichen Algorithmus komplett neu entwickeln, um ihn an die Architektur der Playstation anzupassen, konnte mit der neuen Version aber deutlich schneller rechnen und die Rechenzeit von 3 Stunden auf circa 15 Minuten reduzieren.



Zahlen sind Tim Conrads Metier, ebenso wie medizinische Fakten.



Mithilfe der Massenspektrometrie werden alle im Blut enthaltenen Moleküle analysiert. Ein „Peak“ in der Kurve steht für die Menge eines Moleküls. Tim Conrad konnte mit dieser Methode schon die „Fingerabdrücke“ von mehreren Krebsarten erstellen.

In den abgespeicherten Peakdaten mussten nun die oben beschriebenen Fehler korrigiert werden. Ich stellte allerdings schnell fest, dass es mit nur einem Spektrum nicht möglich war, die Fehler überhaupt zu erkennen und besann mich auf das „Gesetz der großen Zahlen“ aus der Statistik. Dies besagt im Wesentlichen, dass – unter bestimmten Voraussetzungen – wenn man eine fehlerbehaftete Messung genügend oft wiederholt, sich der Durchschnittswert aller Wiederholungen dem wahren Wert annähern wird. Auf unser Problem bezogen bedeutet das, wenn ich einen bestimmten Peak in vielen Spektren beobachten könnte, könnte ich den jeweiligen Durchschnittswert der einzelnen Peakeigenschaften, wie zum Beispiel Position oder Höhe, bilden und damit dem wahren Wert sehr nahe kommen.

Die Idee des entwickelten Verfahrens ist einfach skizziert: Ich legte viele Spektren der gleichen Patientengruppe quasi übereinander und suchte nach Gruppen von Peaks, sogenannten Clustern, die unter Einbeziehung eines leichten Messfehlers sozusagen „übereinander“ liegen und sich ähnlich sind. Enthält ein Cluster Peaks aus nahezu jedem Spektrum, das heißt dieser bestimmte Peak kommt in fast allen Spektren

vor, kann der Messfehler wie oben beschrieben korrigiert werden. Andererseits können Peaks, die an der gleichen Stelle in nur wenigen Spektren vorkommen und damit höchstwahrscheinlich Rausch-Peaks sind, einfach gefunden und entfernt werden, da sie relativ kleine Cluster bilden. Wie kommt man nun an diese Cluster?

#### WIE IN EINEM CHINA-RESTAURANT

Dazu entwickelte ich ein Clustering-Verfahren weiter, das in der Literatur „Chinese Restaurant Problem“ genannt wird. Die Idee: In einem großen Restaurant stehen sehr viele Tische, mit jeweils sehr vielen Stühlen. Der erste Kunde setzt sich an den ersten freien Tisch. Jeder weitere Kunde kommt herein und schaut sich um. Entdeckt er einen Tisch, an dem ihm ähnliche Leute sitzen, setzt er sich dazu. Ansonsten setzt er sich an einen freien Tisch. In unserem Fall stehen die Kunden für die Peaks aller betrachteten Spektren und die besetzten Tische, die am Ende der Prozedur entstanden sind, repräsentieren die gesuchten Cluster. Mit diesen Informationen konnte ich nun den dritten Teil angehen, denn durch das Clustering konnte ich relativ verlässliche Aussagen darüber treffen, welche Peaks in einer Gruppe von Spektren von Bedeutung waren. Die Aufgabe bestand also

darin, für jeden Peak-Cluster der einen Spektren-Gruppe (der Gesunden) zu überprüfen, ob er in der jeweils anderen Spektren-Gruppe (der Kranken) vorhanden ist, und wenn ja, wie ähnlich sich die Peaks in den beiden Clustern sind. Aus dieser Liste wird anschließend der tatsächliche Fingerabdruck für eine Krankheit erstellt, welcher sich aus der besten Kombination der gefundenen Unterschiede zusammensetzt.

Damit wird es möglich, das Molekülprofil beziehungsweise Massenspektrum eines Patienten gezielt auf diese Krankheit zu durchsuchen. Ich konnte mit dieser Methode bereits Fingerabdrücke für fünf verschiedene Krebsarten erstellen. Zwei davon waren in ersten klinischen Tests erfolgreich und zeigten verglichen mit anderen Methoden eine deutlich höhere Erkennungsrate, unter anderem deswegen, weil ich durch den statistischen Ansatz auch kleinste Peaks finden und berücksichtigen kann, was andere Verfahren nicht tun.

Offen bleibt noch die Frage, welche Moleküle beziehungsweise Vorgänge im menschlichen Körper sich hinter den Fingerabdrücken verbergen. Ich bin mir aber sicher, dass wir auch darauf in nicht allzu ferner Zukunft Antworten finden werden. ■

# DIE MOTTE HAT DEN DURCHBLICK

Motten leben getarnt in der Dunkelheit ohne sich durch Lichtreflexion an ihren großen Insektenaugen zu verraten. Die kleinen Nachtfalter liefern damit ein Paradebeispiel für die Anwendungsmöglichkeiten der Nanotechnologie.

von Theobald Lohmüller

**DASS AUS EINER RAUPE** einmal ein schöner Schmetterling wird, ist schon ein kleines Wunder. Dass man von Schmetterlingen lernen kann, wie sich die Leistungsfähigkeit moderner Fotoapparate verbessern lässt, ist umso erstaunlicher. Die kleinen Insekten beherrschen nämlich allerhand optische Tricks. Die schillernden Farben der Flügel werden zum Beispiel nicht nur durch Farbstoffe hervorgerufen, sondern vor allem durch Lichteffekte an ihrer Oberfläche, ähnlich wie beim Regenbogen. Doch während man die bunten Tagfalter wegen ihrer Schönheit bewundert, fristen ihre nächsten Verwandten, die Motten, nur ein Schattendasein – und zwar im wahrsten Sinne des Wortes: Motten sind nacht- und dämmerungsaktiv. An ihren Lebensraum sind sie dabei allerdings durch einen Trick der Natur optimal angepasst. Die Augen der Motte sind mit einer hervorragenden Technik ausgestattet, die unerwünschte Spiegelung von Licht an ihrer Oberfläche verhindert und der Motte gleichzeitig hilft, in der Dämmerung besser zu sehen. Für die Motte ist das überlebenswichtig: Sie nutzt das wenige Licht in ihrer Umgebung optimal aus und bleibt dennoch für ihre Feinde unentdeckt.

In meiner Doktorarbeit am Max-Planck-Institut für Metallforschung in Stuttgart und an der Universität Heidelberg habe ich das

genauer untersucht. Dabei hat mich zunächst folgende Frage beschäftigt: Wie macht die Motte das? Die Reflexion von Licht ist nämlich auch für uns Menschen oft unerwünscht und manchmal sogar problematisch. Glas ist nur scheinbar transparent. Tatsächlich geht ein erheblicher Teil des Lichts, das auf eine Glasscheibe trifft, einfach verloren. Je nach Glastyp werden etwa acht Prozent des Lichts reflektiert. Das gleiche gilt natürlich auch für Brillengläser, die Windschutzscheibe eines Autos oder die Objektive einer Kamera. Werden dann sogar viele Linsen in einer Reihe positioniert, wie das bei modernen Mikroskopen und optischen Messinstrumenten der Fall ist, addieren sich die Verluste weiter auf und verschlechtern so ganz massiv die Leistungsfähigkeit dieser Geräte.

Der Grund ist der unterschiedliche Brechungsindex von Luft und Glas. Glas hat den höheren Brechungsindex, weil es fest und damit optisch dichter ist als Luft. Das bedeutet, Licht breitet sich in Glas langsamer aus. Treffen Lichtstrahlen auf eine glatte Glasoberfläche, ändern sich die Bedingungen deshalb schlagartig. Als Folge davon werden die Strahlen abgelenkt oder reflektiert. Das kann man mit einem flachen Kieselstein vergleichen, den man an einem See ins Wasser wirft. An der Wasser-

**Auf Mottenjagd: Theobald Lohmüller – hier in Berkeley in Szene gesetzt – verbrachte so manchen Abend in Heidelberg damit, seine Forschungsobjekte selbst zu fangen.**

Fotos: Volker Steger für bdrw



### **DR. THEOBALD LOHMÜLLER**

1977 geboren in Grosssankt Nikolaus

1997 Abitur

Zivildienst

1998 bis 2000 Grundstudium der Chemie und Biologie an der Universität Erlangen-Nürnberg

2000 bis 2003 Hauptstudium der Chemie und Biologie an der Universität Würzburg

2003 Staatsexamen in Chemie, Biologie und Erziehungswissenschaften

2004 bis 2008 Doktorand an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg und dem Max-Planck-Institut für Metallforschung in Stuttgart

12.02.2008 Promotion zum Dr. rer. nat.

2008 Post-Doc am Max-Planck-Institut für Metallforschung in Stuttgart

seit Januar 2009 Post-Doc an der University of California in Berkeley, USA

lohmueller@berkeley.edu  
groveslab.cchem.berkeley.edu/



Lohmüller weiß, wo die Nachtflatter zu finden sind – trotz Tarnung.

oberfläche wird der Stein abgebremst und ändert seine Richtung. Wirft man ihn im richtigen Winkel, prallt er sogar von der Oberfläche ab.

### SÄULENFÖRMIGE AUSSTÜLPUNGEN

Allgemein kann man sagen: Je unterschiedlicher die optischen Eigenschaften zweier Materialien sind, desto mehr Licht geht verloren. Um das auszugleichen, werden die Linsen von modernen Kameraobjektiven deshalb heutzutage oft mit hauchdünnen Antireflexschichten überzogen, das Objektiv wird „optisch vergütet“. Damit will man eine plötzliche Änderung des Brechungsindex vermeiden und die Lichtreflexion so unterdrücken. Diese Methode hat aber viele Nachteile. Die Wirkung der Beschichtungen ist meistens eingeschränkt und hängt zudem vom Winkel ab, mit dem das Licht auf das Objektiv trifft.

Anders bei den Motten: Schaut man sich die großen, dunklen Augen der Tierchen genauer an, kann man keine Reflexion erkennen – egal von welcher Seite man hinsieht. Doch erst ein Blick unters Elektronenmikroskop verrät das Geheimnis der Insekten: Die Chitinlinse der Falter ist mit einer geordneten Struktur aus kleinen, säulenförmigen Ausstülpungen überzogen. Diese Säulen sind nur wenige hundert Nanometer groß und damit gerade ein biss-

**Der Chemiker hat ein Verfahren entwickelt, mit dem er Glasoberflächen mit der Struktur von Mottenaugen herstellen kann.**

## ABENDS AUF DEM CAMPUS

*Theobald Lohmüller im bdw-Gespräch*

### Wie war die Arbeit mit Motten? Hatten Sie Berührungsgängste?

Berührungsgängste gab es keine. Die Kollegen schüttelten anfangs aber schon mal den Kopf, als ich am Abend über den Campus lief und Nachtfaltern hinterherjagte. Die Insekten zu fangen, um ihre Augen zu untersuchen, war allerdings ein lustiger und inspirierender Einstieg in das Projekt.

### Soll Ihre Entwicklung bald in der Praxis zum Einsatz kommen?

Ich würde mir natürlich wünschen, dass die Methode irgendwann zum Einsatz kommt, etwa in Mikroskopen. Das hängt davon ab, wie sich die neue Entwicklung in der Praxis, vor allem im Vergleich zu etablierten Technologien, bewährt. Das Projekt war eine Kooperation mit der Firma Zeiss und das Verfahren selbst ist patentiert.

### Womit beschäftigen Sie sich derzeit in Berkeley?

Ich arbeite daran, die Oberfläche einer Zelle künstlich nachzubauen und dabei die physikalischen und chemischen Eigenschaften kontrolliert zu beeinflussen. Diese Plattform soll später einmal dabei helfen, die Interaktion zwischen lebenden Zellen und ihrer Umwelt genauer zu untersuchen und zu verstehen.

chen kleiner, als die Wellenlänge des für den Menschen sichtbaren Lichts. Mit einem herkömmlichen Mikroskop ist die Struktur deshalb gar nicht zu erkennen und blieb so lange unentdeckt. Um die Säulen mit dem bloßen Auge zu sehen, müsste man die Motte etwa tausendfach vergrößern. Das Tierchen wäre dann so groß wie ein Jumbo-Jet. Diese winzige Struktur hat aber tatsächlich eine große Wirkung: Der Übergang der optischen Dichte zwischen Luft und dem Mottenaugen wird dadurch gleichmäßiger. Der Brechungsindex ändert sich also nicht plötzlich, wie das bei einer glatten Oberfläche der Fall ist, sondern kontinuierlich. Das Licht wird kaum noch reflektiert, sondern dringt stattdessen ungehindert in das Auge der Falter ein. Dabei kann man sich wieder den Kieselstein vorstellen. Versucht man, ihn übers Wasser springen zu lassen, geht das am besten, wenn der See ruhig und spiegelglatt ist. Bei kleinen Wellen auf der Wasseroberfläche ist das viel schwieriger.

Nach dieser Entdeckung steht man aber erst vor dem eigentlichen Problem: Wie lässt sich die Technik der Motte auf herkömmliche Linsen- und Glasoberflächen übertragen? Dazu habe ich ein Verfahren entwickelt, bei dem optische Materialien zunächst mit winzigen Goldpartikeln dekoriert werden. Die Mottenaugenstruktur wird dann anschließend in die Oberfläche hineingeätzt. Dabei funktionieren die Partikel wie ein Schutzschild für die darunter-



**Ein erfolgreiches Team:  
Dank Theobald Lohmüllers  
Forschung kommt das  
auscheinbare Insekt mit  
den Riesenaugen jetzt  
ganz groß raus.**

liegende Linse. Während das Glas in den Zwischenräumen abgetragen wird, bleibt ein dichter Wald aus kleinen Säulen unter der Maske zurück. Eine Struktur, genau wie auf dem Auge der Nachtfalter.

### **WIE BEIM HÄNDEWASCHEN MIT SEIFE**

Entscheidend dabei ist aber die Methode, mit der die Partikel auf die Linse übertragen werden. Setzt man dafür moderne Verfahren ein, wie bei der Herstellung von Computerchips, würde das viel zu lange dauern und wäre außerdem zu teuer. Idealer ist es deshalb, wenn sich die Partikel von selbst und ohne komplizierte Technik auf die Glasoberfläche bringen lassen. Um das zu erreichen, gibt es einen Trick: Polymere, also lange Molekülketten, bilden in einem geeigneten Lösungsmittel kleine Kugeln, sogenannte Mizellen. Gibt man Goldsalze zu der Lösung hinzu, werden diese in die Kerne der Mizellen eingelagert.

Das gleiche Prinzip wie beim Händewaschen mit Seife: So wie die Seifenmoleküle die Schmutzpartikel in ihrem Inneren einschließen, geschieht das hier mit den Molekülketten und dem Metall. Taucht man eine Linse in die so präparierte Lösung ein, haften die beladenen Polymerkügelchen automatisch an der Oberfläche. Für das Eintauchen spielt es dabei keine Rolle, ob das Glas gekrümmt oder flach ist. Es bildet sich so durch reine Selbstorganisation eine gleichmäßige, eng gepackte Schicht aus Mizellen. Wird die Polymerhülle abgebrannt, bleiben die kleinen Goldkerne übrig. Jeder einzelne Partikel ist dabei nur wenige millionstel Millimeter groß, so wie auch die Mottenaugenstruktur selbst. Beim anschließenden Ätzen der Linse werden auch die Partikel selbst durch den Prozess immer kleiner bis sie vollständig verschwunden sind. Der Schutzschild ist dann völlig aufgebraucht und das künstliche Mottenaugenauge ist fertig. Die Messungen der optischen Eigenschaften haben gezeigt,



dass praktisch keine Reflexion mehr zu beobachten ist und sich die Lichtdurchlässigkeit der Linse enorm verbessert hat – und das unabhängig vom Einfallswinkel oder der Wellenlänge. Der Grund: Entlang der Struktur nimmt der Brechungsindex zwischen Luft und der Linse gleichmäßig zu, genau wie auf der Hornhaut der Motte.

Der ganze Vorgang dauert insgesamt nur ein paar Minuten und die Sache hat noch einen weiteren, praktischen Nebeneffekt: Weil die Säulen auf der Oberfläche so klein sind, perlen Wassertropfen von ihr ab. Die Linse reinigt sich also von selbst. Da sich die Maske für das künstliche Mottenaugenauge trotz der winzigen Dimensionen durch

Selbstorganisation aufbaut, ist diese Methode schneller und günstiger als herkömmliche Verfahren und lässt sich auf eine ganze Reihe anderer Materialien übertragen. So können Brillengläser, ganze Fensterscheiben oder Bildschirme auf diese Weise entspiegelt werden. Lichtreflexion verschlechtert aber auch die Leistung von Solarzellen. Reflektiertes Licht wird nicht in Strom umgewandelt. Gerade der Wirkungsgrad von Solaranlagen könnte mit diesem Verfahren noch deutlich verbessert werden. In Zukunft hilft die Technologie der kleinen Nachtfalter dann vielleicht sogar dabei, umweltfreundlichen Strom zu erzeugen. Den Motten kann das nur recht sein. ■

## DR. NINA SCHALLER

1974 geboren in Kronberg (Taunus)

1994 Abitur

1994 bis 2001 Studium der Biologie an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

2001 Diplom in Biologie

2001 bis 2002 Volontariat in der Tierpflege im Zoo Frankfurt a.M.


2002 bis 2003 Mitarbeiterin am Forschungsinstitut Senckenberg in Frankfurt a.M.

2003 bis 2008 Doktorandin am Forschungsinstitut Senckenberg, an der Universität Antwerpen und an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

16.10.2008 Promotion zum Dr. rer. nat.

ab Oktober 2009 Postdoc am Royal Ontario Museum und der University of Toronto

nina.schaller@senckenberg.de  
archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/frontdoor.php?source\_opus=8852

A woman with blonde hair tied back, wearing a dark blue long-sleeved shirt and dark shorts with a white and orange stripe, is crouching on a black mat. She is looking intently at a large taxidermy ostrich standing in a glass display case. The ostrich is positioned behind her, and its long neck and legs are clearly visible. The background shows a museum setting with other exhibits and a window.

Auch wenn der ausgestopfte Strauß im Royal Ontario Museum in Toronto keinen Schritt mehr tut: Im Wettlauf mit dem Riesenvogel hätte der Mensch keine Chance.



# AUF ZEHENSPITZEN ZUM WELTREKORD

Extremleistungen in der Tierwelt haben Menschen seit jeher fasziniert und zum Nachahmen animiert. Moderne Biomechanik und traditionelle morphologische Methoden erlauben neue Einblicke in den Bauplan des schnellsten aller Marathonläufer: dem Afrikanischen Strauß.

von Nina Schaller

**GROSSE AUGEN, FEDERNDER GANG**, nun wird keck der Flügel geschüttelt. Imposant steht er vor mir, der größte aller Vögel. Doch da schnellst aus zweieinhalb Metern Höhe sein Schnabel herab, packt meine Mütze und flugs macht sich der Dieb davon. Ich spurte hinterher – ein sinnloses Unterfangen. Zwar sind auch wir Menschen gut zu Fuß: Olympioniken bewältigen in eineinhalb Stunden eine Strecke von 30 Kilometern. Doch mit konstantem Tempo 60 schafft der Strauß das in einem Drittel der Zeit. Mit Spitzengeschwindigkeiten bis 70 Stundenkilometer holt dieser bis zu 150 Kilogramm schwere Vogel fast die schnellsten seiner fliegenden Verwandten ein. Auch Bernhard Grzimek wusste: „Kein anderes Tier läuft so ausdauernd wie der Strauß“. So legt er große Distanzen zurück, um rasch neue Nahrungsgründe zu erreichen oder hungrige Hyänen abzuhängen. Wie schafft es der Strauß, allen anderen davonzulaufen?

Ein ausdauernder Läufer muss wie ein sparsames Auto Antriebsenergie möglichst verlustfrei auf einen effizienten Bewegungsapparat übertragen. Die Antriebsenergie wird dabei durch Stoffwechsellvorgänge aus Nahrung und Sauerstoff gewonnen. Das nervengesteuerte Muskel-Skelett-

system der Beine setzt diese Energie dann gezielt in Fortbewegung um. Messungen des Sauerstoffverbrauchs haben ergeben, dass rennende Strauße nur zwei Drittel der Energie benötigen, die Vögel solcher Größe rein rechnerisch verbrauchen müssten. Wie der Fortbewegungsapparat diese Energie so sparsam umsetzt, war weitgehend unbekannt. Zwar existierten anatomische Beschreibungen sowie Laborbeobachtungen von Straußen auf Laufbändern. Man kannte also Einzelteile, nicht aber deren Funktion im Gesamtsystem. Mein Ziel war es, Form und Funktion gleichermaßen zu erforschen. Ich suchte Beinstrukturen, die Fortbewegung effizienter machen. Um mögliche Auswirkungen auf die Bewegungsdynamik zu erkennen, untersuchte ich parallel dazu lebende Strauße. Wäh-

rend der Ingenieur eine Maschine plant und dann zusammensetzt, musste ich den Strauß „demontieren“, um seine dynamischen Prozesse zu verstehen. Erst dann konnte ich die Teile in einen funktionellen Kontext stellen.

**Das lange Straußenbein funktioniert wie ein perfekt eingestelltes Pendel**, fand Nina Schaller bei ihrer Promotion heraus.



Die biologischen Methoden hierzu liefern die klassische Morphologie (die Gestaltlehre) und die moderne Biomechanik (die Fortbewegungsanalyse lebender Systeme). Um natürliche Bewegungsabläufe untersuchen zu können, zog ich in einem großen Freigehege drei Strauße auf und gewöhnte sie langsam an mich und die dort installierten Messinstrumente. Für mein fächerübergreifendes Projekt kooperierte ich mit renommierten Morphologen des Forschungsinstituts Senckenberg, der Universität Heidelberg und Biomechanikexperten der Universität Antwerpen.

### DER KNICK IM BEIN

Menschen sind Sohlengänger, Vögel gehen nur auf ihren Zehen. Dieser Unterschied ist wichtig, um die Bewegungsdynamik des Straußes zu verstehen. Der Mittelfuß ist stark verlängert und bildet analog zu unserem Schienbein den unteren Teil des Beins. Dadurch verschiebt sich das Fersengelenk nach oben auf Höhe unseres Knies, während der Unterschenkel auf Position des menschlichen Oberschenkels liegt. Das „Schwungbein“ besteht also aus Unterschenkel, Fersengelenk und Mittelfußknochen, weshalb es bei schreitenden Vögeln scheint, als ob das „Knie“ nach hinten einknickt. Das eigentliche Kniegelenk ist angewinkelt und wie der kurze, waagrechte Oberschenkel unter dem Federkleid verborgen.

Zunächst habe ich die Beinsegmente verschiedener ans Laufen angepasster Vogelarten, vom hünergroßen Roadrunner, über den 50 Kilogramm schweren Emu bis zum Strauß, vermessen und verglichen. Unter allen gefiederten Laufspezialisten besitzt der Strauß die relativ längsten Beine. Beim Rennen erreicht er Schrittweiten von bis zu vier Metern! Zudem befindet sich die Masse seiner Beinmuskulatur, mehr als bei den anderen Arten, weit oben an Becken und Oberschenkel, während das schwingende Bein am leichtesten ist und über lange Sehnen bewegt wird. Grundvoraussetzungen für hohe Laufgeschwindigkeit, große Schrittweite

und -frequenz, hat der Strauß damit als Klassenbester erfüllt. Je länger das Pendel einer Wanduhr ist, desto weiter schwingt es. Schiebt man das Gewicht dann noch nah an den Drehpunkt, in diesem Fall das Hüftgelenk, erhöht sich auch die Frequenz, mit der das Pendel schwingt.

Ausdauernde Fortbewegung ist auch gekoppelt an verlustfreie Umsetzung von Muskelkraft. Hierzu sollte die Kraft vorran-



Gisela Löffler

**Wer ist hier der Boss? Bei der Arbeit mit „ihrem“ Strauß Tiffany gewann Nina Schaller Vertrauen zu dem Tier – verlor aber nie den Respekt.**

gig in den Vortrieb geleitet und der seitliche Bewegungsspielraum der Beingelenke unterdrückt werden. Gelenkigkeit ermöglicht es uns zwar, auf Bäume zu klettern, beim Geradeausrennen muss ein Mensch diese nun „unnötigen“ Freiheitsgrade aktiv durch Muskelkraft unterdrücken. Bänder können passiv, also energetisch „kostenneutral“, Gelenkbewegungen limitieren, ähnlich einem Stützkorsett. Um den Anteil der Bänder an der Bewegungssteuerung zu ermitteln, filmte ich meine Strauße beim Laufen. Danach simulierte und filmte ich

im Labor Beinbewegungen mit seziierten Gliedmaßen. Muskeln und Sehnen hatte ich entfernt, so dass nur Bänder die Gelenke zusammen hielten und als mögliche Richtungsgeber übrig waren. Die Auswertung der Filmsequenzen zeigte, dass der seitliche Bewegungsspielraum bei seziierten Beinen fast identisch mit dem lebender Strauße war. Es waren also vorrangig Bänder, die das Bein auf seinem steten Pendelkurs hielten. Muskelkraft wird somit auf Vorschnellen und Abstoßen des Beins konzentriert.

Die besondere Anordnung von Seitenbändern erzielte aber noch einen bisher völlig unbekanntem Effekt: Bewege ich den langen Mittelfußknochen, um das Fersengelenk zu beugen, musste ich einen Widerstand überwinden – sehr unerwartet bei ei-

### WASSERRATTE UND RUDELFÜHRER

*Nina Schaller im bdw-Gespräch*

#### Wie war die Arbeit mit den Straußen?

Das war sicherlich der schönste Teil meiner Forschung, besonders die Aufzucht der Küken. Die drei Strauße sind mir sehr ans Herz gewachsen und waren mehr als bloße Forschungsobjekte. Ich musste aber auch auf meine Sicherheit achten, denn der Tritt eines ausgewachsenen Straußes kann zu gefährlichen Verletzungen führen. Es war sehr wichtig, dass zwischen ihnen und mir Vertrauen herrschte und weder die Strauße Angst vor mir hatten, noch ich vor ihnen.

#### Sind Sie selbst eine leidenschaftliche Läuferin?

Im Gegensatz zu meiner gefiederten „Arbeitsgruppe“ bin ich eher eine Wasserratte. Allerdings bin ich jetzt sicher besser zu Fuß als vor meiner Doktorarbeit, denn um die Strauße für Videoanalysen zum Rennen zu animieren, musste ich – quasi als Rudelführer – oft vorneweg sprinten.

#### Was machen Sie derzeit bei Ihrer Arbeit in Toronto?

Ich bereite mich auf mein Postdoc-Projekt vor, bei dem ich erstmals die aerodynamischen Eigenschaften der großen Straußenflügel während schneller Fortbewegung untersuchen werde.



**Der Strauß ist gegenüber anderen Laufvögeln von seinem Energieverbrauch her genauso sparsam wie eine Energiesparlampe im Vergleich zu einer herkömmlichen Glühbirne. Das verdankt er dem ausgeklügelten Mechanismus seiner Beine.**

nem leblosen Bein ohne aktive Muskulatur. Ließ ich den Knochen los, schnappte das Gelenk sogar automatisch in die Strecklage zurück. Beim lebenden Strauß ist das Fersengelenk, wie unser Knie, dann gestreckt, wenn die Zehen am Boden sind, das Bein also das Körpergewicht tragen muss. Für den schweren Strauß bedeutet das einen ständigen Kraftaufwand. Hielten Bänder das Bein passiv aufrecht, würde dies Muskelkraft sparen. Um zu ermitteln, was die Bänder zur Gelenkstabilisierung beitragen, übte ich so lange Druck auf das stehende, sezierte Bein aus, bis das Fersengelenk einknickte. Dazu waren 15 Kilogramm nötig! Steht der Strauß auf beiden Beinen, entlasten Bänder die Beinmuskulatur um etwa 20 Prozent. Damit enthält dieser Mechanismus zwei entscheidende Strategien, die die Energieeinsparung bei der Fortbewegung erklären: Er reduziert Muskelkraft und in der Konsequenz Muskelmasse, was wiederum die Pendeleigenschaften des Beins verbessert.

Um auf Dauer schnell zu sein, ist es wichtig, Energieverluste auch am Boden gering zu halten. Dies wird durch Verringerung der Reibungsfläche erreicht. Darum sind die Reifen eines Rennrads wesentlich schmäler als die von Omas Drahtesel. Ein

laufstarkes Tier verringert seine Reibungsfläche durch Zehenhaltung und -reduzierung. Das Pferd ist so weit gegangen, dass es nur noch auf dem Nagel seines Mittelfingers, dem Huf, galoppiert. Beim Strauß ist das ähnlich. Während die mit ihm verwandten Laufvögel, Emu und Nandu, drei und alle anderen Vögel vier Zehen nebst Krallen besitzen, hat der Strauß seine Zehenzahl auf zwei reduziert und nur eine Kralle behalten. Zudem ist er der einzige Vogel, der auf Zehenspitzen geht.

#### WIE BEIM ORTHOPÄDEN

Die Flächensparnis ist beachtlich: Der Vergleich von Zehenabdrücken, die ich von Emus, Nandus und Straußen gesammelt hatte, zeigte, dass der Strauß eine 60 Prozent kleinere Zehenfläche hat. Somit sind die Energieverluste durch Reibung beim Strauß extrem gering.

Nun wollte ich herausfinden, wie die Zehen mit dem Boden interagieren. Dies hatte man bei lebenden Vögeln noch nie untersucht, eine etablierte Methode existierte also nicht. Ich ließ daher die Strauße über eine Druckmessplatte laufen, wie sie Orthopäden zur Analyse der Druckverteilung menschlicher Füße benutzen. Wie Stoßdämpfer federn die weichen Sohlen der Ze-

hen auch hohe Drucke gleichmäßig ab. Dabei agiert die nach außen gerichtete Zehe wie eine Seitenstütze. Die Kralle, die beim Gehen kaum den Boden berührte, übte beim Rennen Drucke bis zu 40 Kilogramm pro Quadratzentimeter aus. Dadurch bohrt sie sich wie ein Spike in den Boden und gewährleistet, dass der Strauß auch bei 70 Stundenkilometer nicht die Bodenhaftung verliert. Der Gang auf Zehenspitzen und die besondere Zehenarchitektur erlauben ein Höchstmaß an Funktionalität bei minimalem Material- und Kosteneinsatz, ideal für ausdauerndes Laufen auf ebenem Savannenboden.

Das Fazit: Der Frage, wie es der Strauß schafft, so lange und so schnell zu rennen, sind wir einen Riesenschritt näher gekommen. Mit optimierten Pendeleigenschaften, passiver Gelenkstabilisierung und minimaler Reibungsfläche funktioniert sein Bewegungsapparat gemäß Energieeffizienzklasse A. Diese Strategien, perfektioniert in 60 Millionen Jahren, könnten heute in moderne Antriebssysteme umgesetzt werden. Denkbar wären „intelligente“ Prothesen und zweibeinige, stabil laufende Roboter nach Straußenvorbild – die menschliche Variante geht nämlich noch auf sehr wackeligen Beinen. ■



## **DR. DOMINIK SCHULTES**

**1980** geboren in Weilburg

**2000** Abitur

Wehrdienst

**2001 bis 2003** Studium der Informatik  
an der TU Kaiserslautern

**2003** Bachelor of Science in Informatik  
an der Universität des Saarlandes

**2003 bis 2005** Master of Science an der  
Universität des Saarlandes

**2004** Postgraduate Diploma in Science  
in Informatik an der University of Auck-  
land, Neuseeland

**2005 bis 2008** Doktorand an der Univer-  
sität Karlsruhe (TH)

**07.02.2008** Promotion zum Dr. rer. nat.

**seit Juli 2008** Senior-Software-Ingenieur  
bei der Capgemini sd&m AG in Offen-  
bach am Main

[dominik.schultes@capgemini-sdm.com](mailto:dominik.schultes@capgemini-sdm.com)  
[algo2.iti.uka.de/schultes/hwy/](http://algo2.iti.uka.de/schultes/hwy/)

# DER WEG IST DAS ZIEL

Jedes Jahr werden auf Deutschlands Straßen mehr als 700 Milliarden Kilometer zurückgelegt. Das bedeutet viel Arbeit für Navigationsgeräte und Routenplaner. Neue Verfahren machen es möglich, in kürzester Zeit optimale Routen zu berechnen.

von Dominik Schultes

Mit dem Einzug der Navigationsgeräte in die Autos ist vieles einfacher geworden. Über die Wegfindung muss man sich als Autofahrer keine Gedanken mehr machen, sondern kann sich ganz entspannt auf die Anweisungen verlassen, die aus dem kleinen Kästchen kommen. Aber ganz so entspannt ist es dann doch nicht immer. Wie oft kommt es vor, dass man sich denkt „Warum soll ich denn jetzt hier abbiegen? Das ist doch bestimmt nicht der schnellste Weg.“ Oder es passiert, dass man versehentlich eine Abbiegung verpasst und dann darauf warten muss, bis eine neue Route berechnet wurde. Solche Situationen in Zukunft vermeiden zu können, war das Ziel meiner Dissertation: Ich entwickelte Routenplanungsverfahren, die einen optimalen Weg bestimmen und dies so schnell tun, dass die Berechnung schon fertig ist, bevor man überhaupt merkt, dass sie angefangen hat.

Erstaunlicherweise handelt es sich dabei um ein sehr aktives Forschungsfeld, „erstaunlich“ deshalb, weil die Grundlagen bereits vor 50 Jahren geschaffen wurden – in der noch jungen Informatik ist dies eine sehr lange Zeitspanne. Der niederländische Wissenschaftler Edsger W. Dijkstra stellte 1959 seinen Kürzeste-Wege-Algorithmus vor, auf dem ein Großteil der heute zum Einsatz kommenden Verfahren basiert. Die

Grundidee ist, mit dem Startpunkt zu beginnen und nacheinander auf systematische Weise den schnellsten Weg zu allen anderen Straßenkreuzungen zu bestimmen, und zwar in der Reihenfolge, wie die Entfernung vom Startpunkt zunimmt. Abbrechen kann man, sobald der Zielpunkt erreicht wurde. Dann hat man die Gewissheit, dass es keinen schnelleren Weg geben kann, da alle noch nicht betrachteten Straßenkreuzungen schon weiter weg sind als das Ziel.

Das Verfahren von Dijkstra ist zuverlässig und einfach umzusetzen, hat aber einen entscheidenden Nachteil: Es ist zu langsam, wenn man es zum Beispiel auf einem Navigationsgerät einsetzen möchte oder für einen Routenplanungsdienst, der im Internet tausenden Benutzern zur Verfügung steht. Dass es Verbesserungspotenzial gibt, kann man sich leicht an einem Beispiel klarmachen, einer Autofahrt von Karlsruhe nach Hamburg. Auf der A 5 wird man dabei an Frankfurt am Main vorbeikommen. Man wird vielleicht einmal nach rechts aus dem Fenster schauen und die Skyline bewundern, man wird aber sicher nicht auf die Idee kommen, die Autobahn zu verlassen und einen günstigeren Weg durch die Innenstadt zu suchen. Genau dies versucht aber Dijkstras Algorithmus: Systematisch betrachtet er alle Straßenkreuzungen der

Auf einer Straßenkreuzung mitten in Frankfurt am Main: Je nach Reiseziel würde das neu entwickelte Navigationssystem von Dominik Schultes einen Autofahrer hier entlang schicken. Mit einem Computerprogramm identifizierte er die 10 000 wichtigsten Kreuzungspunkte Europas.

Fotos: Vanja Vukovic für bdw

Stadt Frankfurt (und später auch alle Straßenkreuzungen von Kassel und Hannover), bevor er feststellen kann, dass es am besten ist, auf der Autobahn zu bleiben.

Als Mensch hingegen sind wir es gewohnt, die hierarchischen Eigenschaften von Straßennetzen bei unseren Planungen auszunutzen: Wir wissen einfach, dass wir auf Autobahnen in der Regel schneller vorankommen und die Benutzung von kleinen Ortsstraßen nur selten Vorteile bringt. Wie aber können wir dem Computer dieses intuitive Wissen beibringen? Und insbesondere wie stellen wir sicher, dass das Programm auch mit Ausnahmen richtig umgeht? Denn natürlich gibt es auch Fälle, wo es sich doch lohnen kann, die Autobahn zu verlassen, um eine Abkürzung zu nehmen. Es gibt mehrere Lösungen für dieses Problem: Diverse hierarchische Verfahren wur-

den entwickelt, deren Korrektheit man sogar mathematisch beweisen kann. Das schnellste unter ihnen möchte ich näher vorstellen. Die Grundidee lässt sich am einfachsten am Beispiel von Karlsruhe einführen. Obwohl ich über drei Jahre in der Stadt wohnte, kannte ich mich als Autofahrer innerhalb der Stadt kaum aus – ich nahm lieber die Straßenbahn. Für weite Fahrten nutzte ich aber gerne mein Fahrzeug und stellte dabei fest, dass ich mir, egal wo ich auch hinwollte, nur drei verschiedene Wege merken musste: Wenn das Ziel irgendwo im Norden oder Osten lag, fuhr ich zur A 5, Auffahrt Karlsruhe-Durlach, für den Süden ebenfalls zur A 5, allerdings zur Auffahrt Karlsruhe-Süd, und für Ziele im Westen musste ich den Rhein überqueren, so dass ich die einzige Brücke weit und breit ansteuerte. Interessanterweise lässt sich meine Beobachtung prinzipiell auf beliebige

Startpunkte in ganz Europa übertragen: Mit Hilfe eines Computerprogramms identifizierte ich im europäischen Straßennetz 10000 besonders wichtige Straßenkreuzungen, ein kleiner Bruchteil der insgesamt 18 Millionen Kreuzungen, die in elektronischen Karten heutzutage erfasst sind. Eine automatisch durchgeführte Analyse des Straßennetzes ergab dann, dass für jeden möglichen Startpunkt im Durchschnitt zehn dieser wichtigen Kreuzungen für Fernreisen relevant sind.

### FERNREISE GETEILT DURCH DREI

Wir können also festhalten: Bei Fernreisen verlassen wir unseren Startpunkt immer über einen von wenigen in Frage kommenden wichtigen Verkehrsknotenpunkten. Diesen nennen wir die Startauffahrt, was nicht bedeuten soll, dass es sich unbedingt immer um eine Autobahnauffahrt handeln muss. In großen Teilen Norwegens gibt es zum Beispiel gar keine Autobahnen, trotzdem gibt es auch dort wichtige Verkehrsknotenpunkte, die als Startauffahrt in Frage kommen. Eine analoge Aussage gilt natürlich auch für das Ziel, das wir ebenfalls immer über einen von wenigen wichtigen Verkehrsknotenpunkten erreichen, den wir die Zielabfahrt nennen.

Bei Fernreisen besteht die Route also gewissermaßen aus drei Abschnitten: erstens dem Weg vom Startpunkt zur Startauffahrt, zweitens dem Weg von der Startauffahrt zur Zielabfahrt und drittens dem Weg von der Zielabfahrt zum Zielpunkt. Diese Beobachtungen können wir nun folgendermaßen ausnutzen: Wir berechnen für jeden möglichen Startpunkt alle Startauffahrten und speichern diese ab. Dadurch, dass jeweils nur wenige Startauffahrten in Frage kommen, hält sich der Gesamtspeicherbedarf noch in Grenzen. Analoges gilt wieder für die Zielabfahrten. Darüber hinaus berechnen wir die schnellsten Wege zwischen allen wichtigen Verkehrsknotenpunkten und speichern die ermittelten Reisezeiten in einer großen Tabelle, die 10000 mal 10000 Einträge umfasst. Mit all diesen Informationen ausgestattet, wird die Routenplanung plötzlich zum Kinderspiel: Nehmen wir wieder an, ich möchte von Karlsruhe nach Hamburg fahren, mein Startpunkt hat 3 mögliche Startauffahrten und mein Zielpunkt hat 15 verschiedene Zielabfahrten.



Nicht immer berechnen bisherige Navis, wie das in diesem Auto, die ideale Reisroute. Das neue System von Schultes findet stets den optimalen Weg.



Unzählige Stunden hat Dominik Schultes am Laptop verbracht und ein Verfahren entwickelt, das nicht nur zuverlässig, sondern auch schnell ist: Es braucht lediglich vier millionstel Sekunden, um die kürzeste Reisezeit für eine beliebige Strecke zu bestimmen.

Die möglichen Startauffahrten und Zielabfahrten kann ich nun sofort nachschlagen, da ich diese ja im Vorfeld abgespeichert habe. Nun probiere ich nacheinander alle 3 mal 15 Kombinationen von Startauffahrten und Zielabfahrten. In jedem der 45 Fälle schlage ich in der großen Tabelle den Abstand von Startaufahrt zu Zielabfahrt nach und addiere dazu die Reisezeit vom Start zur Startaufahrt und von der Zielabfahrt zum Ziel. Auf diese Weise, nämlich durch Aufsummieren der Reisezeiten der drei Wegabschnitte, erhalte ich die Gesamt-Reisezeit des betrachteten Weges. Unter den 45 Möglichkeiten kann ich mir dann ganz einfach die schnellste aussuchen. Dieses Ausprobieren der wenigen Möglichkeiten geht rasend schnell. Im Schnitt benötigt das Verfahren auf einem 2,0-Gigahertz-Rechner vier millionstel Sekunden, um die optimale Reisezeit zu bestimmen – das ist über eine Million mal schneller als Dijkstras Verfahren.

#### EINSATZPLANUNG VON LKW-FLOTTEN

Um nicht nur die Reisezeit, sondern auch eine komplette Beschreibung der Route zu ermitteln, benötigt man 0,00015 Sekunden. Diese Zeiten gelten allerdings nur, wenn man die Vorberechnung der großen Tabelle und aller Startauffahrten und Zielabfahrten bereits erledigt hat – was vergleichsweise aufwendig ist und über eine Stunde dauert. Dies ist aber nicht schlimm, denn im Prinzip müssen wir die Analyse des Straßennetzes nur einmal pro Vierteljahr durchführen,

so häufig wird nämlich gewöhnlich das Kartenmaterial aktualisiert. Dazwischen können wir drei Monate lang die vorberechneten Daten nutzen, um beliebig viele Routen extrem schnell zu bestimmen.

Einen wichtigen Aspekt dürfen wir aber nicht unterschlagen: Das beschriebene Verfahren funktioniert so nur für Fernreisen. Wenn ich doch mal innerhalb von Karlsruhe mit dem Auto unterwegs bin, werde ich bestimmt nicht erst zu einer der drei Autobahnauffahrten fahren und dann von dort aus mein Ziel ansteuern. Solche Reisen im Nahbereich müssen also vom Programm erkannt und gesondert behandelt werden. Da aber gerade die Fälle, bei denen Start und Ziel nahe beieinander liegen, besonders einfach sind, bereitet dies keine großen Schwierigkeiten. Der Speicherbedarf der vorberechneten Daten ist nicht gerade klein, aber immerhin passen sie auf eine DVD. Für einfache Navigationsgeräte, die über eine kleinere Speicherkapazität verfügen, bietet sich die Verwendung anderer hierarchischer Verfahren an, die zwar etwas langsamer sind, aber dafür weniger Speicherplatz benötigen. Das vorgestellte, extrem schnelle Verfahren ist besonders interessant, wenn es sich um Anwendungen handelt, bei denen eine riesige Zahl an Routenplanungsanfragen bearbeitet werden muss, zum Beispiel bei der Einsatzplanung von Lkw-Flotten oder bei Verkehrssimulationen. ■

#### IMMER DER NASE NACH

*Dominik Schultes im bdw-Gespräch*

##### **Sind Sie selbst ein leidenschaftlicher Autofahrer?**

Ja, ich fahre sehr gerne Auto. Ich verbinde das mit einem Gefühl von Freiheit. Aus diesem Grund schalte ich privat auch gerne mal das Navi aus und folge lieber meiner Nase.

##### **Soll Ihr Navi bald flächendeckend zum Einsatz kommen?**

Es gibt Kooperationen mit verschiedenen Firmen. Ein holländischer Logistikspezialist verwendet meine Software bereits bei der Einsatzplanung von Lkw-Flotten. Wann man allerdings an jeder Ecke ein Navi kaufen kann, das auf meinem Routenplanungsverfahren basiert, ist schwer abzuschätzen.

##### **Waren Sie schon immer ein Computereffreak?**

Ich habe mich schon sehr früh für Computer begeistert und im Grundschulalter meine ersten Programmierversuche unternommen. Nach dem Abitur habe ich mein Hobby dann zum Beruf gemacht, mir dafür aber andere Hobbys gesucht: In meiner Freizeit reise ich sehr gerne und verbringe viel Zeit in der Natur. Sowohl beruflich also auch privat zu programmieren wäre dann doch etwas zu viel des Guten.



Den Ernstfall üben:  
Vor laufender Kamera  
gibt ein Teilnehmer  
des Medientrainings  
ein Interview. Jörg  
Göpfert stellt Fragen  
und gibt später Tipps.

# ALLTAGSSPRACHE STATT FACHCHINESISCH

Beim Medientraining der Klaus Tschira Stiftung lernen Forscher, ihren Fachjargon auch mal zu vergessen. Unterstützung bekommen sie dabei von zwei Profis.

*von Winfried Göpfert und Jörg Göpfert*

**DIE KLAUS TSCHIRA STIFTUNG** fördert die Kommunikation zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit. Damit die Kommunikation gelingt, müssen wissenschaftliche Erkenntnisse allgemeinverständlich dargestellt werden. Diese Kernkompetenz fördert die Klaus Tschira Stiftung durch Me-

dientrainings vor Mikrofon und Kamera und durch Schreibwerkstätten. Das Journalistenteam Göpfert und Göpfert hat solche Trainings entwickelt und optimiert. Die Wissenschaftler sollen trainieren, sich verständlich auszudrücken. Doch das ist gar nicht so einfach, denn Wissenschaftler wis-

sen die Vorteile ihrer jeweiligen Fachsprache zu schätzen: eindeutige Begriffe, Präzision in der Aussage, Stichwörter, die ganze Denkbauwerke umfassen, ohne dass man sie erläutern müsste. Fachleute verstehen ihre Kollegen. Doch Laien verstehen meistens nur „Bahnhof“.



**Arbeit in Kleingruppen:  
Es hilft, wenn sich Forscher  
verschiedener Fachrichtungen  
treffen und über ihr Thema ins  
Gespräch kommen.**

In den zweitägigen Seminaren der Klaus Tschira Stiftung werden die Forscher aus verschiedenen Disziplinen zunächst kräftig gemischt. Denn der Physiker versteht nicht, was der Biologe macht, obwohl beide Naturwissenschaftler sind. Dann müssen sie einander erklären, womit sie sich beschäftigen. Bestimmte Details sind plötzlich gar nicht mehr wichtig. Schnell wird klar: Genauigkeit und Einzelheiten stören nur, Hauptsache, die wesentliche Botschaft kommt an!

**EINE ANEKDOTE SCHADET NICHT**

Beide Göpferts, die übrigens nicht miteinander verwandt sind, haben Hunderte von Fachleuten interviewt. Mitunter mussten sie dabei um verständliche Formulierungen ringen. „Aber“, resümiert Winfried Göpfert seine Erfahrungen, „die Situation hat sich im Laufe der Zeit gebessert. Wir treffen heute auf viel mehr Verständnis für unsere Aufgabe als früher. Wissenschaftler haben heute selber ein Interesse daran, dass ihr Tun in der Öffentlichkeit geschätzt und verstanden wird.“

Im Medientraining geht es weiter mit Einzelübungen. Die Forscher arbeiten in kleinen Gruppen. Jeder Teilnehmer gibt ein Interview, das beim gemeinsamen Anhören analysiert wird: Wo rutscht noch ein Fachwort durch? Was hätte man weglassen können? Dabei sind die kritischen Nachfragen der Kollegen genauso wichtig wie die Urteile der beiden Profis. Sie können aus ihrem reichhaltigen Erfahrungsschatz aber noch zusätzliche Hilfen anbieten: Metaphern, die sich bewährt haben, Tipps, wie sich komplizierte Zusammenhänge in Einzelschritte aufgliedern oder Anekdoten zur Auflockerung einflechten lassen. Verständliche Wissenschaft kann höchst unterhaltsam sein.

In der Schreibwerkstatt sitzen die Teilnehmer an ihren Laptops, und es herrscht eine Atmosphäre wie in der Redaktion. Die Göpferts gehen herum und schauen den Experten über die Schulter. Die Aufgaben sind vielfältig: Eine Pressemitteilung über ein wichtiges Forschungsergebnis entwerfen,



**DAS KURSANGEBOT 2010**

Schreibwerkstatt und Medientraining der Klaus Tschira Stiftung machen Wissenschaftler fit für den Umgang mit Medien. In erster Linie wenden sich die Fortbildungskurse an Naturwissenschaftler, Mathematiker, Ingenieure, Informatiker und Wissenschaftler verwandter Fachrichtungen.

Pro Kurs gibt es zwölf Plätze. Die praktische Arbeit findet in Kleingruppen mit sechs Personen statt und ist daher sehr effektiv.

**Seminarort:**  
Studio der Villa Bosch, Heidelberg

**Kursgebühr:**  
350 Euro pro Kurs inkl. Verpflegung

**Termine:**  
Schreibwerkstatt 01./02. März 2010  
Medientraining 26./27. April 2010  
Schreibwerkstatt 27./28. Sept. 2010  
Medientraining 22./23. Nov. 2010

**Information und Anmeldung:**  
Renate Ries  
Klaus Tschira Stiftung gGmbH  
Presse und Kommunikation  
Tel: 06221 – 533 102  
renate.ries@klaus-tschira-stiftung.de  
[www.sags-klar.info](http://www.sags-klar.info)



Fotos: Tim Wegner für bdw

Wie könnte man das noch knackiger formulieren? Winfried Göpfert überlegt zusammen mit einer jungen Wissenschaftlerin, wie sie ihr Thema Laien begreiflich machen kann.

## DER WEG ZUM ERFOLG: WOHLWOLLEND DUMM STELLEN



**JÖRG GÖPFERT** (links) wurde an der Deutschen Journalistenschule in München ausgebildet und arbeitet seit vielen Jahren als freier Radiojournalist. **WINFRIED GÖPFERT** hatte nach etlichen Jahren in der Praxis Deutschlands erste Professur für Wissenschaftsjournalismus an der Freien Universität Berlin inne. Dass es bei den Medientrainings nicht nur ernst zugeht, verrät das Interview – wobei nicht klar ist, wer eigentlich wen interviewt ...

**Göpfert: Muss man eigentlich Göpfert heißen, wenn man Medientrainings anbieten will?**

Göpfert: Selbstverständlich.

**Göpfert: Wieso „selbstverständlich“?**

Göpfert: Weil wir die Medientrainings erfunden haben.

**Göpfert: Wer ist „wir“?**

Göpfert: Na Sie und ich, Göpfert und Göpfert eben.

**Göpfert: Ach! Und das lässt sich beweisen?**

Göpfert: Natürlich nicht. Das ist ja das Schöne. Aber es gibt Indizien.

**Göpfert: Und welche?**

Göpfert: Ich sage nur: „Forschungszentrum Jülich“, vormals „KFA“ ...

**Göpfert: ... für „Kernforschungsanlage“.**

Göpfert: Genau! Die Kernenergie war ja in der deutschen Öffentlichkeit ziemlich in Misskredit geraten.

**Göpfert: Wegen Tschernobyl.**

Göpfert: Nicht nur. Auch wegen der Art und Weise, wie die Kernforscher damals auftraten: fast immer besserwisserisch, von oben herab, mit Fachchinesisch, kaum zu verstehen.

**Göpfert: Und das wollten wir ändern.**

Göpfert: Ja, und zum Glück nicht allein. Der Anstoß für das erste Training kam ja aus der Wissenschaft selbst, eben aus dem Forschungszentrum Jülich.

**Göpfert: Unsere Medientrainings sind also ein Beitrag zur Risikokommunikation.**

Göpfert: Eher ein spin-off. Die Atomforscher waren und sind ja kein Einzelfall. Im Grunde haben alle Wissenschaftler große Probleme bei der Kommunikation mit der Öffentlichkeit.

**Göpfert: Aber es gibt doch Untersuchungen, die zeigen, dass Wissenschaftler**

**heute viel sensibler in der Öffentlichkeit auftreten. Auch wie sie über ihre Forschung reden, ist besser geworden. Sie haben heute viel mehr Verständnis für die journalistischen Anforderungen.**

Göpfert: Das sind Ausnahmen. Sobald Sie sagen, „Wissenschaft muss auch unterhaltsam sein“, ernten Sie nur verständnislose oder böse Blicke.

**Göpfert: Das kann ich verstehen. Wenn ich mir so manche Wissenschaftssendung anschau, dann geht es darin um vieles, nur nicht um Wissenschaft.**

Göpfert: Zugegeben, aber ein Wissenschaftsmagazin ist keine Vorlesung. Anspruchsvolle Forschung muss ansprechend verpackt sein, damit sie die Öffentlichkeit erreicht.

**Göpfert: Aber ist die Verpackung nicht unser Job, der Job der Journalisten?**

Göpfert: Ja und nein. Meine Erfahrung sagt, das Verpacken klappt am besten und am reibungslosesten, wenn die Wissenschaftler mitspielen, und zwar im direkten Wortsinn.

**Göpfert: Man muss also das Kind im Forscher wecken.**

Göpfert: Ja, genau! Eigentlich bringen alle Forscher das Wichtigste mit: Neugier! Sie vergessen nur, dass nicht alle um sie herum dieselbe Neugier und dieselben Fragen in die Wiege gelegt bekommen haben wie sie. Darauf muss man sie aufmerksam machen.

**Göpfert: Und wie geht das?**

Göpfert: Indem man sich wohlwollend dumm stellt.

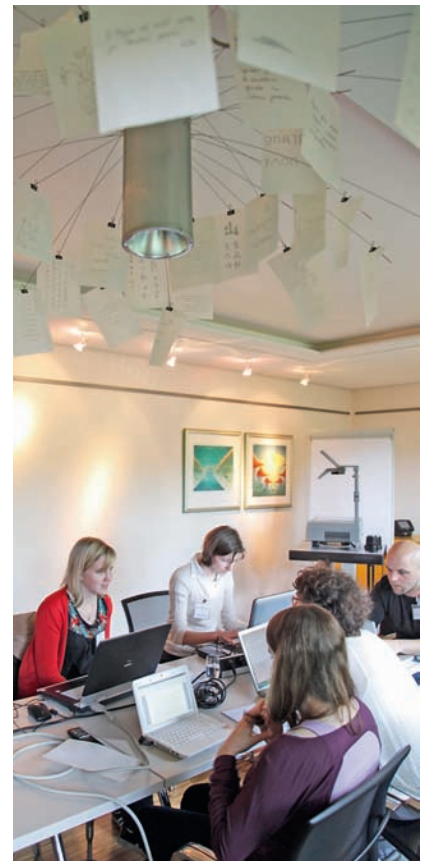
**Göpfert: Fällt mir nicht schwer.**

Göpfert: Das ist die Basis unseres Erfolgs.

**Göpfert: Na vielen Dank!**

einen allgemeinverständlichen Forschungsantrag stellen, bei dem es um eine Million Euro Fördergelder geht, oder einen Abschlussbericht für die Institutsbroschüre formulieren. Manch einer klebt am Bürokratendeutsch mit vielen Nominalkonstruktionen, andere basteln spielend Bandwurmsätze mit 30 oder 40 Wörtern. Wieder andere verklausulieren ihre Erkenntnisse und sind überrascht, wie einfach die Alternativvorschläge von Göpfert oder Göpfert sind. „Die Teilnehmer sollen keine Journalisten werden“, sagt Göpfert, „aber sie sollen verstehen, wie wir arbeiten. Und je genauer sie die Spielregeln kennen, umso souveräner können sie auf der Klaviatur der Medien spielen.“

Welcher der beiden das gesagt hat? Egal, denn nach mehr als 100 Medientrainings verstehen sie einander so gut, dass sie insgeheim doch glauben, verwandt miteinander zu sein. ■



Jeder bastelt an einer Pressemitteilung. Ziel der Übung: Bandwurmsätzen mit Bürokratendeutsch den Garaus machen.

# VERGISS DIE WENNS UND ABERS

Auf dem Niveau von Achtjährigen: Eine Teilnehmerin der Schreibwerkstatt berichtet über ihre erfrischende Erfahrung.

von Petra Schrotz-King

**DIE BEIDEN GESTANDENEN** Radio- und Fernsehjournalisten Göpfert und Göpfert haben auch dieses Jahr wieder vielen Wissenschaftlern ihre Tricks verraten. Petra Schrotz-King war als eine von zwölf Teilnehmern bei einer Schreibwerkstatt für Wissenschaftler in Heidelberg dabei und beschreibt ihre Eindrücke:

„In dem zweitägigen Seminar haben wir unter anderem gelernt, wie man aus langen Satzungen kurzen, „knackigen“ Botschaften formuliert. Es war verblüffend zu sehen, wie schnell man anders zu schreiben lernt und wie man schneller auf den Punkt kommt – vereinfachend und doch nicht falsch! Nach dem Motto: Vergiss die überlangen Sätze mit Semikolons und vergiss die Wenss und Abers. Komm zur Sache und fasse dich kurz! Ein weiterer Ratsschlag der Experten: Beobachte Kinder im Grundschulalter. Sie gebrauchen Sätze mit höchstens sieben Wörtern. Erstaunlicher-

weise können selbst viele Erwachsene kaum noch folgen, wenn Sätze nur ein paar Wörter länger sind.

Das war verwirrend und interessant zugleich. Haben wir uns jahrelang an Fachsprache gewöhnt, um dann auf das Sprachniveau von Achtjährigen zurückzukehren? Die Antwort lautet: Ja! Das war eine erfrischende Erfahrung! Der Leser wird dankbar sein und solche Artikel gerne lesen, anstatt sich überfordert dem nächsten zuzuwenden! Er will sich nicht plagen, sondern viele Informationen schnell verstehen.

Das Schreib-Coaching war sehr intensiv, weil in kleinen Gruppen gearbeitet wurde – mit individueller Betreuung, vielen Diskussionen und Alternativentwürfen. Lehrreich war auch das gegenseitige Inter-

view: Wie erkläre ich einem Fachfremden, was ich mache, und wie erläutert er, was er verstanden hat. Ist es leichter, über das fremde Gebiet zu schreiben als über das eigene, wo man zwar alles weiß, aber zusammenfassend und kurz bleiben soll? Alle Texte wurden gemeinsam besprochen und nach Analyse und Kritik individuell verbessert. Dafür war Zeit genug und es gab viele Hinweise, die journalisti-



**Dr. Petra Schrotz-King**  
arbeitet an der Universitätsklinik in Mannheim.

schen Tipps in die Praxis der eigenen Schreibe umzusetzen. Dass Göpfert und Göpfert dabei sehr humorvoll waren, machte die Arbeit nur leichter. Fazit: Schreiben ist eine Kunst. Schön zu wissen, dass man sie lernen kann.“ ■

Schirmherr  
Prof. Dr. Peter Gruss  
Präsident der  
Max-Planck-Gesellschaft

2010

KlarText!  
KlarText!  
KlarText!  
KlarText!

**Klaus Tschira Preis**  
für verständliche  
Wissenschaft

Wissenschaft & Verständlichkeit

## Schaffen Sie den Ausgleich?

Dann bewerben Sie sich um den Klaus Tschira Preis für verständliche Wissenschaft **KlarText!** 2010.

Die Klaus Tschira Stiftung zeichnet Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus, die die Ergebnisse ihrer herausragenden Dissertation in einem Artikel anschaulich beschreiben.

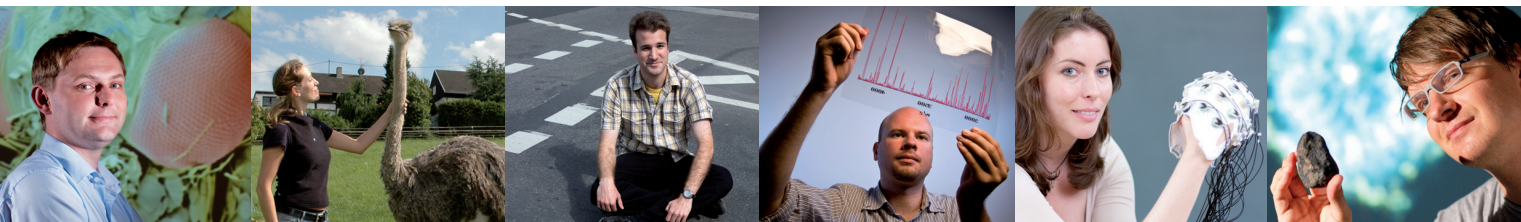
Bewerben können sich Promovierte der **Biologie, Chemie, Informatik, Mathematik, Neurowissenschaften, Physik** und angrenzender Fächer.

Die Dissertation muss im Jahr 2009 abgeschlossen worden sein.

Es werden bis zu sechs Preise à 5.000 Euro vergeben. Die ausgezeichneten Beiträge werden in *bild der wissenschaft* veröffentlicht.

Einsendeschluss ist der 28. Februar 2010.

Ein Projekt der  
Klaus Tschira Stiftung  
gemeinnützige GmbH



Preisträger 2009

Medienpartner

**bild der  
wissenschaft**

[www.klaus-tschira-preis.info](http://www.klaus-tschira-preis.info)