

bild der wissenschaft plus

Die Preisträger



DER KLAUS TSCHIRA PREIS
für verständliche Wissenschaft



Die Klaus Tschira Stiftung unterstützt Wissenschaftler
bei der interessanten und verständlichen Vermittlung von Forschungsthemen.

Teilnehmer

Naturwissenschaftler, Mathematiker und Informatiker

Referenten

Wissenschaftsjournalisten mit langjähriger Expertise

Inhalt

Schreibtraining, journalistische Arbeitstechniken,
Interviewtraining für Hörfunk und Fernsehen

Termine und Anmeldung
www.sags-klar.info

Wir bieten intensive Kurse mit hohem Praxisanteil in kleinen Gruppen.



Wolfgang Hess,
Chefredakteur

DER KLAUS TSCHIRA PREIS

*Bilanz eines
Wissenschaftsjournalisten*

IM OKTOBER 2010 wird zum fünften Mal der Klaus Tschira Preis für verständliche Wissenschaft in seiner länderübergreifenden Ausrichtung überreicht. 2006 – bei seiner ersten Ausschreibung – warteten die Initiatoren mit großer Spannung, wie viele Promovierte sich wohl um die sechs Preise – für Physik, Informatik, Mathematik, Chemie, Neurowissenschaften, Biologie – bewerben würden. Es waren immerhin 86!

Längst stellt sich die bange Frage nicht mehr, ob die Zahl der Einsendungen reicht, um der Jury eine Auswahlmöglichkeit zu geben. 220 Bewerbungen erreichten die Stiftung allein in diesem Jahr. Die meisten aus der Biologie: 69 – gefolgt von 52 Bewerbungen aus der Physik und immerhin 16 aus der Mathematik, dem Fach mit der kleinsten Zahl an Einsendern.

Insgesamt 732 Frauen und Männer haben sich damit seit 2006 um den Klaus Tschira Preis beworben. 29 wurden ausgewählt, um in der ehrwürdigen Alten Aula der Universität Heidelberg ihren Preis entgegenzunehmen.

Die aktuellen Preisträger stellen wir in dieser Sonderausgabe von bild der wissenschaft vor. 214 ebenfalls größtenteils verständliche und instruktive Berichte über die eigene Doktorarbeit und deren Einbindung in ein größeres Ganzes können hier nicht publiziert werden. Gleichwohl wissen Stifter, Stiftung und wir bei bild der wissenschaft die damit verbundene Mühe aller Bewerber zu schätzen. Denn alle Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die sich um den Preis bewerben, stellen unter Beweis, wie wichtig es ihnen ist, dass eine große Öffentlichkeit versteht, an was sie arbeiten. Wer dieses Kommunikationsziel einmal anvisiert hat, wird es bei künftigen Forschungsvorhaben nicht mehr aus den Augen verlieren.

Damit hätte Klaus Tschira – SAP-Mitgründer und demnächst ein Siebziger – in Deutschland ein zweites Mal etwas bewegt. Beim ersten Mal, indem er bei SAP mit dafür gesorgt hat, Tausende an hochwertigen Arbeitsplätzen zu schaffen – und so den Deutschen ein Bewusstsein für Wertschöpfung durch Software vermittelt hat. Und nun, indem er über seinen Preis für verständliche Wissenschaft dazu beiträgt, die Distanz zwischen Naturwissenschaftlern und den übrigen Menschen – also der Mehrheit – zu verringern. Auch das wird in unserem Land Wertschöpfung erbringen.

Foto: K. Mellenthin für bdw

INHALT

3 Zur Sache

4 „Der Preis schafft Wohlwollen“

Der Stifter Klaus Tschira im Gespräch mit Nina Schaller und Dirk Notz, zwei Preisträgern aus vergangenen Jahren.

7 Impressum

8 Das Warten der Anderen

Benjamin Hiller, Mathematik

12 Gen-Google für die Krebstherapie

Christof Winter, Informatik

16 Atome auf dem Basar

Janina Zimmermann, Physik

20 Wie die Fliegen Kurven meistern

Adrian Wertz, Neurowissenschaften

24 Schachmatt für Krankheitserreger

Thomas Böttcher, Chemie

28 Kulturwesen Schimpanse?

Claudio Tennie, Biologie

32 Schrullig, aber hilfreich: der Küchenzuruf

Bewerber lernen im Workshop für Wissenschaftskommunikation journalistisches Schreiben

34 „Wir haben kurze Wege“

Interview mit der Stiftungsbevollmächtigten Beate Spiegel



Mit Spaß bei der Sache: Die Preisträger 2010 bewiesen nicht nur Schreibtalent, sie zeigten für das Cover auch vollen Körpereinsatz.

„DER PREIS SCHAFFT WOHLWOLLEN“

Was bewegt der Klaus Tschira Preis für verständliche Wissenschaft? Zwei Preisträger in der Heidelberger Villa Bosch im Gespräch mit dem Stifter.



KLAUS TSCHIRA (Jahrgang 1940) gründete 1995 die Klaus Tschira Stiftung gemeinnützige GmbH. Ihr Ziel ist es, die Naturwissenschaften, Mathematik und Informatik sowie die Wertschätzung für diese Fächer zu fördern. Der Diplom-Physiker mit Abschluss an der damaligen Technischen Hochschule Karlsruhe wurde mit Ehrendoktorwürden der Universität Klagenfurt und des Karlsruher Instituts für Technologie ausgezeichnet. Tschira ist einer der fünf Gründer der SAP, des heute viertgrößten Software-Herstellers der Welt.



NINA SCHALLER (Jahrgang 1974) stammt aus Kronberg im Taunus und studierte Biologie an der Universität Heidelberg. Von 2002 bis 2003 war sie Mitarbeiterin am Forschungsinstitut Senckenberg in Frankfurt am Main. Nach ihrer Promotion 2008 ging sie als Postdoc an das Royal Ontario Museum in Toronto, Kanada. 2009 erhielt sie den Klaus Tschira Preis im Fach Biologie.



DIRK NOTZ (Jahrgang 1975) studierte Meteorologie an der Universität Hamburg sowie am University Centre in Svalbard, Spitzbergen. 2006 promovierte er an der University of Cambridge in Großbritannien. 2007 wurde Notz mit dem Klaus Tschira Preis im Fach Physik ausgezeichnet. Inzwischen leitet er die Gruppe „Meereis im Erdsystem“ am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg.

KLAUS TSCHIRA: Herzlich willkommen, Frau Schaller. Ihre Doktorarbeit haben Sie 2008 an der Universität Heidelberg über die Laufeigenschaften des Afrikanischen Straußes abgeschlossen. Was ist aus den Tieren geworden, denen Sie Ihren Titel verdanken?

NINA SCHALLER: Ich arbeite jetzt am Royal Ontario Museum Toronto in Kanada. Meine Strauße musste ich leider hier in Deutschland lassen. Die leben immer noch in ihrem Freigehege im Odenwald. Inhalt meiner jetzigen Arbeit sind nicht mehr die Beine vom Strauß, sondern dessen Flügel. Das hört sich kurios an: Jeder weiß, dass der Strauß ja nicht gerade durch seine Flugeigenschaften brilliert. Dabei ist er erst durch die Flügel in der Lage, so schnell zu laufen, weil er sie als Balance-Stange benutzt. Abrupte Laufrichtungswechsel werden dadurch erst möglich.

TSCHIRA: Ein herzliches Willkommen auch Ihnen, Herr Notz. Sie promovierten 2006 an der University of Cambridge. Was beschäftigt Sie gegenwärtig?

DIRK NOTZ: Mein Thema ist nach wie vor die Meereisforschung, jetzt am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg. 2007, als ich den Klaus Tschira Preis bekam, war das arktische Meereis im Sommer so stark zurückgegangen wie noch nie seit Beginn der Messungen. Interessant für mich war, wie das, was die Wissenschaftler damals gemessen haben, von manchen Medien zum katastrophalen Ereignis aufgebauscht wurde. Das hat mir gezeigt, wie wichtig es ist, dass Wissenschaftler in aller Deutlichkeit klar machen, wo die Grenzen ihrer Szenarien liegen und welche Unsicherheiten es gibt. In den folgenden Jahren war der sommerbedingte Eisrückgang nämlich weniger stark. Ich untersuche unter anderem, wie es zu dieser ‚Erholung‘ kommen konnte.

TSCHIRA: In diesem Jahr scheint der sommerliche Eisrückgang wieder stärker zu sein.

NOTZ: Anfang des Sommers hatten wir teilweise weniger Meereis in der Arktis als zum gleichen Zeitpunkt im Rekordjahr 2007. In-

Gut gelaunt lud Klaus Tschira in Heidelberg zur sommerlichen Gesprächsrunde.



zwischen liegt die Eisausdehnung wieder etwas darüber. Wichtig ist bei diesen Betrachtungen aber immer, dass man seinen Blick von dem löst, was einen unmittelbar umgibt. Auf welches Glatteis man sich bei einem beschränkten Beobachtungsraum begeben kann, beweist der letzte Winter. In Deutschland war er relativ kalt. Doch in Grönland – wo ich zu der Zeit forschte – regnete es teilweise tagelang. Erklären lässt sich dies durch eine ungewöhnliche Änderung des vorherrschenden Windsystems, die im vergangenen Winter viel Kälte aus der Arktis nach Mitteleuropa transportierte: Im hohen Norden war es deutlich wärmer als üblich, bei uns entsprechend kälter. Inzwischen wird unter Klimaforschern die Hypothese diskutiert, dass solche Wetterlagen durch den Rückgang des sommerlichen Meereises in der Arktis in Zukunft häufiger auftreten könnten. Konkret würde das bedeuten: Durch die Erwärmung der Arktis könnte es in einigen Regionen Europas im Winter kälter werden. Im Umkehrschluss erwärmt sich hierdurch die Arktis noch schneller als bisher angenommen, mit entsprechenden Folgen für das dortige Eis.

TSCHIRA: Wie hat sich unser Preis auf Ihre Arbeit ausgewirkt?

SCHALLER: Gleich nach der Veröffentlichung der prämierten Kurzfassung meiner Doktorarbeit in bild der wissenschaft kamen viele E-Mails von Lesern, die sich mit meiner Arbeit beschäftigten. Sie wollten mehr über meine Ergebnisse wissen oder Perspektiven aufzeigen, wofür sich meine Arbeit vielleicht noch eignet. Den Beitrag habe ich dann auch ins Englische übersetzt. Bei meiner Bewerbung beim Royal Ontario Museum hatte ich diesen Artikel dabei – mit bemerkenswertem Resultat. Denn einen Monat später rief mich die Chefredakteurin der dort herausgegebenen Zeitschrift an und lobte meinen Beitrag als „eine wirklich gute Geschichte, die das Museum veröffentlichen möchte“. Der Beitrag erscheint im September 2010 als Coverstory und könnte mich bei der wissenschaftlichen Community in Kanada als Newcomer bekannt machen. Durch den Preis ist auch mein Selbstbewusstsein im Umgang mit den Medien

gewachsen: Ich weiß jetzt, auf was ich mich bei Pressegesprächen konzentrieren und welche Essenz ich aus meiner Arbeit herausholen muss, damit Medien Gefallen daran finden. Überdies nützt mir mein Beitrag für den Klaus Tschira Preis immer dann, wenn ich jemandem zeigen soll, woran ich arbeite. Die Kurzfassung meiner Doktorarbeit ist rasch gelesen – und sie enthält darüber hinaus noch tolle Fotos.

NOTZ: Der Preis schafft ein gewisses Wohlwollen. Ich habe nun häufig Journalisten am Telefon, die darauf hinweisen, dass ich ja diesen Preis für verständliche Wissenschaft bekommen habe und deshalb vermuten, ich sei auch in der Lage, im Interview verständlich Auskunft zu geben. Ein solcher Preis schafft im Übrigen Vertrauen bei Leuten, die von Wissenschaft nicht viel zu verstehen glauben und animiert sie zu einer Kontaktaufnahme mit mir. Und bei meinen vielen Vorträgen, die ich in Schulen halte, werde ich gerne mit den Worten vorgestellt: „Dirk Notz hat auch einen Preis für verständliche Wissenschaft bekommen.“

TSCHIRA: Wie beurteilen Sie die momentane Bekanntheit des Klaus Tschira Preises?

NOTZ: Ich weiß nicht, ob der Begriff ‚Klaus Tschira Preis‘ wirklich bekannt ist. Aber das Attribut dahinter – für verständliche Wissenschaft – zieht gerade bei Journalisten. Bei Doktoranden ist der Wettbewerb inzwischen auch bekannt. Als ehemaliger Preisträger erhalte ich viele Anfragen nach dem Motto: Was ist da zu machen, wie läuft das mit der Beurteilung?

SCHALLER: Auch bei Wissenschaftsorganisationen ist der Preis sehr bekannt. Vor Kurzem erhielt ich vom größten naturwissenschaftlichen Schülerlabor Deutschlands, dem Göttinger XLAB, eine Einladung, um beim nächsten Science Festival über meine Forschung zu sprechen, worauf ich mich schon sehr freue. Auf mich aufmerksam wurde das XLAB durch meinen Tschira-Preis-Siegerbeitrag im bdw Supplement 2009. Damit bin ich bereits die zweite KlarText!-Preisträgerin, die zu dieser renommierten Veranstaltung eingeladen wird.



TSCHIRA: Was motivierte Sie beide denn zur Teilnahme?

NOTZ: Meist fällt es mir leicht, das, was ich mache, so darzustellen, dass man es auch versteht. Der Entschluss war daher spontan, angetrieben vom sportlichen Ehrgeiz, es einfach einmal zu versuchen.

TSCHIRA: Das hört sich an, also ob Sie für so eine Darstellung nur einen Abend brauchen ...

NOTZ: ... der Rohentwurf geht bei mir schnell.

SCHALLER: Ich kannte den Preis bereits vor Abgabe meiner Doktorarbeit und hatte mir vorgenommen, es zu probieren. Die Chance hat man genau einmal – in dem Jahr, nach dem man seinen Dokortitel bekommen hat. Meine Mutter hat mir die Ausschreibung 2009 nach Kanada geschickt. Auch ich habe den Rohentwurf ziemlich schnell geschrieben. Dann habe ich den Artikel erst einmal liegen gelassen. Mit dem verständlichen Schreiben hatte ich kein Problem, aber mit der Vorgabe, nicht mehr als 9000 Zeichen – inklusive Leerzeichen – dafür verwenden zu dürfen.

NOTZ: Auch mein Text war anfangs deutlich zu lang, und ich überlegte mir dann über mehrere Tage, wie und wo ich kürzen könnte, ohne wichtige Inhalte zu verlieren.

Wie reifte denn bei Ihnen, Herr Tschira, der Entschluss, einen solchen Preis auszuschreiben?

TSCHIRA: Nachdem ich die Stiftung 1995 gegründet hatte, wollte ich an der Universität Karlsruhe einen Preis für die beste Diplom- oder Doktorarbeit ausschreiben. Der damalige Rektor Sigmar Wittig riet mir ab mit den Worten: ‚Solche Preise haben wir wie Sand am Meer‘. Unsere Diskussionen führten schließlich zu einem Preis für verständliche Wissenschaft. Ihn schrieben wir von 1996 bis 1998 für verständlich geschriebene Doktorarbeiten an der Universität Karlsruhe aus.

SCHALLER: Der Preis wurde also erst später auf den gesamten deutschen Sprachraum ausgedehnt?

TSCHIRA: Anfangs hatte ich nicht den Mut, das aufzubauen: Ich scheute die Organisation. Aber jetzt schreibt die Stiftung den Preis

bereits zum sechsten Mal erfolgreich aus. Meine stille Hoffnung ist, dass durch den Preis die Zahl jener Professoren sinkt, für die nur eine unverständliche Doktorarbeit eine gute Doktorarbeit ist.

NOTZ: Unter den Professoren findet gerade ein Generationenwechsel statt: Verständlichkeit gewinnt an Stellenwert.

TSCHIRA: Sind alle Ihre Bekannten, die in jüngster Zeit promoviert haben, in der Lage, ihre Arbeit verständlich darzustellen?

NOTZ: Die meisten können das.

SCHALLER: Ich glaube, dass sich Kommilitonen, die sich um Fördermittel bewerben müssen, darin besonders auszeichnen. Denn wie sonst kann man einem unabhängigen Gremium zeigen, wofür man eine Förderung haben will?

NOTZ: Das führt in der Tat zu einer gewissen Selektion: Wer verständlich formuliert, bekommt keine Fördermittel und damit auch keine Stelle in der Wissenschaft.

SCHALLER: Dennoch ist mir auf einer Konferenz soeben wieder aufgefallen, wie volksnah Australier, Neuseeländer und Nordamerikaner ihre Arbeiten präsentieren – selbst bei einer nur für Wissenschaftler ausgelegten Konferenz. Die Europäer tun sich damit sehr viel schwerer.

TSCHIRA: Ist das in der Klimaforschung genauso, Herr Notz?

NOTZ: Amerikanische Vorträge sind weitaus didaktischer aufgebaut. In den USA ist es eine Ehre, wenn man für gute Vorlesungen bekannt ist. Bei uns dagegen ist die Lehre nach wie vor ein Muss, und selbst brillante Vorlesungen führen nicht dazu, dass man als Wissenschaftler besondere Anerkennung erfährt.

SCHALLER: Ich habe überdies den Eindruck, dass in Nordamerika junge Wissenschaftler weit rascher zu einer wichtigen Konferenz entsandt werden als in Europa, wo oft nur Arrivierte anzutreffen sind. Auf diese Weise lernen die US-Wissenschaftler beizeiten, wie man sich außerhalb der eigenen Disziplin geschickt präsentiert.



Nina Schaller und Dirk Notz nahmen kein Blatt vor den Mund und antworteten ohne Umschweife.

NOTZ: Immerhin fördert die Universität Hamburg seit rund fünf Jahren den Erwerb sogenannter Soft Skills, die beispielsweise dazu führen, Vorträge ungezwungener halten zu können. Vorträge vor Nichtfachleuten zu halten, kann übrigens sehr nützlich sein. Und damit meine ich nicht das Geld, das man dafür bekommt, denn die meisten Vorträge halten Wissenschaftler ohne eine Honorarzusage. Nützlich sind solche Vorträge zum einen, weil ich damit Schüler für die Klimaforschung begeistern kann. Zum anderen stellen Schüler Fragen, auf die Erwachsene gar nicht kommen, was wiederum meinen wissenschaftlichen Ansatz befruchtet. Die leider immer noch häufig gehörte Aussage ‚ich habe keine Zeit, Öffentlichkeitsarbeit für meine Wissenschaft zu machen‘, beruht auf der irrigen Annahme, eine wissenschaftliche Karriere erfordere ausschließlich gekonnte wissenschaftliche Arbeit. Das ändert sich derzeit: Ich selbst habe bei meinen Bewerbungen festgestellt, dass auch darauf geachtet wurde, ob ich Fakten und Zusammenhänge allgemein verständlich vortragen kann.

SCHALLER: Bei mir hat der Klaus Tschira Preis dazu geführt, dass ich mich jetzt mehr als früher hinsetze und Spaß daran habe, wissenschaftliche Erkenntnisse für ein größeres Publikum zu formulieren.

TSCHIRA: Abschließend wüsste ich von Ihnen gerne, was am Klaus Tschira Preis verbessert werden könnte?

SCHALLER: Ich würde mir wünschen, dass der Preis noch stärker wahrgenommen wird. Jeder, der eine Doktorarbeit schreibt, sollte ernsthaft in Erwägung ziehen, sich um den Klaus Tschira Preis zu bewerben.

NOTZ: Der Preis führt in die richtige Richtung. Aber wir brauchen ein Umdenken in der gesamten deutschen Wissenschaftswelt. Es ist eine absolute Notwendigkeit, Wissenschaft so darzustellen, dass sie die Öffentlichkeit auch versteht. Vielleicht sollte man den Klaus Tschira Preis deshalb auf jüngere Zielgruppen ausdehnen – auf Studierende oder gar auf Schüler. Wer Wissenschaft verständlich darstellen möchte, sollte nicht erst als Doktorand damit anfangen. ■

Aufgezeichnet von Wolfgang Hess

IMPRESSUM

Klaus Tschira Preis für verständliche Wissenschaft

Eine Sonderpublikation von bild der wissenschaft in Zusammenarbeit mit der Klaus Tschira Stiftung

ERSCHEINUNGSTERMIN: Oktober 2010

HERAUSGEBERIN: Katja Kohlhammer

VERLAG: Konradin Medien GmbH

Ernst-Mey-Straße 8, 70771 Leinfelden-Echterdingen

CHEFREDAKTEUR: Wolfgang Hess

PROJEKTLEITUNG: Cornelia Varwig

GRAFISCHE GESTALTUNG: Peter Kotzur

REDAKTION: Theresa Klüber, Dr. Ilka Lehnen-Beyel (Schlussredaktion)

BILDREDAKTION: Ruth Rehbock

REDAKTION KLAUS TSCHIRA STIFTUNG: Renate Ries

VERTRIEB: Rüdiger Eichholz

DRUCK: Konradin Druck GmbH

Kohlhammerstr. 1-15, 70771 Leinfelden-Echterdingen

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. BENJAMIN HILLER

1980 geboren in Weida (Thüringen)

1998 Abitur

Wehrdienst

ab 1999 Studium der Informatik mit Nebenfach Mathematik an der TU Ilmenau

2004 Diplom in Informatik

2004 bis 2009 Doktorand am

Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin

15.12.2009 Promotion zum Dr. rer. nat.

seit 2009 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin

Infos: www.zib.de/hiller
hiller@zib.de

Vorfahrt für den Erfinder:
Während Benjamin Hiller nach oben fährt, müssen seine Doubles warten.

DAS WARTEN DER ANDEREN

Moderne mathematische Verfahren steuern Aufzüge so, dass lange Wartezeiten für die Passagiere vermieden werden. Dabei kann es vorteilhaft und notwendig sein, einen Passagier länger warten zu lassen, um spätere Passagiere besser bedienen zu können.

von Benjamin Hiller

MORGENS UM NEUN in Deutschland: Viele Menschen haben vor wenigen Minuten ihre Bürogebäude betreten und warten nun auf einen Aufzug, der sie zu ihrem Arbeitsplatz bringt. Wenn dies mal länger dauert, fragt sich mancher: Kann denn so ein Aufzug nicht besser gesteuert werden?

Offenbar ist die Steuerung von Aufzügen ein Optimierungsproblem. Allerdings gibt es einen prinzipiellen Unterschied zu klassischen Optimierungsproblemen wie dem Finden kürzester Wege: Die Eingabedaten, in diesem Fall Fahrtwünsche von Passagieren, sind nicht von Anfang an bekannt, sondern erscheinen im Laufe der Zeit, also online. Bei solchen Online-Optimierungsproblemen liegt die Schwierigkeit im Umgang mit der unbekannteren Zukunft.

Durch meine Beschäftigung mit Online-Optimierung war ich am Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik in Berlin ein Exot. Zudem arbeitete ich sehr theoretisch und im Gegensatz zu meinen Kollegen ohne Anwendungsprojekt. Denn zu Beginn meiner Promotionsphase habe ich in einem DFG-Projekt nach geeigneten Definitionen für „gute“ Online-Steuerung gesucht.

Ist denn nicht klar, was eine gute Online-Steuerung ist? Warum muss man da forschen? Intuitiv ist eine Aufzugssteuerung gut, wenn sie für alle Passagiere kurze Wartezeiten erzielt. Da auch später kommende Passagiere nicht lange warten sollen, sollte

sie auch für die Zukunft kurze Wartezeiten sicherstellen. Anders gesagt: Sie soll für jede mögliche Zukunft gut sein. Das zentrale Problem bei der Entwicklung und Bewertung von Online-Steuerungen ist aber, dass es in der Regel keine Online-Steuerung gibt, die für alle möglichen Zukünfte gleichermaßen am besten ist. Verschiedene Online-Steuerungen sind für verschiedene mögliche Zukünfte gut und für andere schlechter. Eine Online-Steuerung sollte daher einen „sinnvollen Kompromiss“ finden – aber was ist das genau?

Ich bin dieser Frage anhand des folgenden „Spielproblems“ nachgegangen: Packe verschiedenfarbige Gegenstände in Behälter, sodass die Anzahl verschiedener Farben in jedem Behälter möglichst klein ist. Dazu steht eine begrenzte Anzahl Behälter zur Verfügung, die alle gleich viele Gegenstände aufnehmen können. Sobald ein Gegenstand bekannt ist, muss er sofort unwiderwillig in einen Behälter gepackt werden. Erst danach wird der nächste Gegenstand bekannt gegeben. Ist ein Behälter voll, so wird er durch einen leeren ersetzt.

Warum ist dieses Spielproblem interessant? Es hat, was mir zunächst noch nicht bewusst war, etwas mit Aufzügen zu tun. Außerdem zeigt es, wie schwierig es ist, Online-Steuerungen zu bewerten. Viele würden vermutlich folgende Steuerung vorschlagen: Wenn die Farbe des neuen Gegenstands bereits in einem Behälter vor-

handen ist, so packe diesen Gegenstand in diesen Behälter. Ansonsten wähle einen Behälter, der momentan die geringste Anzahl verschiedener Farben enthält. Diese Steuerung ist „gierig“ – sie sichert in jedem Schritt die geringste Anzahl verschiedener Farben. Eine alternative, „faule“ Steuerung ist, ohne Rücksicht auf die Farben immer nur einen Behälter zu füllen. Welche dieser beiden Steuerungen ist besser?

Seit den 1970er-Jahren werden Online-Steuerungen mithilfe der Hellscheer-Analyse bewertet. Man überlegt sich, wie ein Hellscheer, der die Zukunft kennt, das System steuern würde. Die Hellscheer-Analyse betrachtet eine Online-Steuerung als gut, wenn sie für jede mögliche Zukunft nicht viel schlechter ist als der Hellscheer. Die faule Steuerung ist, verglichen mit dem Hellscheer, überraschenderweise besser als die gierige. Es gibt nämlich eine mögliche Zukunft, für die die gierige Steuerung relativ zur Hellscheer-Steuerung besonders schlecht abschneidet. Simuliert man das Spielproblem aber im Computer, so ist die gierige Steuerung praktisch immer besser als die faule, genau wie man es erwarten würde.

Um dies zu erklären, haben Tjark Vredeveld von der Universität Maastricht und ich ein neues Bewertungskonzept entwickelt. Die Idee ist, dass eine Online-Steuerung gut ist, wenn sie für viele (aber eben nicht alle!) der möglichen Zukünfte gut ist. Wir



Buntes Auf und Ab: Benjamin Hiller hat die Ziel-Etagen in seiner innovativen Aufzugssteuerung am Computer farblich markiert.

OHNE BABY LIEBER TREPPE

Benjamin Hiller im bdw-Gespräch

Wie kamen Sie auf die Idee, Aufzugs-systeme zu untersuchen?

Ich könnte jetzt sagen: Weil die Aufzugssteuerung im TU-Mathegebäude so schlecht ist (ist sie wirklich!). Die Wahrheit ist, dass ohne passenden Industriepartner vielleicht interessantere mathematische Ergebnisse zum Vorschein gekommen wären, aber ohne Praxistauglichkeit. Kurz: Hätte sich die Firma Kollmorgen nicht gemeldet, hätte ich an etwas anderem gearbeitet.

Fahren Sie lieber Aufzug oder gehen Sie Treppe?

Das hängt davon ab, wie hoch ich muss und ob ich etwas zu tragen habe. Wir wohnen in der vierten Etage. Das laufe ich, wenn ich nicht gerade unsere Tochter in der Babyschale dabei habe.

Sie haben Informatik studiert. Wie kamen Sie zum Schreiben?

Ich fand schon als Jugendlicher anspruchsvolle, aber allgemein verständliche Texte über Wissenschaft und Technik interessant. Heute versuche ich, Bekannten so von meiner Arbeit zu berichten, dass sie grob verstehen, was ich mache. Es ist mir wichtig, dass die wesentlichen Zusammenhänge klar werden, ich aber nicht zu sehr vereinfache.

konnten mathematisch zeigen, dass die Entscheidungen der gierigen Steuerung für mehr mögliche Zukünfte günstig sind als die der faulen Steuerung. In diesem Sinn ist die gierige Steuerung besser als die faule, wie es sich auch in den Simulationen zeigt.

Noch während wir am Beweis dieses Ergebnisses arbeiteten, nahm die Firma Kollmorgen Steuerungstechnik Kontakt mit meiner Abteilung am ZIB auf. Kollmorgen vertreibt Aufzugssteuerungen und bat um Unterstützung bei der Entwicklung fortgeschrittener Steuerungsalgorithmen. Ein Steuerungsalgorithmus berechnet einen Fahrplan und legt damit fest, welcher Aufzug welche Passagiere bedient. Schnell war klar, dass dies mein Anwendungsprojekt und die Arbeit daran Bestandteil meiner Dissertation werden würde.

In Zusammenarbeit mit Kollmorgen entwickelte ich einen Algorithmus zur Steuerung von Zielrufsystemen. Bei diesem Steuerungskonzept gibt der Passagier auf der Start-Etage seine Ziel-Etage ein. Dadurch kann der Algorithmus frühzeitig mehr Informationen berücksichtigen. Da jedem Passagier mitgeteilt wird, welcher Aufzug ihn bedienen wird, kann die Steuerung außerdem die Passagiere leiten. Beides ist bei einem herkömmlich gesteuerten System, bei dem der Passagier auf der Start-Etage

seine Fahrtrichtung und erst im Aufzug seine Ziel-Etage eingibt, nicht möglich. Für eine so komplexe Aufgabe wie die Steuerung von Aufzügen ist eine theoretische Analyse, wie eine für viele Zukünfte günstige Steuerung aussieht, nicht mehr möglich. Daher können verschiedene Steuerungs-algorithmen nur mithilfe umfangreicher Simulationen verglichen werden. Dazu müssen die ganze Aufzugsgruppe sowie die Passagierströme des Gebäudes im Computer nachgebildet werden.

DER BESTE FAHRPLAN – BEWIESEN!

Praktisch alle Algorithmen arbeiten so, dass sie einen für die gerade bekannten Fahrtwünsche günstigen Fahrplan erstellen. Der von mir entwickelte Algorithmus berechnet einen beweisbar optimalen Fahrplan für die bekannten Fahrtwünsche. Das bedeutet, dass kein anderer Fahrplan geringere Warte- und Fahrzeiten aufweist.

In Simulationen liefert dieser Algorithmus in fast allen Verkehrssituationen sehr gute Warte- und Fahrzeiten, obwohl er stets so steuert, als gäbe es keine weitere Zukunft. Es gibt aber eine Verkehrssituation, bei der die basierend auf den bekannten Fahrtwünschen getroffenen Entscheidungen für die Zukunft ungünstig sind. Beim Morgenverkehr in einem Bürohochhaus müssen in kurzer Zeit sehr viele Personen

Schnell und sportlich: Bei großem Andrang am Fahrstuhl ist die Treppe manchmal die bessere Lösung. Der eigens entwickelte Algorithmus des Informatikers bringt jetzt auch Treppen-Muffel schnell in die gewünschte Etage.





Ins zweite Stockwerk bitte: Der Clou beim neuen System von Hiller ist, dass der Aufzug die Passagiere nach Ziel-Etagen gruppiert. So muss man manchmal auf einen späteren Aufzug warten – und kommt doch früher an.

von der Zugangs-Etage in ihre Büro-Etagen befördert werden. Erzeugt der Algorithmus zur Bedienung der bekannten Fahrtwünsche einen Fahrplan, bei dem der Aufzug sehr lange benötigt, um zur Zugangs-Etage zurückzukehren, so müssen künftige Passagiere lange warten. Daher sollte die Dauer eines Umlaufs, also die Zeit zwischen aufeinanderfolgenden Besuchen auf der Zugangs-Etage, kurz sein.

GIERIG IST BESSER ALS FAUL

Klar ist, dass die Umlaufdauer mit der Anzahl der Stopps zunimmt. Ein herkömmlich gesteuertes System hat keine Möglichkeit, Passagiere nach Ziel-Etagen zu gruppieren, weshalb in jedem Umlauf viele Ziel-Etagen angefahren werden. Ein Zielrufsystem hingegen kann diese Gruppierung durchführen, um so kurze Umlaufdauern zu erreichen. Verkleidet taucht hier genau unser Spielproblem von oben wieder auf. Betrachten wir die Passagiere als Ge-

genstände, ihre Ziel-Etagen als Farben und die Aufzüge als Behälter, so entspricht die faule Steuerung genau einem herkömmlichen System und die gierige Steuerung einer Variante eines Zielrufsystems: Da ein herkömmliches System die Passagiere nicht beeinflussen kann, versuchen alle Passagiere, den nächsten Aufzug (ersten Behälter) zu nehmen, der dann viele Ziel-Etagen (verschiedene Farben) anfährt. Andererseits kann ein Zielrufsystem die Passagiere nach Ziel-Etagen (Farben) sortieren und Aufzügen (Behältern) so zuteilen, dass jeder möglichst wenige Ziel-Etagen anfährt (verschiedene Farben enthält). Ohne es zu wissen, hatte ich mich also die ganze Zeit bereits mit einem Spezialfall von Aufzugssteuerungen beschäftigt! Angewandt bedeutet unser Ergebnis, dass Zielrufsteuerungen für fast alle Zukünfte (künftige Fahrtwünsche) kürzere Umlaufzeiten erzielen können als herkömmliche Systeme. Ein für die bekannten Fahrtwünsche opti-

maler Fahrplan wird diese möglichst dem ersten ankommenden Aufzug zuweisen. Dann wird keine gute Gruppierung nach Ziel-Etagen erreicht, der optimale Fahrplan erweist sich als langfristig schlecht. Um dies zu vermeiden, verwendet mein Algorithmus im Morgenverkehr zusätzliche Mechanismen, die eine gute Gruppierung sicherstellen. Es passiert also, dass ein Passagier einem später ankommenden Aufzug zugewiesen wird, um das Warten der anderen, zukünftigen Passagiere zu verkürzen.

Meine Simulationen zeigen: Ein Zielrufsystem garantiert eine mittlere Wartezeit von höchstens 25 Sekunden und befördert dabei mindestens 50 Prozent mehr Passagiere als ein herkömmliches System. Der Algorithmus wird von Kollmorgen verwendet und erspart künftig vielen lange Wartezeiten. Die Ausrede, der „lahme Aufzug“ sei schuld an der Verspätung, gilt dann nicht mehr. ■

INFORMATICS

GEN-GOOGLE FÜR DIE KREBSTHERAPIE

Google bewertet Internetseiten danach, wie wichtig sie im Netz der Milliarden von Seiten und Verweisen sind. Es klingt kühn, doch das gleiche Prinzip lässt sich nutzen, um Therapieentscheidungen bei Krebs zu treffen.

von Christof Winter

Kaffeepause im Besprechungsraum der Bioinformatik-Arbeitsgruppe an der TU Dresden. Christof Winter hat einen Schritt seines Gen-Google-Algorithmus an der Tafel skizziert.

schiede im Tumor selbst zurückzuführen sind. „Wir gehen davon aus, dass die Aktivität bestimmter Gene im Tumor eine wichtige Rolle für das Überleben des Patienten spielt“, sagt Grützmann. Besonders aggressive Tumore sollten andere Genaktivitäten aufweisen als weniger aggressive. Das Ziel der Mediziner ist, früher zu erkennen, welche Überlebenschance ein Patient hat und ob er von einer Chemotherapie profitieren würde. Für Herrn B. zum Beispiel war die Chemotherapie vor allem belastend, min-

dierte die Lebensqualität und hat seine Lebenszeit vielleicht sogar verkürzt. „Am Ende hätten wir gerne ein Profil aus fünf bis zehn relevanten Genen, die der Pathologe im Kliniklabor testen kann“, so Pilarsky. Diesem Genprofil ist Winter auf der Spur.

FEINER UNTERSCHIED IM TUMORGEWEBE

Bis dahin ist es jedoch ein weiter Weg. Winter steht vor zwei Problemen. Vergleicht man Tumorgewebe mit gesundem Gewebe, stechen die Unterschiede förmlich ins Au-

ge. Das gilt nicht nur für den Pathologen vor dem Mikroskop, sondern auch für den Bioinformatiker am Computer beim Betrachten der Genaktivitätsdaten. Deutlich schwieriger wird es hingegen, wenn man – wie im vorliegenden Fall – Tumorgewebe von Patienten mit schlechter Überlebenschance mit Tumorgewebe von Patienten mit guter Überlebenschance vergleicht. Hier sind die Unterschiede so fein, dass sie nur schwer zu finden sind. Das zweite Problem ist die schiere Zahl der Messwer-



Der Forscher im Zahlenrausch: Jede Spalte gehört zu einem Patienten, jede Zeile zu einem Gen.

FREUDE AM LERNEN

Christof Winter im bdw-Gespräch

Sie sind 33 Jahre alt und haben in Medizin und Informatik promoviert. Wie schafft man das?

Freude am Lernen! Man muss diesen Wissensdrang verspüren und den Dingen wirklich auf den Grund gehen wollen. Dabei ist Medizin für mich die geheimnisvollere Disziplin – es gibt noch so vieles, das wir nicht verstehen.

Wie sehen Sie den ethischen Aspekt Ihrer Arbeit: Kann man Menschen radikal mit ihrer berechneten Überlebenschance konfrontieren?

Auf keinen Fall! Manche Patienten wollen alles ganz genau wissen, andere vertrauen lieber darauf, dass der Arzt schon das Richtige tut. Ich sehe meinen Beitrag darin, den behandelnden Arzt besser über den wahrscheinlichen Verlauf der Krankheit und mögliche Therapieoptionen zu informieren, als es bisher möglich ist.

Wie soll Ihre rasante Karriere weitergehen? Wäre praktizierender Arzt auch eine Option für Sie?

Bevor ich meine zweite Doktorarbeit angefangen habe, habe ich darüber nachgedacht, Kinderarzt zu werden. Doch der Drang des Verstehenwollens blieb zu groß. Mittlerweile weiß ich, dass ich mich an einer Hochschule am wohlsten fühle, wo ich nicht nur forschen, sondern auch erklären und Wissen weitergeben kann.

te. Pilarsky hat bei Tumorproben von über 60 Patienten sämtliche Gene im Erbgut daraufhin untersucht, wie aktiv sie zum Zeitpunkt der Probenentnahme waren. Dabei helfen sogenannte Mikroarray-Chips. Auf der Größe eines Daumennagels kann so ein Chip mit 1,3 Millionen Sensoren die Aktivität des Tumorgenoms bestimmen. Daraus errechnet Winter einen Aktivitätswert für jedes der 22.000 menschlichen Gene. Was sich für den Mediziner schon nach greifbaren Ergebnissen anhört, weil er mit einem Schlag alle Gene im Patiententumor betrachten kann, ist für den Bioinformatiker eine gewaltige Herausforderung. Je mehr Messwerte vorliegen, desto häufiger führen zufällige Muster in den Daten zu Fehlschlüssen. Ziel ist das Auffinden der wichtigen, der relevanten Muster.

„Damit dies gelingt, muss man Korrelation und Kausalität unterscheiden. Korrelation beschreibt nur das beobachtete Zusammentreffen zweier Ereignisse. Zum Beispiel gibt es Orte in Deutschland, in denen die Zahl der Störche mit der Geburtenzahl korreliert. Ein typischer kausaler Fehlschluss wäre hier, den Storch als Überbringer der Babys zu sehen“, erklärt Michael Schroeder, Winters Doktorvater. Auch mit den Genen verhält es sich so. Es gibt viele Gene, die zufällig in gerade den Patienten aktiv sind, die auch lange überleben. Sie korrelieren zwar mit der Überlebenschance, sind aber nicht der Grund dafür.

Diese Gene wären daher in zukünftigen Tumorgewebeproben nicht aussagekräftig für die Überlebensdauer des Patienten. Ein Profil mit solchen Genen wäre wertlos. Wie findet man nun die relevanten Gene? „Mir

wurde irgendwann klar, dass die vorliegenden Daten alleine keinen sicheren Schluss auf ein eindeutiges Genprofil zuließen. Wir mussten noch weiteres Wissen einbringen. Da kam mir die Netzwerk-Idee“, berichtet Winter. „Gene arbeiten selten allein. Es gibt Gene, sogenannte Transkriptionsfaktoren, die die Aktivität anderer Gene kontrollieren. Diese Kontrollbeziehungen kann man in einem Netzwerk abbilden. Wenn ein Gen wirklich relevant fürs Überleben ist, dann sollten es auch seine Nachbarn im Netzwerk sein. Ist dies nicht der Fall, so verliert das Gen an Bedeutung.“ Eine spannende Herausforderung für den Informatiker: Wie verknüpft man Genaktivität und Netzwerk?

GEN-RANKING DANK GOOGLE

Zunächst entwickelte Winter dazu einen eigenen Algorithmus. Schnell aber wurde klar, dass ein ähnlicher Algorithmus bereits existiert: Er wurde von Google „PageRank“ getauft, es gibt ihn aber in vergleichbarer Form schon viel länger. Google benutzt ihn, um herauszufinden, welche Webseiten wichtig sind und bei einer Suche ganz oben erscheinen sollten. Die Idee dahinter ist folgende: Eine Seite ist dann wichtig, wenn viele andere Seiten über Hyperlinks auf sie verweisen. Je wichtiger diese verweisenden Seiten sind, desto wichtiger ist wiederum die Seite, auf die verwiesen wird. Es ist wie im richtigen Leben: Man steigt im Ansehen, wenn man sich mit wichtigen Leuten umgibt.

Genau das lässt sich auf Gene und ihre Kontroll-Verbindungen übertragen. Ein Gen ist umso relevanter, je mehr Gene mit ihm verbunden sind. Kontrolliert ein Gen viele

Winter bringt Licht ins Dunkel: Sein Netzwerk zeigt die Beziehungen zwischen wichtigen Markern und anderen Genen in einem Tumor.





Für seine Berechnungen nutzte der Informatiker den Supercomputer der TU Dresden. Der war wochenlang mit Winters Daten beschäftigt.

Gene, die mit der Überlebensdauer des Patienten korrelieren, steigt seine Relevanz für die Überlebensvorhersage. So gelang es, die für das Überleben relevanten Muster unter den vielen zufälligen ausfindig zu machen. Winter musste den Google-Algorithmus erst noch anpassen und verfeinern. Schließlich konnte er ihn auf die gesammelten Patientenproben anwenden. Viele Testläufe mit verschiedenen Netzwerken machten die Berechnung zeitaufwendig. Über Wochen hat Winter damit den Hochleistungsrechner der TU Dresden beschäftigt.

VERBESSERUNG DER THERAPIE

Der Superrechner, eine der neuesten Errungenschaften der Universität, schafft an einem Tag, wofür ein einzelner Computer zwei bis drei Jahre bräuchte. Das Ergebnis war ein Profil aus acht Genen, die als neue prognostische Marker zur Verbesserung der Therapie beim Bauchspeicheldrüsenkrebs dienen können. Ein Pathologe kann diese Marker durch Anfärbung im Tumorgewebe in der Klinik einfach bestimmen. Winter hat seine Projektpartner davon überzeugen können, die acht Marker an

500 Patientenproben aus ganz Deutschland testen zu lassen. Unter den Markern findet sich auch BRCA1, das vor einigen Jahren Furore machte, da es eine wichtige Rolle beim Brustkrebs spielt.

Natürlich beeinflussen viele Faktoren die Prognose eines Krebspatienten: dessen Allgemeinzustand, Vorerkrankungen, ob sich der Krebs schon in den Lymphknoten ausgebreitet hat und ob Tochtergeschwülste in anderen Organen vorliegen. Der Arzt hat diese Informationen. Das Marker-Profil bietet ihm eine zusätzliche Entscheidungshilfe für die Therapiegestaltung. Die korrekte Vorhersage der Überlebensdauer gelingt bisher bei 70 Prozent der Patienten. „Das ist relativ gut: Ein kommerziell erhältlicher Test für die Prognose beim Brustkrebs mit 70 Genen kommt auf eine ähnliche Genauigkeit“, sagt Winter. „Der große Vorteil bei unserem Test ist, dass wir statt 70 nur 8 Gene benötigen. Das macht die Anwendung in der Praxis einfacher und kostengünstiger.“ Die Universität Dresden hat zusammen mit den Beteiligten des Projekts die Marker-Kombination bereits zum Patent angemeldet.

Jährlich sterben 100000 Menschen in der Welt an Bauchspeicheldrüsenkrebs. Darunter sind bekannte Personen wie Luciano Pavarotti und Patrick Swayze. Winter und seine Kollegen arbeiten derzeit daran, die Genauigkeit der Vorhersage weiter zu verbessern. Wenn dies gelingt, könnte der Test eines Tages Patienten wie Günther B. zugutekommen. In seinem Fall hätte das Genprofil angezeigt, dass sein Tumor wahrscheinlich nicht auf die Standard-Chemotherapie ansprechen wird. Eine andere Therapie wäre daher sinnvoller gewesen.

Für Winter ist die Dresdner Umgebung ein Glücksfall. Interdisziplinarität wird hier großgeschrieben. Uniklinikum, Institute für Krebs- und Stammzellforschung, zellbiologisches Max-Planck-Institut, Superrechner – alles auf engstem Raum. Dresden als Forschungsstandort für die Biomedizin boomt. Die Dresdner wollen ihr „Gen-Google“ bald auf weitere Krebsarten anwenden. In Zukunft könnten so neue Marker-Profile auch für Brust- oder Darmkrebs gefunden werden. Christof Winter ist optimistisch: „Erste Pilotversuche deuten bereits darauf hin, dass dies klappen könnte.“ ■

ATOME AUF DEM BASAR

Wenn ein Metall in Kontakt mit Luft gerät, oxidiert es spontan, und seine Oberfläche wird von einer Oxidschicht bedeckt. Die Dynamik dieses Vorgangs ist ein frenetisches Treiben von Atomen, die zusammentreffen, miteinander verhandeln, aber auch kollaborieren. Ein Einblick in das Geschehen kann erstaunliche Erkenntnisse mit sich bringen.

von Janina Zimmermann

WENN MAN SICH VORSTELLT, die Hand auf eine kühle, glatte Türklinke zu legen oder eine spiegelnde, dünne Alufolie abzutrennen, denkt man meistens, man fasse ein Metall an – Eisen, Aluminium oder vielleicht Chrom. Wie sehr wir uns dabei doch täuschen. Keines dieser Metalle können wir in seiner reinen Form sehen oder anfassen. Denn kaum tritt ein Metall in Kontakt mit Luft oder Wasser, was schwer zu vermeiden ist, bildet sich innerhalb weniger Picosekunden (10^{-12} Sekunden) eine nanometerdünne Oxidschicht auf der Metalloberfläche. Die Oxidation (vom griechischen „oxys“, sauer) läuft nämlich spontan in Anwesenheit von Sauerstoff ab. Es gibt nur eine Ausnahme: Gold – das einzige Metall, das nicht oxidiert und sich in reiner Schönheit zeigt, was es auch zu Recht zu einem der edelsten und teuersten Metalle macht. Alle anderen Metalle zeigen sich nur bedeckt mit einer äußeren Schutzschicht, etwa so, als ob sie Kleidung anhätten. Je nach Metall kann die Oxidation nach einer Weile anhalten, man spricht dann von Passivierung, oder ungehindert weiter verlaufen und zu dem ungeliebten Phänomen der Rostbildung, also zur Korrosion, führen.

Da die Oxidschicht als einziger Vermittler zwischen dem Metall und der äußeren Umgebung agiert, ist es einerseits sehr wichtig, zu wissen, woraus die dünnen Oxidschichten überhaupt bestehen, und andererseits eine interessante Frage, wie sie sich in so kurzer Zeit bilden. Denn die Oxidschicht bestimmt nicht nur das Aussehen und die Oberflächenbeschaffenheit, sondern auch das physikali-

sche Verhalten und die Einsetzbarkeit eines Metalls. Und Anwendungen, in denen Metalle eine zentrale Rolle spielen, gibt es genug: von der Nanosensorik und Mikroelektronik über Werkzeuge für den täglichen Gebrauch bis hin zum Fahrzeug- oder Brückenbau.

Besonders interessant und heikel wird es jedoch, wenn metallische Materialien im Inneren des menschlichen Körpers Anwendung finden, etwa als Träger- oder Beschichtungsmaterial für medizinische Implantate wie Hüftprothesen, künstliche Herzklappen oder Stents in der Gefäßchirurgie. Hier stellt sich die Frage: Warum werden gewisse Materialien vom Körper abgestoßen oder lösen Allergien und Entzündungen aus? Dafür ist weitgehend die Oxidschicht verantwortlich, denn sie und nicht das Metall ist in direktem Kontakt mit dem menschlichen Körper und bestimmt somit die Verträglichkeit und Tauglichkeit des Implantats. Um das genauer zu verstehen, muss man stark zur Grenzfläche zwischen Oxid und Körper „reinzoomen“ und sich das Geschehen auf der Nanometerskala anschauen. Da passieren nämlich jede Menge chemische Reaktionen. Proteine aus dem Körper haften an der Oberfläche, oder Ionen aus dem Oxid lösen sich und geraten in den Körper. Der Schlüssel zum besseren Verständnis liegt also in der kleinen Nanowelt der Atome und in ihrem gegenseitigen Zusammentreffen.

Aber wie beobachtet man dieses Geschehen? Experimentalphysiker haben erstaunliche Techniken entwickelt, mit denen man

einzelne Atome „fotografieren“ oder gar verschieben kann. Interessant wäre es jedoch, einen Film zu erzeugen, in dem man chemische Reaktionen live beobachten könnte. Da dieses experimentell schwer realisierbar ist, muss man eine andere Methode nutzen, um sich an die Nanowelt heranzutasten: Das Zusammenspiel der Atome kann man mit der Hilfe einzig und allein eines Rechners aus den grundlegenden Gesetzen der Quantenmechanik berechnen. „Ab initio“ nennt man das, also „von Anfang an“, direkt aus den Basisgesetzen der Natur abgeleitet und ohne

DR. JANINA ZIMMERMANN

1981 geboren in Herdecke

2000 Abitur in Triest (Italien)

ab 2000 Grundstudium der Physik an der Universität Stuttgart

ab 2002 Hauptstudium an der Universität Regensburg

2006 Diplom in Physik

2006 bis 2009 Doktorandin am Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik in Freiburg

9.11.2009 Promotion zum Dr.-Ing.

seit 2009 EU-Referentin am Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik in Freiburg und wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Bremen (Dienstort Freiburg)

Infos: www.hmi.uni-bremen.de/Zimmermann/zimmermann_home.html
janina.zimmermann@iwm.fraunhofer.de



Janina Zimmermann hat den Dreh raus: Sie konnte auf atomarer Ebene zeigen, wie das Metall eines Hüftimplantats beschaffen sein muss, damit es im Körper keine Abwehrreaktion auslöst.



Die Physikerin prophezeit der Prothetik eine positive Zukunft: Die künstliche Gelenkpfanne ist mit einer Kobalt-Chrom-Legierung überzogen und lässt sich so gut in den Beckenknochen integrieren.

DAS SCHÖNE AN DER PHYSIK

Janina Zimmermann im bdw-Gespräch

Sie arbeiten interdisziplinär, unter anderem in Chemie und Medizintechnik. Sehen Sie sich trotzdem als Physikerin?

Ja, ich habe Physik studiert und in meiner Arbeit deren Technik und Methodik angewandt. Das Schöne ist, dass Physik die Naturgesetze beschreibt und so als Basis für alle anderen Fächer dient. Sie legt den Grundstein zur Interdisziplinarität.

32 Computer-Prozessoren, die einen Monat rechneten – da mussten Sie lange warten! Sind Sie geduldig?

Eigentlich nicht! Aber in der Wissenschaft sind langfristiges Denken, Ergebnisse, die auf sich warten lassen und Erfolge erst nach einer langen Anlaufzeit die Regel.

Hatte Ihre Schulbildung in Italien Auswirkungen auf Ihre Studienwahl?

Triest hat eine große Tradition im Bereich Physik. Ich erhielt dort eine exzellente Ausbildung, war motiviert und optimal auf das Studium vorbereitet.

Medizintechnische Anwendungen – bleibt das weiterhin Ihr Bereich?

In Zukunft möchte ich mich mehr mit Wissenschaftskommunikation und -management beschäftigen. Wo Personen aus unterschiedlichen Fachrichtungen aufeinandertreffen, ist verständlicher Austausch gefragt.

andere Hilfsmittel zu benötigen. Man kann so mit verblüffender Genauigkeit die physikalischen Eigenschaften von Festkörpern oder Molekülen berechnen und chemische Reaktionen simulieren und als Film auf dem Bildschirm wiedergeben. Aber der Natur so in die Karten zu schauen, hat seinen Preis. Um eine einzige chemische Reaktion zu simulieren, die in der Natur in einigen Picosekunden stattfindet, braucht man 32 Computerprozessoren, die Tag und Nacht für etwa vier Wochen gleichzeitig rechnen!

DAS AGGRESSIVE MILIEU DES MENSCHEN

In meiner Arbeit habe ich mittels vieler solcher Nanowelt-Filme die Oxidation von metallischen Implantatmaterialien schrittweise und realitätstreu verfolgen können. Oft werden Implantate aus Legierungen hergestellt, das heißt aus Materialien, die aus dem Zusammenfügen von unterschiedlichen reinen Metallen zu einem Mischkristall entstehen, mit dem Ziel, die Werkstoffeigenschaften zu verbessern. Eine typische Hüftprothese aus einer Kobalt-Chrom-Legierung besteht zum Beispiel aus zwei Dritteln Kobalt, dem ein Drittel Chrom beigemischt wurde. In Kontakt mit Luft bildet sich eine passive Chromoxidschicht, mit der das Material optimal für das chemisch aggressive Milieu des menschlichen Körpers gewappnet ist.

Aber wenn Chrom diese bemerkenswerte Eigenschaft hat, warum wird es dann nicht alleine als Implantatmaterial verwendet? Was passiert überhaupt, wenn Sauerstoff-

moleküle auf eine Metalloberfläche treffen? Auf solch einer Oberfläche herrscht ein wirres Treiben und Gewusel, das fast an das Geschehen auf einem orientalischen Basar erinnert. Atome, Moleküle, Ionen nähern sich einander, interagieren, bleiben stehen, neue kommen hinzu, andere gehen – und dieses unaufhaltsam. Das kleine Sauerstoff-Molekül O_2 zum Beispiel ist für die Chrom-Oberfläche sehr verhängnisvoll, da es nichts mehr anstrebt, als sich dem Metall zu nähern und den Chrom-Atomen ihre Elektronen zu klauen. Und das gelingt ihm auch, denn Sauerstoff hat die natürliche Tendenz, Elektronen einzufangen. Diese fließen spontan vom Metall zum Sauerstoff, ebenso wie auf einem Basar das Geld vom Kunden zum Händler fließt. In der atomaren Welt sind eben Elektronen die Währung.

Aber wie so oft, wenn etwas wie Geld im Spiel ist und verteilt wird, wird man sich nicht leicht einig, und es kommt zum Streit. Auch die beiden Sauerstoff-Atome des O_2 -Moleküls mögen mit ihrem ergaterten Elektronen-Reichtum nicht länger zusammenbleiben, und das Molekül splittet. Die getrennten Sauerstoff-Atome mögen aber genauso wenig alleine bleiben und binden fest an die Chrom-Atome der Oberfläche an. Der beschriebene Prozess stellt nichts anderes als die spontane Oxidationsreaktion dar. Aber dabei bleibt es nicht, denn in der Luft gibt es schließlich unendlich viele solcher O_2 -Moleküle, die sich auf die Oberfläche drängen und Elektronen haben möchten. Deshalb zwingen

sie die Chrom-Atome, aus der Oberfläche auszutreten, um so ins Innere des Materials zu gelangen, wo sich noch viele weitere elektronenreiche Chrom-Atome verstecken. Die Tatsache, was ein ausgeraubtes Chrom-Atom am Anfang der Oxidbildung macht, war völlig unerwartet und in gewissem Maße auch erschreckend. Es umgibt sich mit genau vier Sauerstoff-Atomen, an die es all seine sechs Valenzelektronen ausschüttet, man kann sagen, es wird sein ganzes Kleingeld los.

Was übrig bleibt, ist ein völlig nacktes Chrom-Atom, das sich genau in der Struktur des hochgiftigen Chromat-Ions CrO_4^{2-} angeordnet hat. Es ist so zu einem hochoxidierten, hexavalenten Chrom(VI)-Ion geworden, was nur allzu bekannt für seine allergieerregende und im Extremfall auch krebserzeugende Wirkung ist. Eine verheerende Eigenschaft für ein vermeintliches Biomaterial! In der Tat findet reines Chrom keine Anwendung in medizinischen Implantaten.

Was passiert jedoch, wenn man Chrom nur als Nebenkomponente zu einem anderen Metall, wie Eisen oder Kobalt, dazugibt? Oxidiert es immer noch in dem Maße, wie wenn es alleine ist? Das Treiben auf dem atomaren Basar habe ich demnach auch für eine Kobalt-Chrom-Legierungsoberfläche mittels Nano-Filmen simuliert. Was ich beobachten konnte, war faszinierend. Es zeigte sich, dass Sauerstoff zwar am liebsten Chrom-Atome angreift und ihrer Elektronen beraubt – man nennt das selektive Oxidation –, jedoch treten Kobalt- und nicht Chrom-Atome als erstes bereitwillig aus der Oberfläche hinaus. Das sich bildende Kobalt-Netzwerk steuert gleichzeitig den gezielten Angriff von Sauerstoff auf Chrom, man kann sagen, es bereitet den Weg vor, damit danach alles schneller geht. Ich konnte somit entdecken, dass Kobalt nicht nur hilft, die hochgiftige Phase des Chrom(VI)-Ions zügig zu überwinden, sondern auch die Bildung einer schüt-

zenden Chromoxidschicht aus ungiftigen Chrom(III)-Ionen fördert. Dieses Oxid bleibt stabil und verhindert, dass die gesamte Legierung weiter oxidiert und so wie Eisen rostet.

VORHERSAGEN FÜR NEUE MATERIALIEN

Das Kino auf kleinen Skalen hat es ermöglicht, das wunderbare Zusammenspiel zweier Metalle mit Sauerstoff zu beobachten, bei dem sich ein gegenüber den reinen Metallen wesentlich verbessertes Material ergibt. Noch nie zuvor hat man das Schritt für Schritt verfolgen können. Ich konnte ermitteln, welche Art von Metall-Ionen sich im Oxid aufhalten und folglich eine potenzielle Gefahr für den menschlichen Körper darstellen. Die Kobalt-Chrom-Legierung hat zwar bereits ein breites Anwendungsspektrum, aber dieses Beispiel zeigt dennoch, dass es prinzipiell möglich ist, Vorhersagen für neue Biomaterialien zu treffen, noch bevor man sie in den Körper einbaut. ■



Tanz mit den Atomen: Janina Zimmermann hat sich ein grünes Chrom-Atom geschnappt. Das hängt im Modell mit blauen Kobalt-Atomen und roten Sauerstoff-Atomen zusammen.

DR. ADRIAN WERTZ

1977 geboren in Leonberg
(Baden-Württemberg)

1997 Abitur
Zivildienst

1998 bis 2005 Studium der Physik und
Biologie an der Julius-Maximilians-
Universität Würzburg

2005 Diplom in Biologie

2005 bis 2009 Doktorand in
Neurowissenschaften an der Ludwig-
Maximilians-Universität München
und am Max-Planck-Institut für Neuro-
biologie in Martinsried

09.03.2009 Promotion zum Dr. rer. nat.
seit 2009 Wissenschaftlicher Mitarbeiter
am Max-Planck-Institut für Neuro-
biologie in Martinsried

Infos: [www.neuro.mpg.de/english/rd/
scn/research/index.html](http://www.neuro.mpg.de/english/rd/scn/research/index.html)
wertz@neuro.mpg.de



Auge in Auge mit einer bewegungsunfähigen Fliege: Adrian Wertz betäubt seine Studienobjekte, die *Calliphorae vicina*, mit CO₂ und kühlt sie. Dadurch halten sie für eine kurze Zeit still.

WIE DIE FLIEGEN KURVEN MEISTERN

Jeder, der schon einmal eine Fliege beobachtet hat, kennt die rasanten und artistischen Flugmanöver dieser kleinen Piloten. Ihr stecknadelkopfgroßes Gehirn wertet dazu in Bruchteilen von Sekunden die visuellen Reize aus der Umwelt aus. Was filtert eine einzelne Nervenzelle aus dieser Flut an Informationen heraus, und wie setzt sie das in eine Drehung um die eigene Körperlängsachse um?

von Adrian Wertz

DIE FLIEGE ist ein wahrer Luftakrobat. Blitzschnell erkennt und umkurvt sie Hindernisse. Beim Flug durch engste Kurven nimmt sie eine erhebliche Schräglage ein, um die Zentrifugalbeschleunigung abzufangen. Ihre Umgebung bleibt dabei natürlich unverändert senkrecht. Wie bei einem Motorradfahrer, der in einer Kurve seinen Kopf leicht hebt, um die Schräglage auszugleichen, führt die Fliege eine Rollbewegung, eine Gegenbewegung des Kopfes aus, damit sie trotz ihrer waghalsigen Position den Überblick behält. Das Insekt verlässt sich bei seinen Flugmanövern weitgehend auf seine großen Facettenaugen, die einen fast vollständigen Rundumblick ermöglichen. Die Augen übermitteln fortlaufend Bilder an das stecknadelkopfgroße Gehirn mit seinen etwa 300 000 Nervenzellen. Über die Hälfte dieser Nervenzellen ist damit beschäftigt, die Bilder in Bruchteilen von Sekunden auszuwerten und in Kurssteuer-signale umzusetzen. Für eine Fliege im

Vorwärtsflug zum Beispiel bewegt sich die Umgebung scheinbar nach hinten. Weicht das Tier vor einem Gegenstand nach links aus, schwenkt dieser für das Auge nach rechts. Dreht es sich um seine eigene Körperlängsachse, rotiert die Welt vor seinen Augen. Aus diesen sogenannten optischen Flussfeldern erschließt die Fliege ihre Eigenbewegung im Raum.

Nervenzellen im Gehirn der Fliege, die gezielt Bewegungen des gesamten Gesichtsfeldes erfassen, kennt man schon länger. Diese Zellen besitzen verzweigte Ausläufer, mit denen sie Informationen aus verschiedenen Bereichen des Facettenauges erhalten. Einige der Zellen vergleichen dabei Reize entlang der horizontalen Achse des Sehorgans, während andere die vertikale Achse abtasten. Jede Zelle erhält ihre visuellen Informationen nur aus einem schmalen Streifen des Fliegenauges. Da die Zellen parallel zueinander angeord-

Fotos: A. Griesch für bdw



NÜTZLICH FÜR FLUGROBOTER

Adrian Wertz im bdw-Gespräch

Woher haben Sie Ihre Versuchsfiegen?

In unserem Labor betreiben wir eine eigene Zucht von Fliegen. Meine Versuche habe ich an der Schmeißfliege *Calliphora vicina* durchgeführt, da sie einfach zu züchten und zudem größer ist als das klassische Versuchstier der Biologie, die Fruchtfliege *Drosophila*. Elektrophysiologische Methoden sind somit einfacher anzuwenden.

Haben Ihre Erkenntnisse einen technischen Nutzen?

Ja, sie helfen bei der Entwicklung autonomer Flugroboter. Mobile Flugroboter, die etwa bei einem Hochhausbrand Fotos aus den oberen Etagen liefern sollen, müssen selbstständig Hindernissen ausweichen oder sich bei Windböen ausbalancieren. In unserem Projekt „RoboFly“ versuchen wir, die Ergebnisse auf die Kurssteuerung eines kleinen Helikopters zu übertragen.

Sind Sie für schnelle Flugmanöver oder eine rasante Motorradfahrt zu haben?

Durchaus. Ich hatte früher ein Motorrad und habe damit viele Touren unternommen. Seit der Geburt meiner Kinder gab es weniger Gelegenheit dazu, aber das wird sich sicher wieder ändern.

Im Schatten der Monsterfliege: Das Graffiti-Bild schmückt einen Flur in der Abteilung für neuronale Informationsverarbeitung am Max-Planck-Institut für Neurobiologie in Martinsried.

net sind, decken die Streifen das gesamte Sehfeld der Fliege ab. Doch wie wird die Fülle an Seh-Eindrücken einer scheinbar rotierenden Welt verarbeitet und in die Gegenbewegung des Kopfes während eines Kurvenflugs umgesetzt? Dies habe ich in meiner Dissertation am Max-Planck-Institut für Neurobiologie in Martinsried bei München untersucht.

KABELGEWIRR IM BAUCHMARK

Das Nervensystem der Fliege ist in zwei Gehirnzentren unterteilt, die über das Bauchmark miteinander verbunden sind. Das „sensorische Gehirn“ im Kopf verarbeitet die Sinneswahrnehmung, während das „motorische Gehirn“ in der Brust Signale über Nervenzellen zu den Muskeln sendet und somit für die Bewegungen zuständig ist. Jeder Informationsaustausch zwischen diesen beiden Gehirnen findet im Bauchmark statt. Mein erstes Ziel war es, Nervenzellen im Bauchmark zu finden, die erregt werden, wenn die Umwelt der Fliege sich bewegt, und die an der Rollbewegung des Kopfes beteiligt sind. Wird eine Zelle erregt, verändert sich ihr elektrisches Potenzial. Diese Potenzialänderung kann mit haarfeinen Glaselektroden gemessen werden. Sie ist umso größer, je stärker die Zelle aktiviert wird. Um in dem „Kabelgewirr“ von circa 8000 Nervenzellen, die durch das Bauchmark laufen, eine Zelle wiederzufinden, habe ich sie durch die Glaselektroden mit einem fluoreszierenden Farbstoff gefüllt. Unter einem Fluoreszenzmikroskop war es dann möglich, die Zelle eindeutig zu identifizieren.

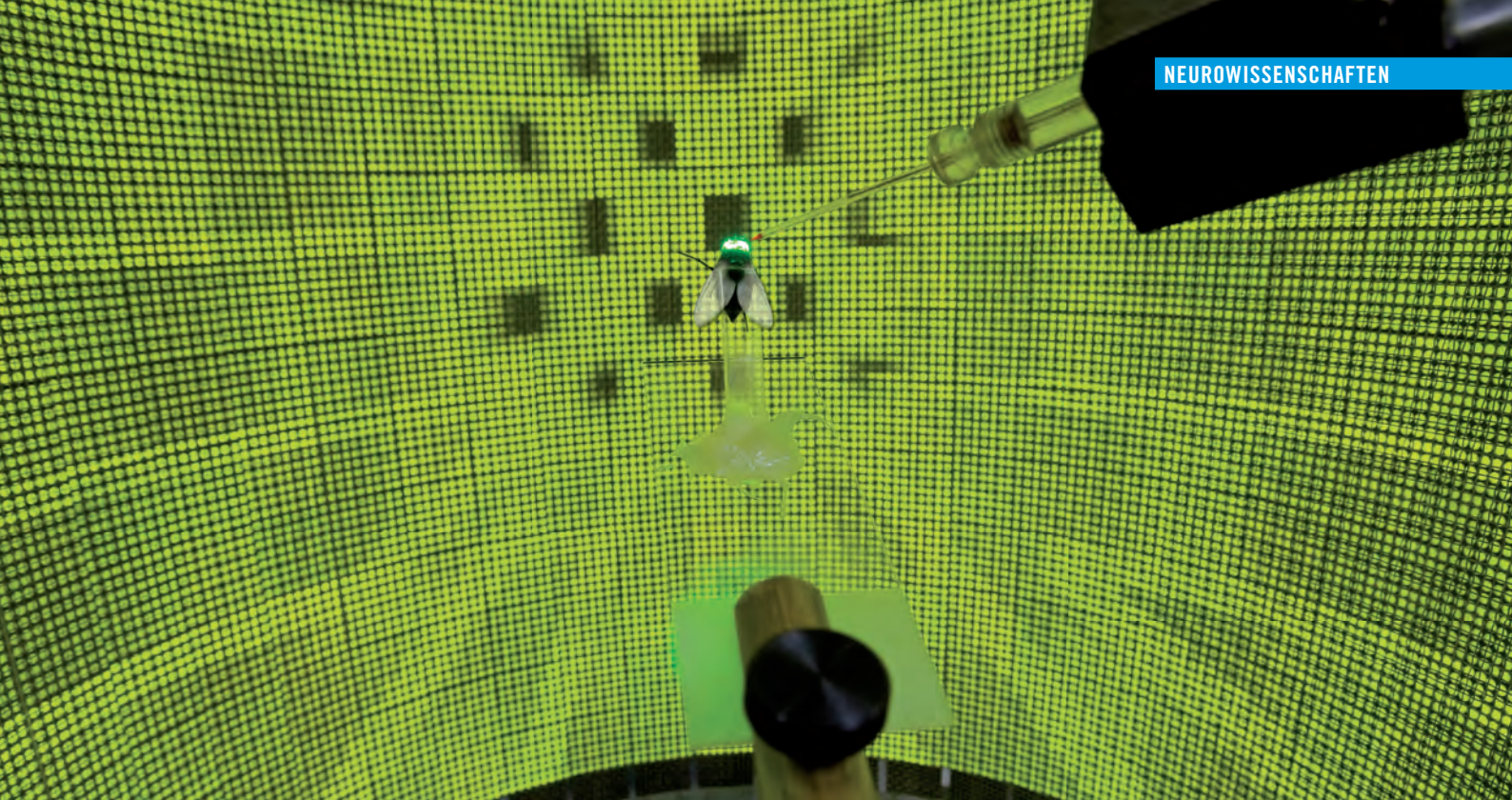
Um die Antwort von Nervenzellen auf verschiedene visuelle Reize zu studieren, hat mir Johannes Plett, unser Ingenieur, ein Panoramakino für Fliegen aufgebaut. Bestückt mit 30720 LEDs umfasst das zylinderförmige Kino circa 100 mal 240 Grad des Sehfeldes einer Fliege. „Das ist praktisch ein Fliegen-IMAX“, so Plett, „mit einer Bildrate von über 660 Bildern pro Sekunde.“ Die hohe Bildrate ist notwendig, da die Fliege optische Eindrücke sehr viel schnell

er verarbeiten kann als wir Menschen. Für sie ergibt erst ein Bildfluss ab 150 Bildern pro Sekunde einen Film. Zum Vergleich: In einem normalen Fernsehfilm werden 24 Bilder pro Sekunde gezeigt. Das genügt uns Menschen, um die Einzelbilder nicht mehr als solche wahrzunehmen.

Für meine Untersuchungen fixierte ich die Fliegen in dem Panoramakino und spielte ihnen mithilfe der LEDs sich bewegende Muster vor. Für die Tiere ergibt sich durch die Bewegung des Musters der Eindruck, als würden sie sich selbst bewegen. Wird das Muster beispielsweise vor der Fliege größer und bewegt sich rechts und links an ihr vorbei, so ist das für sie, als ob sie nach vorne flöge. In Computerspielen, in denen Autorennen simuliert werden, wird ähnlich vorgegangen: Durch die „Bewegung“ der Landschaft hat man den Eindruck, das Auto bewege sich nach vorne. Das Panoramakino ermöglichte es mir also, Eigenbewegungen der Fliege zu simulieren und gleichzeitig die Reaktion einer Nervenzelle zu untersuchen. So konnte ich zunächst herausfinden, dass eine bestimmte Nervenzelle im Bauchmark am stärksten auf Drehbewegungen um die Körperlängsachse reagiert. Diese Zelle besitzt einen Y-förmigen Ausläufer im Gehirn und verläuft durch das Bauchmark zum „motorischen“ Gehirn.

HIRN UNTER STROM

Um das „Tuning“ dieser Zelle im Detail zu verstehen, untersuchte ich dann, von welchen anderen Zellen und wie sie Signale empfängt. Sind Nervenzellen miteinander verbunden, so erregt man mit einer Zelle auch die nachgeschaltete Zelle. Ich injizierte also mit einer Elektrode in einer vorgeschalteten Zelle im Gehirn Strom, während ich mit einer anderen Elektrode die Antwort in der Y-förmigen Zelle aufnahm. So fand ich heraus, dass die Y-förmige Zelle im Gehirn mit mehreren Nervenzellen verbunden ist, die bei Drehung um die Körperlängsachse auf die Abwärtsbewegung vor dem gleichseitigen Auge am stärksten reagieren. Das Besondere hierbei war, dass die Signalübertragung zur Y-Zelle elektrisch erfolgt. Denn normalerweise wird das Signal einer Nervenzelle mit einem chemischen Botenstoff an die nachgeschaltete Nervenzelle übertragen. Die bewegungssensitiven Nervenzellen der Fliege sind dagegen teilweise



Im Fliegen-IMAX: Die vorbeirauschenden Bilder im 3D-Kino vermitteln der Fliege den Eindruck, dass sie sich vorwärtsbewegt. Mit einer haarfeinen Glaselektrode kann Adrian Wertz dabei die Reaktion einzelner Nervenzellen messen.

elektrisch miteinander gekoppelt und können so Informationen direkt und schnell austauschen, ohne den etwas länger dauernden Umweg über einen chemischen Zwischenträger. Bei einer elektrischen Kopplung können kleine, in eine Zelle injizierte Farbstoffmoleküle auch die verschaltete Zelle färben. Außerdem ist nur bei elektrischer Kopplung eine Signalumkehr von der nachgeschalteten zur vorgeschal-

In der Zuchtstation sorgen die Schmeißfliegen für reichlich Nachwuchs. Diese Exemplare sind frisch geschlüpft.



teten Zelle möglich. Für die Y-Zelle und die vorgeschalteten Nervenzellen trafen beide Kriterien zu. Die elektrische Kopplung kann aber nicht das „Tuning“ der Zelle auf eine Drehung um die Körperlängsachse erklären. Denn eine Abwärtsbewegung vor dem gleichseitigen Auge kann im Flug auf zweierlei Weise entstehen: wenn die Fliege senkrecht nach oben steigt oder wenn sie sich entlang der Körperlängsachse dreht. Zwischen diesen Möglichkeiten kann die Zelle nur unterscheiden, indem sie Informationen aus dem gegenüberliegenden Auge hinzuzieht. Reizt man nur das gegenüberliegende Auge, reagiert die Y-förmige Zelle nicht. Wenn jedoch eine Aufwärtsbewegung vor dem gegenüberliegenden und eine Abwärtsbewegung vor dem gleichseitigen Auge zusammenkommen, spricht sie maximal an.

Wie kommt es dazu? Ich fand heraus, dass die Bewegungsinformation vom gegenüberliegenden Auge auf die Y-förmige Zelle nicht elektrisch, sondern chemisch übertragen wird. Das dadurch ausgelöste Signal ist nicht stark genug, um eine Antwort in der Zelle auszulösen. Wird die Zelle dagegen schon durch die elektrische Kopplung mit vertikal sensitiven Zellen erregt, wirkt der chemische Botenstoff als Verstärker und

löst eine Antwort in der absteigenden Zelle aus. Die messbare Antwort auf beide Reize ist dabei stärker als die Summe der Antworten auf die Einzelreize. Die Nervenzelle verhält sich also nichtlinear. Durch diesen relativ einfachen Mechanismus wird die Zelle sensitiv für die Drehbewegung um die Körperlängsachse.

In der Brust ist diese Zelle wiederum elektrisch mit einer motorischen Nervenzelle verbunden, die einen Nackenmuskel anspricht. Kontrahiert dieser Muskel, dreht sich der Kopf der Fliege. Durch die elektrische Kopplung, sowohl im Gehirn als auch in der Brust, ist eine schnelle und ungehinderte Signalübertragung gewährleistet. Damit kann die Fliege in Bruchteilen von Sekunden die Kurvenlage mit einem Rollen des Kopfes ausgleichen. Mit meiner Arbeit konnte ich also zeigen, welche neurobiologischen Mechanismen dazu beitragen, dass die Fliege auch beim waghalsigen Schrägflug durch eine Rollbewegung des Kopfes den Überblick über ihre Umgebung behält und in welchen Zellen ihres Gehirns die entsprechende Steuerung erfolgt. Ob es ausschließlich diese Mechanismen sind, ist damit aber noch nicht entschieden. Schließlich hat die Fliege noch ein paar mehr Nervenzellen zur Verfügung. ■



DR. THOMAS BÖTTCHER

1982 geboren in München

2002 Abitur

Zivildienst

2003 bis 2006 Studium der Chemie und Biochemie an der Ludwig-Maximilians-Universität München

2006 Bachelor of Science in Chemie

2005 bis 2009 Mehrere Stipendien und Kurse in Astrobiologie

2006 bis 2009 Doktorand an der Ludwig-Maximilians-Universität München

21.12.2009 Promotion zum Dr. rer. nat.

bis Mai 2010 Postdoc an der

Technischen Universität München

seit Juni 2010 Leiter des Forschungstransfer-Projekts AVIRU in München

Infos: edoc.ub.uni-muenchen.de/11018/1/Boettcher_Thomas.pdf

thomas.boettcher@cup.uni-muenchen.de

Thomas Böttcher kämpft im Labor mit der „chemischen Keule“ gegen resistente Keime, die tödliche Infektionen hervorrufen können.

NOCH VOR EINIGEN Jahrzehnten schien der Kampf gegen Infektionskrankheiten fast gewonnen. Mit der Entdeckung des Penicillins durch Alexander Fleming 1928 begann der Siegeszug des Menschen gegen die Keime, und immer neue Antibiotika wurden entwickelt. Aus ehemals riskanten Operationen und lebensbedrohlichen Erkrankungen wurden Routinebehandlungen, und die Lebenserwartung der Menschen stieg an. Doch der Glanz der

einstigen Wunderwaffen beginnt zu verblassen. Jährlich sterben nun wieder mehr und mehr Menschen an einfachen Infektionen, trotz rechtzeitiger Behandlung. „Je mehr Antibiotika wir benutzen, desto mehr verlieren wir sie“, erklärt Professor Harald Seifert vom Institut für Medizinische Mikrobiologie, Immunologie und Hygiene in Köln. Das Problem liegt in ihrer Wirkungsweise: Sie töten die Bakterien ab. Da es für die Bakterien um ihr Überleben geht, ist

der Druck auf sie groß, sich anzupassen. Einzelne resistent gewordene Erreger können sich nach einer Behandlung im Körper rasch ausbreiten, denn auch die natürliche Körperflora des Menschen wurde durch die Antibiotika zerstört.

Die Angriffsziele, gegen die sich die bekannten Antibiotika in den Bakterienzellen richten, sind limitiert, und so werden heute kaum noch neue Stoffe auf den Markt ge-

SCHACHMATT FÜR KRANKHEITSERREGER

Aggressive bakterielle Krankheitserreger befinden sich derzeit auf dem Vormarsch und widersetzen sich immer häufiger der Behandlung durch die bestehenden Antibiotika – ein Wettlauf mit der Zeit hat begonnen. Die neue Perspektive: ein Stoff, der anders als Antibiotika die Bakterien nicht abtötet, sondern ihre Angriffswaffen lahmlegt. Dies verringert das Risiko der Entwicklung gefürchteter Resistenzen und setzt das Immunsystem wieder ans Steuer.

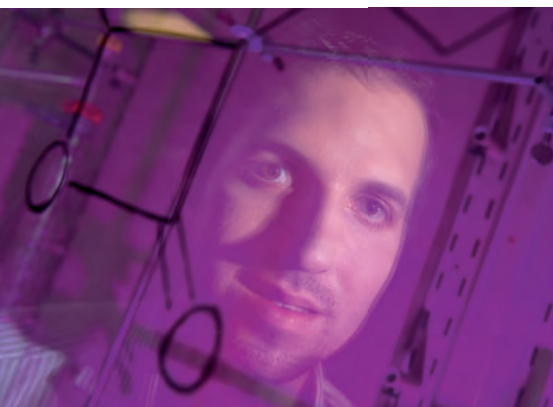
von Thomas Böttcher

bracht. Die Keime hingegen holen unaufhaltsam auf. Mittlerweile gibt es Stämme, gegen die fast alle Wirkstoffe versagen. Infektionen mit solchen Erregern sind fatal und kaum noch zu behandeln. Besonders in Krankenhäusern breiten sich die resistenten Keime rasant aus, doch gibt es auch schon Fälle der Übertragung gefährlicher Erreger zwischen gesunden Menschen auf der Straße. Infolgedessen steigt die Rate schwerer bis tödlicher Infektionen derzeit

exponentiell an. Die Suche nach neuen Wirkstoffen und Angriffsziele im Kampf gegen krankheitserregende Bakterien ist daher der zentrale Ansatzpunkt meiner Forschung.

Eine der größten Gruppen von Antibiotika sind die Beta-Lactame. Das bekannteste von ihnen ist das Penicillin. Während diese Verbindungen seit Fleming im Rampenlicht stehen, fristen ihre Verwandten, die

Beta-Lactone, ein Schattendasein. Um das Potenzial der Beta-Lactone für einen möglichen Einsatz gegen krankheitserregende Bakterien zu untersuchen, entwickelte ich eine kleine Bibliothek von unterschiedlichen Beta-Lacton-Verbindungen. Durch ein neues Verfahren, welches ich erstmals auf Bakterien anwandte, konnte ich nach Angriffsziele der Beta-Lactone in den Bakterien suchen. Als Angriffsziele kommen Proteine infrage, die in der Zelle als Bioka-



Auf den Spuren von Alexander Fleming: Böttcher ist dabei, ein neues Medikament mit antibiotischer Wirkung zu entwickeln.

talysatoren ganz bestimmte Stoffwechselfvorgänge beschleunigen – solche Proteine nennt man auch Enzyme. Sie erkennen die Substratmoleküle, deren Reaktionen sie beschleunigen sollen, und wandeln diese in ihrem aktiven Zentrum um. Je nach Strukturvariation der Beta-Lactone sollten bestimmte Enzyme diese irrtümlich für ihre natürlichen Substrate halten. Statt sie jedoch wie gewohnt umzuwandeln und wieder freizusetzen, würden sich die Enzyme an ihnen die Zähne ausbeißen – so die Hypothese. Denn das aktive Zentrum der Enzyme sollte sich fest mit den reaktiven Beta-Lactonen verbinden und somit keine Reaktionen mehr katalysieren können. Nach genau diesem Mechanismus schalten auch Antibiotika jene Enzyme aus, die für ein Bakterium überlebenswichtig sind.

EIN VOLLTREFFER!

Nun galt es herauszufinden, ob sich die Beta-Lactone wirklich mit Enzymen verbinden können und welche genau von den Abertausenden verschiedenen Proteinen einer Bakterienzelle durch sie ausgeschaltet werden. Meine Strategie bestand darin, die proteingebundenen Beta-Lactone mit einem Fluoreszenzfarbstoff zu markieren und die vielen verschiedenen Proteine ihrer Größe nach aufzutrennen. Bei einer Anregung mit grünem Licht wurden darauf einige fluoreszierende Banden erhalten. Jede einzelne Bande entsprach dabei einem Enzym, das fest mit einem Beta-Lacton und dem daran angehängten Farbstoff verbunden war. Das Ergebnis war ein Volltreffer, es wurden Proteine durch die Beta-Lactone markiert! Für jede Bakterienart erhielt ich

dabei nur eine Handvoll markierter Proteine, was bedeutet, dass die Beta-Lactone sehr selektiv mit nur einigen ausgewählten Enzymen aus der Gesamtheit aller Proteine der Zelle reagieren. Je nach Struktur der Beta-Lactone wurden verschiedene Proteine markiert. Besser hätte es nicht kommen können, denn was benötigt wird, sind Stoffe, die möglichst selektiv nur ein einziges Ziel in der Zelle ansteuern.

Doch befanden sich überhaupt interessante Proteine unter den markierten Zielen? Um dies zu beantworten, isolierte ich die fluoreszierenden Banden und identifizierte die Proteine über eine Analyse der Molekülmasse. Auf diese Weise entzifferte ich etwa 20 verschiedene Proteine in den Extrakten von fünf Bakterienspezies. Unter den vielen interessanten Funden stach ein Protein besonders hervor: Es trägt den kurzen Namen ClpP und ist eine Protease, ein Enzym, das andere Proteine spaltet. In den Bakterien funktioniert es wie eine Art Aktenvernichter: Von der Zelle nicht mehr benötigte Proteine werden entfaltet und von ClpP zerstückelt. Unter den Proteinen, die von ClpP abgebaut werden, befinden sich auch solche, die den Angriff von krankheitserregenden Bakterien auf den Menschen steuern.

So auch bei *Staphylococcus aureus*, einem Erreger, der in den letzten Jahren durch seine zunehmende Resistenz gegen Antibioti-

WUNDERWAFFE DER MEDIZIN

Thomas Böttcher im bdw-Gespräch

Sind Sie eher resistent oder wirft Sie jeder Erreger gleich um?

Natürlich resistent. Die Erreger müssen sich in Acht nehmen.

Ist Alexander Fleming Ihr Vorbild?

Ich halte Fleming für einen herausragenden Wissenschaftler. Er fand eine Wunderwaffe der Medizin in einem Haufen vergammelter Kulturen. Ein guter Forscher hat ein Auge für das Ungewöhnliche und nimmt ein überraschendes Ergebnis als Ansporn für weitere Fragen und Experimente.

Steht Ihr Interesse für Raumfahrt in Zusammenhang mit Ihrer Arbeit?

Gewissermaßen schon. Krankheitserreger sind bei reduzierter Schwerkraft aggressiver und stellen daher ein Risiko für die bemannte Raumfahrt dar. Außerdem eignen sich meine biochemischen Methoden zur Untersuchung von extremen Lebensformen auf der Erde. Sie können so für die Frage nach Ursprung und Häufigkeit von Leben im Universum einen Beitrag leisten.

Woran forschen Sie derzeit?

Meine Mitarbeiter und ich versuchen, unsere Erkenntnisse nutzbar zu machen und ein neuartiges Medikament gegen Infektionen auf den Weg zu bringen.



Die Molekülstruktur der vielversprechenden Beta-Lactone, die Böttcher zum Einsatz bringt.

ka und seine Aggressivität immer wieder Schlagzeilen machte. *S. aureus* ist bei etwa einem Drittel aller Menschen ein friedlicher Bewohner von Haut und Schleimhäuten. Der Frieden ist jedoch oftmals trügerisch. Das Bakterium versteckt sich vor dem Immunsystem und wartet auf seine Chance. Ist der menschliche Organismus angeschlagen oder gelangt das Bakterium in eine Wunde, beginnt es, sich zu vermehren. Noch verhält es sich aber ruhig. Es sendet Signalstoffe aus und lauscht. Erst wenn genügend Bakterien antworten, ist garantiert, dass sie gegen den Menschen eine Chance haben. Nun beginnt der koordinierte, gleichzeitige Angriff von Millionen von Bakterien. Und genau hier springt die Protease ClpP ein. Sie baut ein Protein ab, das auf den Genen für die Angriffswaffen von *S. aureus* liegt und normalerweise verhindert, dass diese Gene abgelesen werden. Erst wenn die Blockade der Gene durch das Eingreifen von ClpP aufgehoben ist, kann das Hochrüsten der Bakterien beginnen.

FÜR MENSCHLICHE ZELLEN HARMLOS

Wenn also die Beta-Lactone ClpP ausschalten würden, könnten die Bakterien nicht mehr angreifen, und man hätte einen aussichtsreichen Prototypen für ein neuartiges Medikament. Zunächst hatte ich nur die Markierung in den Extrakten toter Bakterien nachgewiesen. Es galt also zu überprüfen, ob einige der Beta-Lactone die schützende Zellwand und Zellmembran überwinden und an ClpP in den lebenden Zellen binden können. Auch hier wurde wieder der Trick mit der Markierung durch einen Fluoreszenzfarbstoff angewandt. Was sich zeigte, war erstaunlich: Für drei Beta-Lactone aus der Bibliothek von Strukturvarianten wurde jeweils nur eine einzige intensiv fluoreszierende Bande erhalten. Die Analyse machte es eindeutig: Es handelte sich um ClpP. Diese Lactone konnten also in die Zelle eindringen und banden überraschenderweise durch ihre spezielle Struktur unter allen vorhandenen Proteinen nur an ClpP als Hauptziel in der lebenden Zelle – optimale Voraussetzungen für einen Arzneistoff.

Doch wurde somit ClpP auch wirklich ausgeschaltet? Ich überprüfte dies mit isoliertem Enzym – in der Tat, die Protease verstummte und war nicht mehr in der



Böttchers größter Feind: Staphylococcus aureus, kurz *S. aureus*. Wenn er nicht gerade in der Petrischale gedeiht, „bewohnt“ er bei einem Drittel aller Menschen Haut und Schleimhäute. Ist der Mensch geschwächt, greifen die Bakterien an.

Lage, andere Proteine abzubauen. So blieb nur noch die Frage: Lassen sich auf diese Weise die Bakterien entwaffnen? Ich untersuchte verschiedenste Enzyme und Toxine, die von den Bakterien bei einem Angriff auf den Menschen ausgesendet werden und zu verheerenden Folgen wie Blutvergiftungen, Lungenentzündung und toxischem Schock führen können. Das Ergebnis war fantastisch: Alle wichtigen Angriffswaffen wurden zurückgefahren. Doch nicht nur das, auch gegen multiresistente und hoch aggressive klinische Stämme waren die Beta-Lactone erfolgreich! Zugleich waren die Beta-Lactone harmlos für menschliche Zellen.

Was bedeutet dies nun für die Medizin? Ein Medikament basierend auf diesem neuen Konzept hätte entscheidende Vorteile: Die Bakterien werden entwaffnet,

können dem Menschen nicht mehr schaden und werden durch das Immunsystem beseitigt. Zugleich entfallen die typischen Nebenwirkungen von Antibiotika, die sich auch gegen jene Bakterien richten, auf die wir angewiesen sind, und somit unsere Magen- und Darmflora zerstören. Weil der Wirkstoff die Bakterien nicht abtötet, haben einzelne Bakterien, die resistent werden, keinen Selektionsvorteil. Alleine können sie im Menschen nichts ausrichten und werden mit der Masse der unschädlich gemachten Erreger erkannt und vernichtet. Das Auftreten von Resistenzen wäre damit minimiert. Der Wirkstoff soll sich nun auch in klinischen Studien bewähren, womit den Menschen schon bald eine neue Wunderwaffe im Kampf gegen die Bedrohung durch bakterielle Krankheitserreger zur Verfügung stehen könnte. ■

KULTURWESEN SCHIMPANSE?

Das Erbgut von Schimpansen stimmt zu etwa 99 Prozent mit dem des Menschen überein – trotzdem bauen sie weder Flugzeuge noch Wolkenkratzer. Neue Experimente zeigen: Es liegt daran, dass die Menschenaffen keine neuen Verhaltensweisen nachahmen.

von Claudio Tennie

DER MENSCH ist eine einzigartige Spezies. Er besiedelt die Welt, er schreibt Bücher, er baut Wolkenkratzer und Raketen. Schimpansen haben zu etwa 99 Prozent das gleiche Erbgut wie wir, sie jagen, sie führen Kriege, sie gehen sogar (manchmal) auf zwei Beinen – warum also unterscheiden sie sich so stark von uns?

Anscheinend besteht der entscheidende Unterschied in der menschlichen Kultur, also in der Tatsache, dass wir Verhalten, das nicht genetisch vererbt wird, weiter-

geben. Menschen lernen schon von klein auf voneinander, beginnend zu Hause. Das Wissen vieler Generationen addiert sich heute zu einer riesigen, immer größer werdenden Menge von Verhaltensweisen, die die menschliche Kultur ausmachen. Kultur ist dafür verantwortlich, dass nicht jede Menschengeneration alles von Grund auf neu erfinden muss. Warum entwickeln Schimpansen nichts Gleichwertiges? Einige Verhaltensforscher behaupten, dass Schimpansen sehr wohl eine Kultur besitzen. Genau wie wir Menschen benutzen sie

Werkzeuge – und nicht nur sie. Spechtfin- ken angeln mit Stöckchen nach Nahrung – und zwar auch solche Tiere, die isoliert aufgezogen wurden. Sie lernen dieses Verhalten also, ohne es von einem anderen Vogel abschauen zu müssen. Stattdessen scheint es einen starken genetischen Einfluss zu geben.

Gleiches könnte für Schimpansen zutreffen. Allerdings benutzen Schimpansen eine Vielzahl von Werkzeugen. Sie angeln mit Holzstöcken nach Insekten, sie hämmern



Der Schimpanse blickt freundlich, intelligent und liebenswert drein. Warum er trotz enger Verwandtschaft mit dem Menschen keine Kultur entwickelte, weiß der Verhaltensforscher Claudio Tennie.

DR. CLAUDIO TENNIE

1976 geboren in Bad Pyrmont

1995 Abitur

Zivildienst

1996 bis 1998 Grundstudium der Biologie an der Philipps-Universität Marburg

1998 bis 1999 Auslandsstudium an der University of Edinburgh, Schottland

1999 bis 2002 Hauptstudium der Biologie mit Schwerpunkt Verhaltensforschung an der Universität Bielefeld

2003 Diplom in Biologie

2003 bis 2009 Doktorand am Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie (MPI EVA) in Leipzig und der Georg-August-Universität in Göttingen

26.10.2009 Promotion zum Dr. rer. nat.

seit 2009 Postdoc am MPI EVA in Leipzig

Infos: www.claudiotennie.de
tennie@eva.mpg.de

Fotos: J. Lösel für bdw

mit schweren Gegenständen auf Nüsse, um diese zu knacken, sie formen sich Schwämme aus zerknüllten Blättern. Doch letztendlich können diese Verhaltensweisen in ihrer Gesamtheit genetischen Ursprungs sein. Dagegen spricht, dass sogar nah verwandte Schimpansengruppen zum Teil unterschiedliche Werkzeuge benutzen – teilweise für die gleiche Aufgabe. Der Schluss liegt nahe, dass wir es in der Tat mit verschiedenen Kulturen zu tun haben – genau wie Asiaten mit Stäbchen essen und Europäer mit Messer und Gabel.

Ende der 1980er-Jahre hatte der renommierte amerikanische Entwicklungspsychologe Michael Tomasello eine Idee. Konnten verschiedene Umweltbedingungen der Grund für den Gebrauch verschiedener Werkzeuge sein? Mit anderen Worten: Wäre es nicht logisch, wenn die Fähigkeit, Nüsse zu knacken, nur da vorkommen würde, wo es Nüsse gibt? Tatsächlich wurde von japanischen Forschern im Jahr 2002 der erste Beweis für diese These erbracht. In vielen Gruppen stecken Schimpansen Stöcke in Ameisenansamm-

lungen, einige Ameisen hängen sich daran, die Affen ziehen den Stock heraus und fressen dann die Insekten. Allerdings benutzen dafür einige Gruppen lange und andere kurze Stöcke. Ist dies ein Fall von Tischsitzen bei Schimpansen? Eher nicht: Es stellte sich heraus, dass die erbeuteten Ameisen unterschiedlich aggressiv waren. Wann immer die Schimpansen aggressive Ameisen erbeuteten, benutzten sie lange Stöcke, um beim „Angeln“ möglichst weit von den Insekten entfernt zu sein. So minimierten sie das Risiko, gezwickt zu werden. Weniger



Nüsse mit einem Stein knacken – das geht. Der Mensch erfand jedoch ein optimiertes Werkzeug: den Nussknacker.

ZUFALL STATT SYMPATHIE

Claudio Tennie im bdw-Gespräch

Haben Sie während Ihrer Arbeit eine emotionale Beziehung zu den Schimpansen aufgebaut?

Ja, mir sind einige Tiere mit der Zeit ans Herz gewachsen. Das lässt sich kaum verhindern. Allerdings hat dies auf meine Arbeit keinen Einfluss. So lasse ich zum Beispiel den Zufall – und nicht etwa meine Sympathie – entscheiden, welches Tier mit welcher Aufgabe konfrontiert wird.

Wie ist die Zusammenarbeit mit einem „Forscher-Promi“ wie Michael Tomasello?

Sehr angenehm. Neben Michael Tomasello wurde ich auch von Josep Call betreut. „Forscher-Promi“ ist schon zutreffend. Aber zum Glück sind beiden Betreuern Allüren fremd. Dementsprechend flach sind die Hierarchien in der Abteilung.

Ihre Arbeit läuft komplett auf Englisch. Wie schwer fiel es Ihnen, auf Deutsch zu schreiben?

Das war nicht einfach. Der erste (zweite, dritte...) Text gefiel mir nicht und musste wieder und wieder umgeschrieben werden. Manchmal dachte ich, es wäre leichter, über ein fremdes Thema zu schreiben, bei dem mir die englischen Fachwörter noch nicht so eingetrichtert sind.

aggressive Ameisen fraßen sie hingegen lieber bequem mit kurzen Stöcken. Der unterschiedliche Werkzeuggebrauch beruhte also nicht auf verschiedenen Kulturen der Schimpansenpopulationen, sondern auf verschiedenen Umweltbedingungen.

WARUM AFFEN NICHT NACHÄFFEN

Damit überhaupt eine Kultur entstehen kann, müssen Individuen die Fähigkeit haben, ein neues Verhalten durch Nachahmung zu erlernen. Die meisten Menschen gehen wie selbstverständlich davon aus, dass Schimpansen dies könnten – dass sie „nachäffen“. Während meiner Promotion ging ich dieser Frage nach. Es stellte sich heraus, dass Schimpansen im Allgemeinen dazu nicht in der Lage sind. Stattdessen zeigten meine Versuche: Schimpansen lernen nicht von-einander, sondern durch-einander. Sie konzentrieren sich beim Beobachten auf die physikalischen Aspekte des Geschehens. Beim Nussknacken zum Beispiel achten sie nicht darauf, wie genau der andere eine Nuss knackt. Sie lernen dabei schlicht, dass eine Nuss knackbar ist. Den Rest des Verhaltens erfinden sie dann eigenständig neu. Im Zuge meiner Promotion entwickelte ich zusammen mit meinen Betreuern (einer davon Michael Tomasello) die generelle Theorie, dass Schimpansenverhalten einem starken genetischen Einfluss unterliegt – erschienen 2009 in der renommierten biologischen Fachzeitschrift „Philosophical Transactions of the Royal Society“.

Dafür untersuchten wir alle relevanten Beobachtungen aus der freien Wildbahn sowie Ergebnisse von Studien, die in Zoos gemacht wurden. Wir stellten fest, dass Schimpansen Dinge wie Nussknacken nicht einmal zwingend notwendig beobachten müssen, um diese selbst zu entwickeln – diese Verhaltensweisen sind in den Tieren bereits (latent) vorhanden (vermittelt durch ihr physikalisches Verständnis). Die jeweils vorherrschende Verhaltensweise innerhalb einer Schimpansengruppe „weckte“ lediglich die bereits vorhandene Verhaltensmöglichkeit mit größerer Wahrscheinlichkeit auf (ein wenig so wie Gähnen, das ja auch ansteckend ist, aber von niemandem gelernt werden muss). Was Schimpansen also vor allen Dingen auszeichnet, ist die Tendenz des Einzelnen, die gleichen Werkzeuge zu benutzen, die bereits andere in der Gruppe verwenden.

Ich entwarf folgenden Versuch, um unsere Hypothese zu überprüfen. Ein mit Früchten gefülltes Plastikschiffchen wurde vor den Käfig von Schimpansen gestellt. Wir gaben den Tieren lediglich eine einzelne Faser aus Holzwolle. Die Lösung des Problems sah vor, aus dieser elastischen Faser eine Schlaufe zu formen, diese dann durch das Gitter zu stecken und das Schiffchen damit in Reichweite zu ziehen. Die Schlaufe war also das eigentliche Werkzeug – und nicht die Faser, die allein viel zu biegsam ist. Die Affen waren motiviert: Sie nahmen die Faser, steckten sie durch das Gitter und versuchten dann, mit deren Spitze das Schiffchen zu bewegen – vergeblich. Keiner der Schimpansen erfand die Lösung – eine Schlaufe ist also offenbar außerhalb der Erfindungskraft eines einzelnen Schimpansen.

Unsere Theorie machte nun eine klare Voraussage: Entweder ein Verhalten ist bereits latent in Schimpansen vorhanden (was letztendlich genetisch beeinflusst ist) – dann kann das reine Beobachten dieses



Verhaltens „ansteckend“ wirken und es im Beobachter selbst auslösen. Oder aber das Verhalten ist nicht latent vorhanden – und dann kann es auch nicht ausgelöst werden. Das Anfertigen und Nutzen einer Schlaufe sollte also von Schimpansen nicht durch Beobachtung erlernt werden können. Eine zweite Gruppe Schimpansen bekam von uns daher die gleiche Aufgabe – nur dieses Mal machten wir ihnen die Lösung vor. Wir nahmen die Faser, formten – ganz langsam und deutlich – eine Schlaufe und angelten uns das Schiffchen. Nach dieser Demonstration waren die Schimpansen selbst an der Reihe. Und wieder: Keiner der Schimpansen formte eine Schlaufe. Die Affen vermochten also tatsächlich keine Lösung nachzuahmen, die sie nicht selber hätten erfinden können.

SIE ERFINDEN DAS RAD STETS NEU

Schimpansen scheinen also nicht in der Lage zu sein, eine echte Kultur aufzubauen oder fortentwickeln zu können. Sie erfinden stattdessen jedes Mal das Rad neu.

Dies bedeutet aber keineswegs, dass sie unintelligent wären. Der Werkzeuggebrauch von Schimpansen speist sich zwar letztendlich aus ihren Genen, wird von diesen aber auch nicht dogmatisch vorgeschrieben: Schimpansen sind sehr gut darin, sich flexibel an ihre Umwelt – auch mit Werkzeugen – anzupassen. Aber im Unterschied zum Menschen sind den Affen die Grenzen dieser Anpassung bereits mit in die Wiege gelegt. Der Mensch hilft sich in solchen Fällen mit einer sich fortentwickelnden Kultur: Wenn es kalt wird, entwickelt er immer wärmere Kleidung und Heizungen. Und wenn er zum Mond will, entwickelt er eine Rakete. Ein isoliert aufgewachsener Mensch könnte eine solche Rakete nicht einmal aus einzelnen Teilen zusammensetzen. Ein isoliert aufgewachsener Schimpanse würde Nüsse, die man ihm vorlegt, wahrscheinlich einfach knacken.

Unsere Kritik der Schimpansenkultur wurde von namhaften Verhaltensforschern positiv aufgenommen. Als ich sie erstma-

lig auf einer Konferenz vortrug, sagte mir anschließend Cecilia Heyes, Professorin an der Universität Oxford und Expertin in diesen Fragen: „Mir gefällt diese Theorie. Niemand zuvor hat das Problemlöseverhalten einer Spezies mit seiner Fähigkeit zur Nachahmung verknüpft.“ In einer ihrer jüngsten Veröffentlichungen bezeichnete sie unsere Theorie denn auch als eine wichtige neue Idee. Trotzdem gilt: Jede Theorie – und damit auch unsere – kann falsch sein, das ist die Wissenschaft. Morgen schon könnte nachgewiesen werden, dass Schimpansen doch die Fähigkeit zum Nachahmen grundsätzlich neuer Verhaltensweisen besitzen. Der Unterschied könnte also eher graduell sein. Aber das ändert nichts am Ausgangsproblem. Um es mit den Worten von Michael Tomasello zu sagen: „Auch dann bleibt der offensichtliche Unterschied zwischen Schimpansen und Menschen bestehen. In dem Fall müssen wir eben neue Theorien aufstellen. Wir müssen einfach versuchen, den Unterschied zu verstehen.“ ■



Viele Stunden hat Claudio Tennie schon vor den Käfigen im Leipziger Zoo verbracht, um das Verhalten „seiner“ Schimpansen zu studieren.



Carsten Könneker (links stehend) erklärt, was einen guten journalistischen Artikel ausmacht.

SCHRULLIG, ABER HILFREICH: DER KÜCHENZURUF

Nicht alle Bewerber für den Klaus Tschira Preis erreichen das Finale, aber alle betreiben Öffentlichkeitsarbeit für die Wissenschaft. Die Klaus Tschira Stiftung fördert dieses Engagement mit Crashkursen in Wissenschaftskommunikation.

von Cornelia Varwig

SEINE DOKTORARBEIT auf 250 Zeilen in verständliche Worte kleiden – diesen Aufwand betreibt man nur, wenn er sich lohnt. Etwa für 5000 Euro, die die Klaus Tschira Stiftung jedes Jahr pro Fachgebiet vergibt. Mirko Hessel-von Molo dachte da anders. Den Mathematiker lockte nicht das Geld. Als er eine Kurzfassung seiner Dissertation bei der Stiftung einreichte, ging er davon aus, dass er auf den Preis ohne-

hin keine Chance hatte: „Ich glaube, für ein allgemeines Publikum ist mein Thema viel zu komplex. Es geht um sogenannte Transferoperatoren, die zum Beispiel den Massentransport in Strömungen beschreiben können. Auch einem Fachmann muss ich erst eine Menge erklären, bis ich zum Eigentlichen vordringen kann.“ Sein Ziel war stattdessen, an einem Workshop über Wissenschaftskommunikation teilzuneh-

men. Dieses Training hatte die Stiftung im vergangenen Jahr erstmals allen Bewerbern in Aussicht gestellt, die den Preis nicht gewinnen würden.

„Für mich war der Workshop die eigentliche Motivation. Von Profis zu lernen, wie man – gerade als Wissenschaftler – besser über die Wissenschaft schreibt, das hat mich sehr gereizt“, erklärt Hessel-von

Molo, der als Postdoc in der Angewandten Mathematik an der Universität Paderborn arbeitet.

20 der insgesamt 168 Bewerber für den Klaus Tschira Preis 2009 waren der Einladung der Stiftung gefolgt: Ihnen wurden in eintägigen Workshops die wichtigsten Werkzeuge des Wissenschaftsjournalismus an die Hand gegeben. Die Rolle des Dozenten hatte Carsten Könneker übernommen, Chefredakteur der Zeitschriften „Gehirn und Geist“ und „epoc“. Er gab Einblicke in die Arbeitsweise einer Wissenschaftsredaktion und erklärte, worauf es beim journalistischen Schreiben ankommt. Auf dem Stundenplan standen: pfiffige Überschriften und Bildunterschriften, gute Formulierungen und die Fragen, für wen man eigentlich schreibt und wie viel Fachwissen man dem Laien zumuten kann.

Mit diesen beiden Fragen sieht sich auch Johannes Huber häufig konfrontiert. Der Arzt von der Urologischen Uniklinik Heidelberg, der im Januar dieses Jahres an einem Workshop teilnahm, muss unter anderem Patienten mit Prostatakrebs erklären, wie der geplante Eingriff abläuft. Darüber hinaus engagiert Huber sich für die Öffentlichkeitsarbeit der Klinik. „Etwa jeder dritte Text, den ich verfasse, ist populärwissenschaftlich. Im Workshop konnte ich meinen Schreibstil verbessern sowie den Perspektivwechsel vom Fachmann zum Laien üben“, erklärt er.

Auch viele andere Teilnehmer brachten erste Erfahrungen in Wissenschaftskommunikation mit – und darüber hinaus spannende wissenschaftliche Themen, die sie in

der Vorstellungsrunde kurz und prägnant darstellten. Marcus Mau aus Bonn etwa beschäftigt sich seit seiner Diplomarbeit mit Tierspeichel. Er untersuchte die Zusammensetzung von Kamel-, Ziegen- und Rinderspucke, um Ernährungsweisen und Anpassung der Tiere an die Umwelt zu bestimmen. „Der Workshop hat mir geholfen, ein Fachbuchkapitel über die Nahrungsgewohnheiten einer äthiopischen Affenart allgemeinverständlich zu formulieren“, erzählt Mau. Der Text solle schließlich auch für fachfremde Kollegen und interessierte Laien verständlich sein. Eine Einstellung, die im Ausland gut ankommt: Ende des Jahres wird Mau für zwei Jahre an die University of California in Los Angeles gehen, um weiter Speichelforschung zu betreiben – diesmal am Menschen.

HAST DU SCHON GEHÖRT...?

Was Mau sich für die Zukunft gemerkt hat: „Rückgrat eines jeden Textes ist der Küchenzurf.“ Zunächst von dem Ausdruck etwas befremdet, leuchtete den Kursteilnehmern schnell ein, was es damit auf sich hat. Die schrullige Formulierung, so die Erklärung Könnekers, stamme von dem Publizisten Henri Nannen und bedeute, dass jeder Text eine Botschaft haben muss, die der zeitungslisende Mann seiner in der Küche stehenden Frau in aller Kürze zurufen kann. Nach dem Motto: „Hast Du schon gehört, dass...“

Der Theorie ließen die Schreib-Eleven Taten folgen und kreierte den Küchenzurf ihrer Dissertationen. Marcus Mau, der für seine Doktorarbeit einen Ausflug in die Muskel- und Wachstumsforschung gemacht hatte, stellte sein Text-Talent mit

dieser Zusammenfassung unter Beweis: „Auf die Menge kommt es an: Der Hormongehalt der Sojapflanze stört das Muskelwachstum beim Schwein.“ Auch der Systembiologin Katrin Hübner gelang eine Punktlandung: „Computersimulationen sagen Cholesterinwerte im Blut vorher. Das soll helfen, Herzinfarktrisiken frühzeitig zu erkennen und Patienten individuell zu behandeln.“ Hübner arbeitet am BioQuant, einem Forschungszentrum für Systembiologie der Universität Heidelberg, wo sie eine spezielle Art von Abwehrzellen im Blut, die Neutrophilen, untersucht. Im Workshop sei ihre Euphorie für das Schreiben wieder aufgeflackert, erzählt sie.

Beim Texten von Überschriften zu einer Meldung über schlafende See-Elefanten ließ die Gruppe ein weiteres Mal ihre Fantasie spielen: „GPS enttarnt See-Elefanten beim Nickerchen“, „Powernap im Pazifik“, „See-Elefanten sind Rückenschläfer“ oder auch „Im Schlaf versunken“. Dafür gab's ein Lob vom Chef – und gleich darauf eine Mahnung zur Vorsicht: Man könne es mit Wortspielen auch übertreiben, warnte der Experte. Wenn man etwa zwanghaft versuche, Synonyme zu finden, könne das schnell lächerlich werden. Fragwürdige Beispiele sind für Könneker „Oberstübchen“ für Gehirn oder „roter Lebenssaft“ statt Blut.

Doch ganz gleich, ob alle Formulierungen auf Anhieb sitzen – Könneker ermunterte die Teilnehmer dazu, mit den Medien in Kontakt zu treten. Denn Experten, die ein interessantes Thema haben, das sie verständlich erklären können, sind in Redaktionen gerne gesehen. ■

Fotos: B. Kreutzer für bdw



In einer schönen Umgebung lässt es sich besonders gut lernen: Der Workshop fand in der Villa Bosch, dem Sitz der Klaus Tschira Stiftung, in Heidelberg statt.

„WIR HABEN KURZE WEGE“

Beate Spiegel ist die Frau der ersten Stunde der Klaus Tschira Stiftung. Bei ihr laufen alle Drähte zusammen, wenn es um Ideen für eigene Projekte oder externe Fördertätigkeiten geht.

Die Fragen stellte Wolfgang Hess

Gratulation zu Ihrem Job als Stiftungsbevollmächtigte, Frau Spiegel. Wie ist es, wenn der Beruf von einem verlangt, Leute glücklich zu machen, indem man Fördermittel vergibt?

Bei meiner Arbeit geht es um viel mehr als um die Vergabe von Fördermitteln. Klaus Tschira und ich entwickeln zusammen mit dem Stiftungsteam neue Ideen und treiben Projekte voran. Meine Aufgaben sind daher sehr vielfältig und extrem spannend, und ich treffe viele interessante Menschen.

Was ist die wesentliche Voraussetzung für eine gute Stiftungsarbeit?

Ein kleines kompetentes Team. Wir haben wenig Bürokratie und kommunizieren sowohl untereinander als auch mit dem Stifter auf direkten kurzen Wegen.

Klaus Tschira und Sie sind sicher nicht immer einer Meinung. Wie lösen Sie Zielkonflikte?

Ich muss Sie enttäuschen. Wir haben keine Konflikte. Die Zusammenarbeit ist sehr harmonisch.

Die Klaus Tschira Stiftung fördert Naturwissenschaften, Mathematik und Informatik. Wie fit sind Sie selbst in diesen Disziplinen?

Die Themen haben mich schon vor meiner Arbeit für die Klaus Tschira Stiftung interessiert. Das heißt aber nicht, dass ich auch Expertin bin. Dafür haben wir einen stetig wachsenden Kreis ehrenamtlicher Fachgutachter.

Schaut Klaus Tschira ebenfalls auf jeden Antrag?

Herr Tschira und ich besprechen alle Anträge, ehe wir über eine gutachterliche Prüfung entscheiden.

Gibt es zwischen den Stiftungen Wettbewerb?

Nein. In der Rhein-Neckar-Region konkurrieren wir nicht mit anderen Stiftungen. Wenn es bei Förderprojekten Überschneidungen gibt, arbeiten wir mit anderen Stiftungen zusammen. Bundesweit

betrachtet haben wir allerdings nur selten Kooperationen mit anderen Stiftungen. Mit Stiftungen, die artverwandte Projekte fördern, stehen wir im Gespräch und tauschen Informationen aus.

Wie viele Förderanträge gehen bei der Stiftung im Monat ein?

Man muss zwischen Förderanfragen und -anträgen unterscheiden. Anfragen bekommen wir unzählige. Daraus entstehen dann 30 bis 40 tatsächliche Anträge.

KLAUS TSCHIRA STIFTUNG

Gründung: 1995 als gemeinnützige GmbH

Stifter: Physiker und SAP-Mitgründer Klaus Tschira

Stiftungsziel: Förderung der Naturwissenschaften, Mathematik und Informatik sowie deren Wertschätzung in der Öffentlichkeit

Mitarbeiter: 10

Stiftungsvermögen 2009: 1,88 Mrd. Euro (Buchwert)

Vergebene Fördermittel: 11,97 Mio. Euro (2009), seit der Gründung mehr als 150 Mio. Euro

Förderschwerpunkte:

- **Faszination Naturwissenschaften:** Begeisterung von Kindern und Jugendlichen für Naturwissenschaften, Mathematik und Informatik wecken und fördern
Beispielhafte Projekte: www.forscherstation.info, www.explore-science.info
- **Forschung für die Gesellschaft:** Unterstützung von Nachwuchswissenschaftlern und Forschungsprojekten
Beispielhafte Projekte: www.h-its.org; www.bioms.de
- **Verständliche Wissenschaft:** Forschung verständlich darstellen
Beispielhafte Projekte: www.klaus-tschira-preis.info, www.sags-klar.info

Weitere Informationen: www.klaus-tschira-stiftung.de



Beate Spiegel ist Stiftungsbevollmächtigte der Klaus Tschira Stiftung. 1997 bot Tschira der damaligen IBM-Angestellten an, gemeinsam mit ihm seine Stiftung aufzubauen. Beate Spiegel sagte zu – mit dem Vorbehalt, dass sie vom Stiftungswesen wenig Ahnung hätte. Der Stifter entgegnete lapidar: „Da sind wir ja schon zwei!“

Welche Anträge wandern sofort in den Papierkorb?

Keiner! Wir bearbeiten alle, und jeder Antragsteller bekommt von uns eine schriftliche Stellungnahme.

Gibt es so etwas wie eine Saure-Gurken-Zeit?

Die Zahl der Anträge ist über die Monate gleichmäßig verteilt. Das liegt sicher auch daran, dass wir im Gegensatz zu vielen anderen Stiftungen keinen Einreichungsschluss vorgeben.

Schildern Sie bitte, wodurch sich ein guter Antrag auszeichnet.

Wir geben ganz wenige Formalien vor, verlangen also keinen Mindestumfang und keine Höchstlänge. Wir verlangen allerdings eine detaillierte Projektbeschreibung und einen gut ausgearbeiteten Zeit- und Kostenplan.

Klaus Tschira legt Wert auf gutes Deutsch. Was passiert mit Anträgen, die hier Lücken offenbaren?

Wenn der Inhalt gut ist, geben wir den Antrag mit dem Hinweis zurück, dass er da und dort noch nachgebessert werden sollte.

Welche Beziehung entwickeln Sie zu den Antragstellern?

Mit vielen von ihnen bespreche ich mehrfach den weiteren Fortgang. Allein durch diese Hilfestellung erfährt man mehr über die Vorhaben und Antragsteller. Ich kann mich an die meisten Förderprojekte gut erinnern. Mitunter kann ich auch anderweitig weiterhelfen – etwa indem ich Ansprechpartner vermittele.

Foto: T. Wegner für bdw

Warum wendet sich die Klaus Tschira Stiftung mit ihren Projekten häufig an ein breites Publikum?

Eines der Hauptanliegen der Stiftung ist es, die Wertschätzung für die Naturwissenschaften zu fördern. Und das geht natürlich nur, wenn man, angefangen von Kindergartenkindern über Schüler bis zur großen Öffentlichkeit, jeden anspricht.

An welche Begebenheit erinnern Sie sich besonders gerne zurück?

Wir veranstalten jährlich unsere naturwissenschaftlichen Erlebnistage „Explore Science“ im Luisenpark Mannheim. In diesem Jahr stand ich morgens am Eingang und habe gesehen, wie bereits zu Veranstaltungsbeginn aus allen Richtungen Hunderte von Kindergartenkindern und Schülern in den Park strömten. Mit über 52 000 Besuchern in diesem Jahr wurden unsere kühnsten Erwartungen übertroffen. Es ist schon etwas sehr Emotionales, wenn man sieht, dass sich die Menschen ebenso für die Naturwissenschaften begeistern wie die Stiftung.

Angenommen, Sie hätten einen Wunsch frei. Welcher wäre das?

Einmal wünsche ich mir natürlich, noch lange mit Klaus Tschira zusammenarbeiten zu können. Darüber hinaus sähe ich es sehr gerne, wenn wir Exponate und Experimentierstationen dauerhaft den Menschen zugänglich machen könnten und nicht nur für eine kurze Zeit während unserer naturwissenschaftlichen Erlebnistage. ■

Alles klar?

Gewinnen Sie mit Klartext!

Bewerben Sie sich

um KlarText!, den Klaus Tschira Preis für verständliche Wissenschaft 2011.

Die Klaus Tschira Stiftung zeichnet jährlich Wissenschaftler aus, die die Ergebnisse ihrer herausragenden Dissertation in einem allgemein verständlichen Artikel beschreiben.

Jeder Bewerber hat die Möglichkeit, am Workshop Wissenschaftskommunikation teilzunehmen.

Bewerbungsbedingungen

- Promotion 2010 in Biologie, Chemie, Informatik, Mathematik, Neurowissenschaften, Physik oder einem angrenzenden Fachgebiet
- Herausragende Forschungsergebnisse
- Ein allgemein verständlicher Textbeitrag über die eigene Forschungsarbeit
- Einsendeschluss: 28. Februar 2011

Mitmachen lohnt sich

- 5000 Euro Geldpreis pro Gewinner in jedem der sechs Fachgebiete
- Veröffentlichung der Siegerbeiträge in einer KlarText!-Sonderbeilage des Wissenschaftsmagazins *bild der wissenschaft*
- Teilnahme der Gewinner an den Kommunikationstrainings der Klaus Tschira Stiftung

www.klaus-tschira-preis.info