KlarText 2020

Preis für Wissenschaftskommunikation

Stammzellen

Warum Fische so gute Augen haben

Treibhausgase

Methanfreisetzung in Seen

Schwarze Löcher

Das Rätsel der jungen Quasare

Deutscher Bundestag

Wahlkreise könnten gerechter verteilt sein

Multiresistente Keime

Die Kommunikation muss sabotiert werden

Ökonomie der Zukunft

Maschinen organisieren sich selbst

COVID-19-Kommunikation

Sonderpreis für Christian Drosten

Ein Magazin der

Klaus Tschira Stiftung gemeinnützige GmbH

KTS

Treffen sich Welten

Der Podcast der Klaus Tschira Stiftung

Folge 1: Tiefseeforscherin Antje Boetius
trifft
den früheren Bundestagspräsidenten Norbert Lammert

Folge 2: Skisprungweltmeister Sven Hannawald
trifft
Nobelpreisträger Stefan Hell

Folge 3: Theologin Margot Käßmann
trifft
Chemiker und Echtheitsforscher Ernst Pernicka

Klaus Tschira Stiftung
gemeinnützige GmbH

KTS

**Überall, wo es Podcasts gibt –
und auf www.treffensichwelten.de**

Liebe Leserinnen und Leser,

Wissenschaft ist wichtig – und sie verständlich darzustellen ebenso. Junge Forscherinnen und Forscher zu ermuntern und darin zu unterstützen, die eigenen Ideen, Vorgehensweisen und Ergebnisse anschaulich einem breiten Publikum zu erklären, das ist das Ziel des KlarText-Preises. Seit ihrer Gründung vor 25 Jahren ist die Klaus Tschira Stiftung eine Pionierin der Wissenschaftskommunikation. Unsere Auszeichnung vergeben wir seit 1997, weitere wegweisende Projekte wie die Gründung des Nationalen Instituts für Wissenschaftskommunikation 2012 und des Science Media Center Germany 2015 folgten (siehe dazu den Beitrag ab S. 46).

In diesem Herbst zeichnen wir sechs junge Frauen und Männer aus, die uns in ihren Artikeln mit auf Entdeckungsreise nehmen, etwa auf Methan-Jagd im Stechlinsee, zu den fernen Quasaren des jungen Universums oder in unser von autonomen Maschinen geprägtes Wirtschaftssystem der Zukunft. Lassen Sie sich von diesen Einblicken in aktuelle Forschung aus Naturwissenschaft, Mathematik und Informatik inspirieren. Sie finden die prämierten Texte ab S. 14.

Das auch für die Kommunikation von Wissenschaft besondere Jahr 2020 hat uns bewogen, erstmals einen KlarText-Sonderpreis zu vergeben. Als ein herausragendes Vorbild gerade für den wissenschaftlichen Nachwuchs, die eigene Expertise anschaulich und dialogorientiert mit der Gesellschaft zu teilen, wird Professor Christian Drosten damit ausgezeichnet. Lesen Sie ein Interview mit dem Virologen über seine Motivation, in der Corona-Pandemie Wissenschaft begreifbar zu machen ab S. 22.

Beate Spiegel Prof. Dr. Carsten Könneker

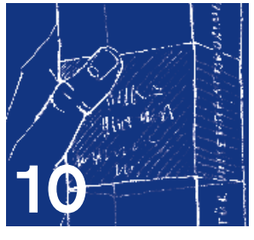
Geschäftsführung der Klaus Tschira Stiftung

Klaus Tschira Stiftung/Annette Mueck

IMPRESSUM
HERAUSGEBER Klaus Tschira Stiftung gemeinnützige GmbH, Villa Bosch, Schloss-Wolfsbrunnenweg 33, 69118 Heidelberg, www.klaus-tschira-stiftung.de GESCHÄFTSFÜHRUNG Beate Spiegel, Prof. Dr. Carsten Könneker KLARTEXT-PREIS Renate Ries, Dr. Michelle Wabnitz (stellv. Projektleitung), Isa Fünfhausen **VERLAG** TEMPUS CORPORATE GmbH – Ein Unternehmen des ZEIT Verlags, Alt-Moabit 94, 10559 Berlin GESCHÄFTSFÜHRUNG Jan Hawerkamp, Kai Wutte REDAKTIONSLEITUNG Dr. Joachim Schüring (JS) GRAFIK Jessica Sturm-Stammberger, Christopher Delaney BILDREDAKTION Kathrin Tschirner LEKTORAT Dr. Katrin Weiden HERSTELLUNG Dirk Woschei **DRUCK** Krögers Buch- und Verlagsdruckerei GmbH, Wedel **VERTRIEB** Das Magazin erscheint am 8.10.2020 und liegt der Wochenzeitung DIE ZEIT bei.

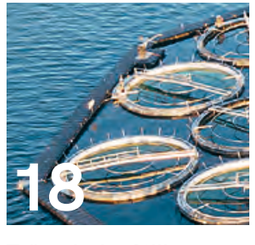
INHALT

Der falsche Doktor
Von Joachim Schüring
Eine Geschichte über erschwindelte und gekaufte Titel



And the winner is …
Sechs Forscherinnen und Forscher erhalten 2020 den KlarText-Preis für Wissenschaftskommunikation

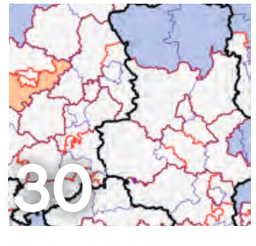
Der Vorteil des Fischauges
Von Erika Tsingos
Dank Stammzellen wachsen die Augen von Fischen zeitlebens mit. Bei Säugetieren sind diese Stammzellen inaktiv



Trügerische Stille
Von Jan Hartmann
Im Großen Stechlinsee entsteht Methan, wo es eigentlich nicht entstehen dürfte: in sauerstoffreichen Wasserschichten

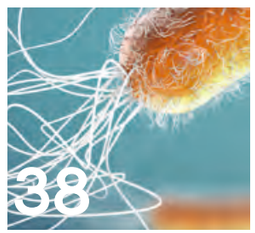
„Die Information der Öffentlichkeit ist so wichtig …"
Ein Gespräch mit Christian Drosten. Der Berliner Virologe erhält den KlarText-Sonderpreis

Rasantes Wachstum
Von Anna-Christina Eilers
Quasare geben Einblicke in die Geschwindigkeit, mit der schwarze Löcher im noch jungen Universum heranwuchsen



Die beste Wahl
Von Sebastian Goderbauer
Die Einteilung der Wahlkreise, in denen der Deutsche Bundestag gewählt wird, ist nicht optimal

Abtauchen fürs Klima
Die Meeresforscherin Antje Boetius und der ehemalige Bundestagspräsident Norbert Lammert sprechen über den Klimawandel, die Politik und ihre Traumberufe



Zum Schweigen gebracht
Von Michaela Prothiwa
Gegen Antibiotikaresistenzen könnte helfen, die Mikroben nicht mehr abzutöten, sondern ihre Kommunikation zu unterbinden

Wenn Maschinen wirtschaften
Von Benjamin Leiding
Im Zuge der Digitalisierung werden sich ganze Fabriken selbstständig verwalten und niemandem gehören

Wir müssen reden
Von Martin C. Roos
In Zeiten der Wissensexplosion spielt der Dialog zwischen Forschung und Gesellschaft eine immer wichtigere Rolle

Fünf Fragen an Peter-André Alt
Der Präsident der Hochschulrektorenkonferenz über den Stellenwert der Wissenschaftskommunikation

Titelbild: Das Auge des Großaugenbarsches *Priacanthus hamrur*
(Jeff Rotman/Alamy Stock Foto)

Karl May Museum Radebeul

Der falsche Doktor

von **JOACHIM SCHÜRING**

Nicht immer zeugt das magische Kürzel „Dr." vor dem Namen von ehrlicher wissenschaftlicher Arbeit. Mancher Titel ist erschlichen oder auch gekauft. Doch der Druck auf Betrüger*innen steigt

Karl May (1842–1912) behauptete, er selbst sei der wahre Old Shatterhand – eine Prahlerei, die ihm niemand nachtrug. Mit seinen angeblichen akademischen Verdiensten trieb er es aber zu weit

Karl May log, dass sich die Balken bogen. Wenn er vor großem Publikum sprach, zeigte er stolz die Narben, die er sich angeblich beim Kampf mit einem Bären in Amerika zugezogen hatte. In Amerika, wo er in Wahrheit bis dahin nie gewesen war! Er behauptete, 1200 Sprachen zu beherrschen, ja sogar, dass er selbst Old Shatterhand sei. Bei einer Schweigeminute für seinen Freund Winnetou brach er glaubhaft echt in Tränen aus. Karl May war ein Meister der Selbstinszenierung, was man einem erfolgreichen Autor von Abenteuerromanen ja auch nicht übelnehmen müsste.

Übel nahm man ihm seine Hochstapelei am Ende aber doch – nämlich als Karl May, der nie eine Universität besucht hatte, sich ständig als „Dr. Karl May" vorstellte. „May, der offenbar in seiner eigenen Welt lebte, rechtfertigte sich mit Ehrungen, die ihm in China zuteil geworden seien und die weit über einem Doktortitel stünden", erklärt der Historiker Ulrich Rasche von der Akademie der Wissenschaften zu Göttingen.

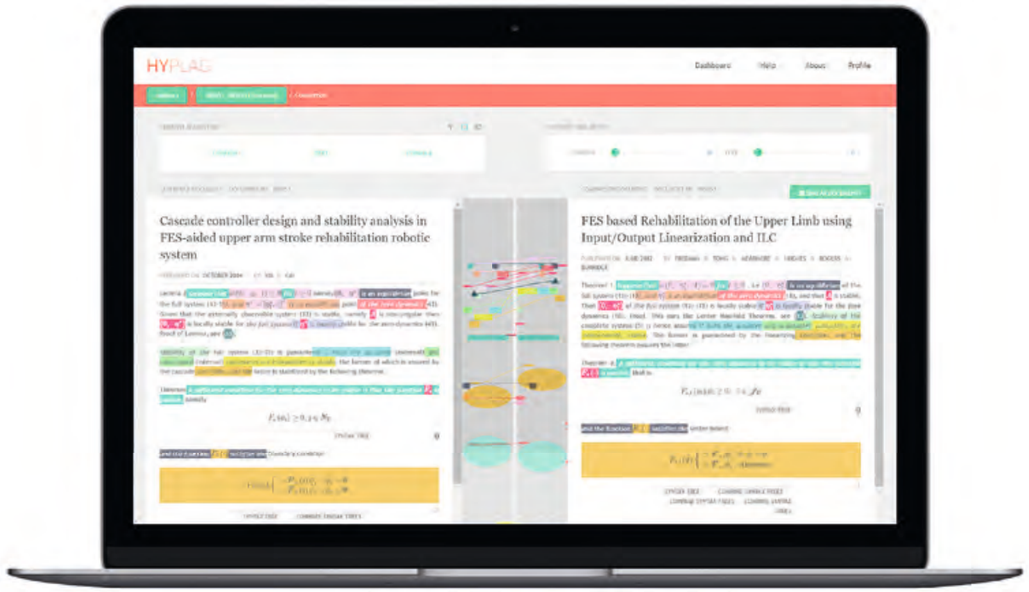
Weil dem Schriftsteller das immer wieder hämische Kritik, vor allem aber Ärger mit den Behörden eintrug, kümmerte sich schließlich seine Frau um die Angelegenheit. Sie kaufte ihm 1902 in Amerika ein ordentliches Ehrendoktordiplom. Jetzt hatte er eine richtige Urkunde – ausgestellt von der „Universitas Germana-Americana" in Chicago –, auf der auch das Thema seiner „Dissertation" stand: „Im Reiche des silbernen Löwen" (damals war gerade der dritte von vier Bänden dieser literarisch durchaus bedeutsamen Reiseerzählung erschienen).

Als ihm auch die Führung dieses Titels offiziell untersagt wurde, gab sich May, so schreibt Rasche, kurzerhand als seine eigene Schwiegermutter aus, um unerkannt Erkundigungen in Chicago einzuziehen. Bei jener Universität, so fand der eitle Autor schließlich enttäuscht heraus, handelte es sich lediglich um eine Briefkastenfirma eines Barbiers, der Hunderte von akademischen Titeln verkaufte.

Wäre Karl May doch nur einige Jahrzehnte früher geboren worden. Dann hätte er sich im *Dresdner Anzeiger* nicht fragen lassen müssen, ob er seinen Titel wohl „von der Universität der Comanchen" erhalten habe. Denn vor allem im 19. Jahrhundert reichte, wie Rasche ausführt, für die Doktorwürde in vielen Fällen lediglich der Nachweis eines sechssemestrigen Studiums und eine kurze mündliche Prüfung. Das ganze Verfahren konnte sogar per Post abgewickelt werden. „Tausende von deutschen ‚Doktoren' des 19. Jahrhunderts haben diejenige Universität, die sie promoviert hat, nie betreten."

Die Universität Jena machte den Titelhandel quasi zu ihrem Kerngeschäft. Dem dort lehrenden Nationalökonomen Bruno Hildebrand (1812–1878) zufolge vergab in der Zeit von 1832 bis 1865 allein die Philosophische Fakultät 1867 Doktortitel – abgesehen von 19 Fällen alle „in absentia", in Abwesenheit also. Als Gießen einen Bahnhof bekam, stieg auch die dortige Universität in den Kreis der lukrativ produzierenden Doktorenfabriken auf. „Zu Hunderten sind dort Kandidaten mit dem Zug angereist, um sich innerhalb eines Tages ohne Dissertation und lediglich aufgrund einer kurzen niveaulosen mündlichen Prüfung mit einem Doktordiplom zu versorgen", berichtet Rasche.

Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts – schlecht für den Möchtegerndoktor May – kam es zu einem Sinneswandel. Damals forderte der einflussreiche Historiker und spätere Nobelpreisträger Theodor Mommsen (1817–1903) zornig das Ende der Absenzpromotion. In seiner Schrift „Die deutschen Pseudodoktoren" fragte er rhetorisch: „Sollte nicht jetzt für diesen Mißbrauch wenigstens die elfte Stunde geschlagen haben? es nicht jetzt an der Zeit sein die Falschmünzerei akademischer Grade den



Norman Meuschke/Universität Wuppertal

Untersuchung zweier Publikationen mit dem Plagiaterkennungssystem HyPlag: Markiert sind in diesem Fall neben identischen Textteilen auch übereinstimmende Quellenverweise und mathematische Formeln. Der links gezeigte, in einer Fachzeitschrift erschienene Beitrag musste wegen Plagiats zurückgezogen werden

Spielhöllen nachzusenden?" Das saß, damit hatte er die Institutionen bei ihrer Ehre gepackt. Nun begann die Austrocknung des Titelsumpfes. Immer mehr Universitäten forderten fortan gedruckte Dissertationen, öffentliche Verteidigungen und eigene Examina – woraufhin nicht nur in Jena die Zahl der Promovierten drastisch sank.

Ausgestorben ist das Geschäftsmodell mit den akademischen Weihen freilich bis heute nicht. Das Kürzel vor dem Namen scheint von so magischer Bedeutung, dass vor allem Zeitgenossen, die es eilig haben und/oder wissenschaftlich wenig ambitioniert sind, den Titel nicht ehrlich und mühselig, sondern einfach mit dem Scheckbuch erwerben. Heute fließt das Geld allerdings nicht an die Fakultäten, sondern an spezialisierte Agenturen, die im Internet zahlreich zu finden sind. Auf der Website der Acad Write International AG beispielsweise heißt es freimütig: „Doktorarbeit schreiben lassen – Akademische Ghostwriter helfen bei Ihrer Dissertation". In einem offenherzigen Interview mit *jetzt* antwortete deren Geschäftsführer Thomas Nemet 2011 auf die Frage, was eine Arbeit ab 200 Seiten kosten würde: „Ich kann gerne mal eine Hausnummer nennen: Bei dem Umfang müssten Sie Minimum mit 20000 Euro rechnen, nach oben hin offen."

Für die Kundinnen und Kunden ist das ein ziemlich gefährliches Geschäft. Wer die gekaufte Arbeit als die seine bei einer Universität einreicht und erwischt wird, dem droht neben einer empfindlichen Strafe vor allem die totale berufliche und private Entblößung. Nemet kann das egal sein. Recht schlicht argumentiert er mit dem Messerlieferanten, der ja auch nicht haftbar sei, wenn jemand mit einem seiner Produkte die Schwiegermutter um die Ecke bringt. Rechtlich agiert der Unternehmer offenbar auf der sicheren Seite.

Nicht alle ehrlosen Arbeiten sind gekauft, manche werden auch in mehr oder minder großem Umfang kopiert, gefälscht, manipuliert oder einfach übersetzt. Nicht jeder Doktortitel wird mit Intelligenz, Fleiß, Mut und Ausdauer, Rückschlägen, Selbstzweifeln, schlaflosen Nächten und dem auch immer wieder mal bohrenden Gefühl des Alles-hinschmeißen-Wollens erworben. Die durchschnittlich vier bis fünf Jahre dauernde Zeit der Promotion ist geprägt von höchster intellektueller Leistung, die prekär bezahlt und nicht selten unter hohen privaten Opfern errungen wird. Für den einen oder die andere ist die Versuchung, sich das Ganze auf unredliche Weise zu erleichtern, allzu groß.

Genau überprüft werden Arbeiten in der Regel erst nach einem Anfangsverdacht. Statistiken über den Anteil unrechtmäßig erworbener Titel gibt es daher nicht. Der Jurist Gerhard Dannemann, der an der Berliner Humboldt-Universität lehrt und als Plagiatsexperte für das VroniPlag Wiki tätig ist, schätzt, dass um die zehn Prozent der Dissertationen die Regeln guter wissenschaftlicher Praxis grob verletzten. Allein die hohe Zahl besagter Agenturen lässt aber fürchten, dass diese Schätzung zu blauäugig ist. Die größeren Anbieter beschäftigen ja durchaus Hunderte Ghostwriter und erwirtschaften Millionenumsätze. Auch wenn sich daraus nicht die Zahl der tatsächlich eingereichten und mit einem falschen Titel gewürdigten Arbeiten ableiten lässt, bietet dieses Geschäftsmodell womöglich einen Blick in den Abgrund.

Besonders beliebt sind die Dienstleistungen der Agenturen in den Bereichen Betriebswirtschaft, Geistes- und, ja, den Rechtswissenschaften. Denn in diesen Fachgebieten entstehen vornehmlich Literaturarbeiten, die sich im stillen Kämmerlein schreiben lassen – „in absentia" also. Aber auch in den experimentell ausgerichteten Fächern der Naturwissenschaften lassen sich zumindest einzelne Aufgaben extern einkaufen – statistische Auswertungen sind da recht beliebt. Ansonsten ist in diesen Disziplinen weniger das Abschreiben ein Problem als die Manipulation von Daten.

So wie im Fall des Physikers Jan Hendrik Schön, der allein im Jahr 2001 – vier Jahre nach seiner Promotion – im Durchschnitt alle acht Tage einen Fachartikel publizierte, 17 davon in *Nature* und *Science*. Dass Schön mit seinen „bahnbrechenden", aber eben vielfach auf gefälschten und manipulierten Daten basierenden Arbeiten am Ende aufflog, ist wohl nur dem Umstand zu verdanken, dass er es schlicht übertrieben hatte. Weil seine kurze, unfassbar steile Karriere nämlich, so dachten viele, womöglich schon bald von einem Nobelpreis gekrönt würde, schauten einige dann doch genauer hin. Seine Doktorarbeit wurde am Ende übrigens nicht beanstandet, den Titel verlor er trotzdem – und zwar, weil er sich nach Ansicht der Universität Konstanz „durch sein späteres Verhalten der Führung des Grades als unwürdig erwiesen hat".

Um Fälschern und Manipulatoren auf die Spur zu kommen, nutzen immer mehr Universitäten spezielle Computerprogramme. Die meisten dieser Systeme sind allerdings lediglich in der Lage, die abgegebene Arbeit mit Texten zu vergleichen, die in umfassenden Datenbanken hinterlegt sind. Die Zukunft gehört daher Systemen Künstlicher Intelligenz, mit deren Hilfe sich nicht nur Kopien, sondern auch Ähnlichkeiten aufspüren lassen.

So arbeitet Norman Meuschke von der Bergischen Universität Wuppertal an der Entwicklung eines Erkennungssystems namens HyPlag (*Hybrid Plagiarism Detection*), mit dem er schon jetzt auch „Paraphrasierungen" erkennen kann – die Wiedergaben fremder Ideen in eigenen Worten also. Dabei werden vor allem nicht-textuelle Merkmale wie Literaturverweise, Abbildungen oder mathematische Formeln analysiert. Betrüger übernehmen diese nämlich oft, wenn sie fremde Arbeiten einfach übersetzen. Aber selbst veränderte Grafiken und Formeln oder Umstellungen im Text könne das Programm in gewissen Grenzen erkennen (siehe Bild). „Wenn jemand auch diese Merkmale stark verändert, sind wir aber weiterhin machtlos", so Meuschke, der sich übrigens im Rahmen seiner Doktorarbeit mit dem Thema befasst.

Doch vielleicht ließe sich dieses Wettrüsten ja auch auf ganz andere Art und Weise beenden, nämlich indem die wissenschaftliche Arbeit von Anfang bis Ende konsequent und lückenlos dokumentiert wird. Forscher*innen müssten dann sämtliche Dokumente – also Notizzettel, Laborbücher, Messprotokolle und so weiter – permanent und nach jedem Bearbeitungsschritt auf digitalem Wege archivieren. Jede Veränderung würde mit einem gesicherten Zeitstempel versehen und bliebe nachvollziehbar.

„Dass sich auf diese Weise Betrug verhindern lässt, ist das eine", sagt Meuschke, dessen Doktorvater Bela Gipp bereits ein entsprechendes System anbietet. „Das andere ist, dass ehrliche Forscherinnen und Forscher ihre lückenlosen Archive Kolleginnen und Kollegen in aller Welt zugänglich machen können. Das wäre *die* Möglichkeit für eine grenzenlose Zusammenarbeit im besten Sinne der Wissenschaft."

JOACHIM SCHÜRING *ist Wissenschaftsjournalist und Redaktionsleiter dieses Magazins*

And the winner is ...

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

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

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

Ebendiese Jury entscheidet, wer am Ende den Preis erhält und sich über das Preisgeld freuen darf, das anlässlich des 25-jährigen Stiftungsjubiläums auf 7500 Euro erhöht wurde. Übrigens: Wer mitmacht, gewinnt auf jeden Fall. Denn alle Bewerberinnen und Bewerber – also nicht nur die Gewinner – dürfen an einem zweitägigen Workshop „Wissenschaftskommunikation" des Nationalen Instituts für Wissenschaftskommunikation (NaWik) teilnehmen.

Alle eingesandten Beiträge werden zunächst von Schülerinnen und Schülern der renommierten Deutschen Journalistenschule in München gelesen. Anschließend gehen sie an jeweils zwei Wissenschaftlerinnen oder Wissenschaftler aus den entsprechenden Fachgebieten. Sie bewerten die fachliche Brillanz und prüfen, ob es im Beitrag wirklich um die eigene Forschungsleistung geht und nicht etwa allgemeine Prinzipien beschrieben werden.

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

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

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

www.klartext-preis.de

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

Fotos dieses Artikels: Peter Badge/Typos1

ERIKA TSINGOS

wurde 1990 in Rio de Janeiro in Brasilien geboren. Sie wuchs in Italien auf und zog für ihr Studium nach Heidelberg, wo sie an der Ruprecht-Karls-Universität Biologie studierte. Am Centre for Organismal Studies Heidelberg erstellte sie ihre Doktorarbeit: „Characterisation and computational modelling of retinal stem cells in medaka (*Oryzias latipes*)". Derzeit arbeitet sie am Mathematischen Institut der Universität Leiden über Wechselwirkungen zwischen Zellen und ihrer Umgebung.

Für ihren Beitrag **Der Vorteil des Fischauges** erhält sie den KlarText-Preis im Fachgebiet Biologie.

JAN HARTMANN

ist Jahrgang 1987. Er absolvierte seinen Bachelor und Master in Geowissenschaften an der Universität Heidelberg und promovierte dort auch mit dem Thema „Methane Dynamics in Lakes" im Herbst 2018. Er arbeitet als Wissenschaftler am MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften der Universität Bremen und entwickelt dort unter anderem ein Messsystem zur Gasanalyse in der Tiefsee.

Für seinen Beitrag **Trügerische Stille** erhält er den KlarText-Preis im Fachgebiet Geowissenschaften.

ANNA-CHRISTINA EILERS

kam 1989 in San Francisco zur Welt. Sie studierte Physik in Göttingen und Heidelberg und promovierte am Max-Planck-Institut für Astronomie mit der Arbeit „Unravelling 13 Billion Years of Cosmic History with Spectroscopic Studies: From the Milky Way to the Epoch of Reionization". Mittlerweile forscht sie am Massachusetts Institute of Technology in Cambridge.

Für ihren Beitrag **Rasantes Wachstum** erhält sie den KlarText-Preis im Fachgebiet Physik.

SEBASTIAN GODERBAUER

wurde 1989 im Westmünsterland geboren. Nach seinem Studium der Mathematik an der RWTH Aachen promovierte er am dortigen Lehrstuhl für Operations Research. Seine Doktorarbeit trägt den Titel „Mathematical Optimization for Optimal Decision-Making in Practice: Energy Systems and Political Districting". Im Anschluss gründete er eine Firma, die Softwarelösungen für komplexe Planungsaufgaben entwickelt.

Für seinen Beitrag **Die beste Wahl** erhält er den KlarText-Preis im Fachgebiet Mathematik.

MICHAELA PROTHIWA

stammt aus Gräfelfing bei München, wo sie 1986 geboren wurde. Sie studierte an der Ludwig-Maximilians-Universität München Pharmaceutical Sciences, ihren Master erwarb sie an der Harvard University. Ihre Doktorarbeit mit dem Thema „Inhibition of Quinolone Biosynthesis in *Pseudomonas aeruginosa* and *Burkholderia* species" erstellte sie an der Universität Konstanz. Derzeit forscht sie an der KU Leuven in Belgien an chemischen Methoden gegen entzündliche Darmerkrankungen.

Für ihren Beitrag **Zum Schweigen gebracht** erhält sie den KlarText-Preis im Fachgebiet Chemie.

BENJAMIN LEIDING

ist Jahrgang 1990. Der gebürtige Rostocker studierte Informatik an der Universität Rostock sowie der Georg-August-Universität Göttingen und promovierte dort mit der Arbeit „The M2X Economy – Concepts for Business Interactions, Transactions and Collaborations Among Autonomous Smart Devices". In Göttingen ist er weiterhin als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig.

Für seinen Beitrag **Wenn Maschinen wirtschaften** erhält er den KlarText-Preis im Fachgebiet Informatik.

Koichi Yoshii/iStock

Der Vorteil des Fischauges

Wenn wir älter werden, wird die Sicht schlechter. Der Grund: Die Sinneszellen in unserer Netzhaut verschleißen im Laufe des Lebens. Bei Fischen hingegen sorgen Stammzellen für die ständige Erneuerung. Auch in unseren Augen gibt es Stammzellen. Leider schlafen sie

von ERIKA TSINGOS

Die Licht- und Farbreize, die auf die Netzhaut unserer Augen treffen, werden dort in elektrische Signale umgewandelt und über den Sehnerv ans Gehirn weitergeleitet. Rund 16 Millionen solcher „Informationsbits" verarbeitet unser Hirn – in jeder Sekunde. In der Netzhaut – oder Retina – befindet sich ein komplexes Geflecht von Sinneszellen, die bemerkenswert langlebig sind: Sie begleiten uns von der Wiege bis zur Bahre. Wenn sie allerdings zu Schaden kommen – etwa durch ultraviolette Strahlung oder infolge von Erkrankungen wie Diabetes –, kann der Körper sie nicht ersetzen.

Schon seit Langem suchen Forscherinnen und Forscher deshalb nach geeigneten Therapien und setzen dabei auch auf Stammzellen. Das sind Körperzellen, die sich noch in verschiedene Zelltypen oder Gewebe ausdifferenzieren können – also beispielsweise zu Haut-, Muskel- oder Nervenzellen werden können. Schädigungen der Netzhaut, so die Hoffnung, könnten damit vielleicht einmal geheilt werden.

Die Netzhaut besteht im Wesentlichen aus drei Teilen: dem eigentlichen Nervengewebe, einer umgebenden schwarzen Zellschicht (Pigmentepithel) und einem angrenzenden dünnen Häutchen, der „blinden Netzhaut" (non-visual retina). Alle drei Bestandteile zusammen ermöglichen uns das Sehen: Das Nervengewebe fängt Licht ein und gibt die Information weiter an das Gehirn, das Pigmentepithel schattet reflektiertes Licht ab und versorgt das Nervengewebe mit Nährstoffen. Die blinde Netzhaut hingegen verdankt ihren Namen ihrer indirekten Rolle: Sie regelt die Pupillenöffnung und hält die Flüssigkeit im Augapfel klar.

Bei Säugetieren konnten Forscherinnen und Forscher bisher nur in jener blinden Netzhaut Stammzellen entdecken – mussten aber feststellen, dass sich diese Stammzellen zeitlebens im Zustand des Schlafes befinden, also nicht aktiv sind.

Bei Fischen ist dies hingegen ganz anders: Sie verfügen in ihrer Netzhaut über lebenslang aktive Stammzellen – und zwar in allen drei Teilen der Netzhaut: im Nervengewebe, im Pigmentepithel und in der blinden Netzhaut. Diesen Stammzellen ist es zu verdanken, dass das Auge im Laufe der Entwicklung vom Jung- zum Alttier mitwächst. Und dabei stellt sich eine wichtige Frage: Wie ist sichergestellt, dass in allen drei Teilen immer genau so viele Zellen gebildet werden, die eine funktionstüchtige Netzhaut braucht? Oder genauer: Wie stimmen sich die Zellen untereinander ab? Denn das ist wichtig: Gerät das Zellwachstum außer Kontrolle, könnten krebsartige Geschwüre die Folge sein.

Anders als bei Säugetieren schwindet die Sehkraft bei Fischen nicht mit zunehmendem Alter. Denn aktive Stammzellen lassen die Augen der Tiere mitwachsen. Im Bild: der japanische Reisfisch Medaka

Antworten auf diese Frage erhofften wir uns von dem nur etwa dreieinhalb Zentimeter langen japanischen Reisfisch Medaka (*Oryzias latipes*). Um das Stammzellenwachstum in dessen Netzhaut zu erforschen, mussten wir zunächst einen Trick anwenden. Weil sich die Aktivität von Stammzellen nämlich nicht direkt beobachten lässt, aktivierten wir in ihnen gezielt ein Gen, das die Produktion eines leuchtenden Proteins veranlasste. Dieses Gen wurde bei der Zellteilung an die Tochterzellen vererbt, die sich nun ebenfalls durch das leuchtende Protein verrieten.

In den Netzhautpräparaten erwachsener Fische konnten wir nun zahlreiche dieser farbigen Zellen erkennen. Unser Ziel war nun, die einzelnen Zellgenerationen zu identifizieren. Wir mussten die Teilungen nachvollziehen, also gleichsam Ahnenforschung mit Zellen betreiben.

Da sich die zeitliche Entwicklung der Stammzellenfamilien nicht im Tierpräparat beobachten lässt, bedienten wir uns eines mathematischen Modells als Grundlage für eine Computersimulation. Die simulierte Netzhaut bildete eine halbkugelförmige Oberfläche, auf der die virtuellen Zellen dicht an dicht wie in einem Wabenmuster gepackt waren. Aus früheren Studien wussten wir, dass sich nur die Zellen am Rand der Halbkugel teilen durften: die virtuellen Stammzellen. Wir fütterten dieses Modell also mit unseren Beobachtungen unter dem Mikroskop und veränderten die Parameter derart, dass die Simulation die Beobachtungen gut wiedergab. So konnten wir auf der Basis von wenigen Präparaten gleichsam einen Film über das Stammzellenwachstum im Laufe des Fischlebens erstellen.

Dieser „Zellstammbaum" offenbarte, dass die Stammzellen im Nervengewebe das Wachstum dominieren und den Stammzellen im Pigmentepithel signalisieren, wann sie aktiviert werden und neue Zellen bilden sollen. Die Stammzellen des Nervengewebes geben also offenbar das Wachstumstempo vor, während die Stammzellen des Pigmentepithels sich diesem Tempo anpassen.

Auch auf die zentrale Frage nach der Kommunikation zwischen den Zellen innerhalb des Pigmentepithels lieferte die Simulation einen wichtigen Hinweis: Im Pigmentepithel dauerte es viel länger, bis die Stammzellen neue Tochterzellen erzeugten. Dafür gab es zwei mögliche Gründe: Entweder waren die Zellen von Natur aus weniger ertragreich oder es gab schlafende Stammzellen, die durch ihre Untätigkeit den Durchschnitt verzerrten.

Um der Sache auf den Grund zu gehen, wendeten wir uns wieder dem Reisfisch zu und markierten teilungsfähige Zellen im Pigmentepithel. Dazu verwendeten wir eine farbige Chemikalie, die von den Zellen als natürlicher DNA-Baustein erkannt wird. Überraschenderweise stießen wir dabei auf teilungsfähige Zellen, die aber gar nicht über die notwendigen Proteine für den Teilungsprozess verfügten. Dies mussten die schlafenden Stammzellen sein. Allerdings konnten diese – anders als im Säugetierauge – erwachen und neue Tochterzellen erzeugen.

Der japanische Reisfisch Medaka gehört zu den Modelltieren der Wissenschaft – auch im Labor der Biologin Erika Tsingos

Ingo Knopf

So wurde das Bild immer klarer: Stammzellen des Nervengewebes konnten nach Bedarf neuen Raum erschaffen. In dem Fall wuchs die Oberfläche unserer simulierten Netzhauthalbkugel, während die Stammzellen des Pigmentepithels nur um den bestehenden Platz wetteiferten. Zellen, die keinen Platz ergattern konnten, schliefen ein, bis neuer Wohnraum vorhanden war. So wuchs die Zellbevölkerung im Nervengewebe Hand in Hand mit der im Pigmentepithel. Durch diese gemeinsame Strategie wuchsen beide immer in abgestimmtem Tempo – nicht zu viel und nicht zu wenig.

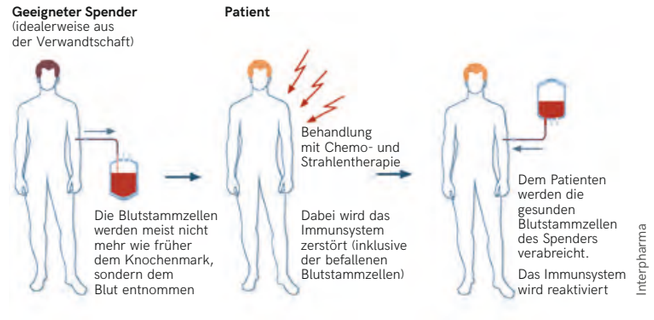
Und was hat es mit der blinden Netzhaut auf sich? Das unscheinbare Häutchen grenzt sowohl ans Nervengewebe als auch ans Pigmentepithel. Und: Anders als im Fischauge finden sich bei Säugetieren nur hier (inaktive) Stammzellen.

Als wir uns nun diese blinde Netzhaut beim Reisfisch anschauten, machten wir eine überraschende Entdeckung. In Jungtieren befinden sich die Stammzellen in einem Zustand der Inaktivität. Sie schlafen. Erst im Laufe der Zeit wachen sie auf und werden aktiv – ihre Tochterzellen siedeln über die Grenze der blinden Netzhaut hinweg ins Pigmentepithel und ins Nervengewebe über. Dort tun sie, was Stammzellen tun: Sie differenzieren sich in die in Pigmentepithel und Nervengewebe benötigten funktionalen Zellen.

Wir wissen nun also erstens, wie sich die Stammzellen in den Netzhautgeweben derart steuern, dass das Wachstum synchron verläuft – für die Funktion des Auges ist dies unerlässlich. Zweitens verfügt die blinde Netzhaut des Reisfisches über Stammzellen, die im Verlauf des Lebens sowohl zum Pigmentepithel als auch zum Nervengewebe beitragen können. Und so steht am Ende unserer Arbeit die große Frage, warum die Stammzellen in der blinden Netzhaut bei Fischen im Lauf des Lebens aktiv werden, während das bei Säugetieren offenbar nicht der Fall ist. Welcher Mechanismus ist für die Aktivierung erforderlich? Und: Ist es auf irgendeine Weise möglich, die Stammzellen im Säugetier und damit auch bei uns Menschen zu aktivieren? Noch sind wir weit davon entfernt, diese Fragen beantworten zu können. Doch sind wir ziemlich sicher, dass in diesen schlafenden Stammzellen in unseren Augen einiges Potenzial steckt.

Große Hoffnungen

Weltweit wird an Therapien mit Stammzellen geforscht. Doch es bleibt kompliziert



Interpharma

Das Prinzip der Therapie mit Stammzellen klingt so vielversprechend. Denn mithilfe dieser Zellen, die noch die Fähigkeit haben, sich in alle Zelltypen eines Organismus zu entwickeln, müsste man doch eine Vielzahl von Krankheiten ein für alle Mal heilen können. Doch so einfach ist das nicht, tatsächlich gibt es in der Praxis bisher nur wenige Anwendungen.

Die am weitesten verbreitete – und auch älteste – Stammzelltherapie richtet sich gegen Erkrankungen des Blutes, Leukämie etwa. Dabei werden Blutstammzellen geeigneter Spenderinnen und Spender transplantiert. Allerdings müssen dazu im Rückenmark der Erkrankten zunächst praktisch alle blutbildenden Zellen zerstört werden. Auch das Abwehrsystem muss abgeschaltet werden, damit die transplantierten Spenderstammzellen nicht gleich wieder abgestoßen werden.

Seit rund 50 Jahren profitieren auch Menschen mit lebensbedrohlichen Verbrennungen von Stammzelltherapien. Dabei wird mithilfe von Hautstammzellen im Labor neue Haut gezüchtet und anschließend transplantiert. Seit Kurzem ist in Europa auch eine stammzellbasierte Behandlung von Verletzungen der Hornhaut des Auges zugelassen. Davon profitieren insbesondere Patientinnen und Patienten, deren Hornhaut bei einem Unfall verätzt wurde.

Es gibt Studien, die perspektivisch auf den erfolgreichen Einsatz von Stammzellen bei neurologischen Erkrankungen wie der Parkinson-Krankheit hoffen lassen. Auch Schädigungen des Herzmuskels durch einen Infarkt könnten zumindest teilweise repariert werden. Wer weiß, vielleicht werden auch Funktionen infolge von Rückenmarksverletzungen zumindest teilweise wiederherstellbar sein.
--- JS

Die Leukämie hat mit den Möglichkeiten der Stammzelltherapie viel von ihrem Schrecken verloren. Wichtig ist stets ein möglichst passgenauer Spender

Trügerische Stille

Methan ist ein besonders wirksames Treibhausgas. Bisher dachte man, es entstünde nur in sauerstofffreien Umgebungen. Doch im Norden Brandenburgs zeigt sich, dass sich Methan auch in den oberen sauerstoffreichen Wasserschichten von Seen bildet

Martin Oczipka IGB/HTW Dresden

Im Großen Stechlinsee betreibt das Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) ein Seelabor

von JAN HARTMANN

Hie und da wächst ein weniges von Schilf und Binsen auf, aber kein Kahn zieht seine Furchen, kein Vogel singt […]. Alles still hier." So beschrieb Theodor Fontane in seinem 1898 erschienenen Roman „Der Stechlin" den Großen Stechlinsee im Norden Brandenburgs. Fast 120 Jahre später liegt der mit rund 70 Metern tiefste See des Bundeslandes noch genauso da. Nur zieht jetzt, im Juni 2017, doch ein Kahn „seine Furchen". Er bringt uns zum Seelabor mitten im See. Wir, das sind Marco Günthel (Swansea University), Thomas Klintzsch (Universität Heidelberg) und ich (ebenfalls Universität Heidelberg). Wir sind Doktoranden und dem Treibhausgas Methan (CH_4) auf der Spur.

Methan ist als Treibhausgas bis zu 32-mal wirksamer als Kohlendioxid (CO_2), gilt aber wegen seiner viel geringeren Konzentration in der Atmosphäre bislang „nur" als zweitwichtigstes Treibhausgas der Erde. Heute liegt die CH_4-Konzentration in der Atmosphäre bis zu 2,5-mal über dem Wert von vor der Industrialisierung. Mittlerweile ist der Mensch für mehr als die Hälfte der jährlichen Methanemissionen verantwortlich – die Rinderzucht sowie der Anbau von Reis gehören zu den Hauptquellen.

Lange gingen Forscherinnen und Forscher davon aus, dass sich Methan nur unter sauerstofffreien Bedingungen bilden kann. Zwar zeigten Untersuchungen in Meeren und Seen immer wieder erhöhte Methankonzentrationen auch in sauerstoffreichen Bereichen, doch erklärte man dieses „Methan-Paradoxon" stets mit dem Transport des Gases aus entfernteren, sauerstofffreien Schichten in die sauerstoffreichen Bereiche. In den letzten Jahren häuften sich aber die Hinweise, dass sich auch in den sauerstoffreichen Schichten Methan bilden kann. So zeigte ein Team um Frank Keppler vom Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg schon 2006, dass selbst Landpflanzen das Treibhausgas freisetzen.

Seit einem Jahrzehnt gehören auch sauerstoffreiche Seen zu den Methanquellen – obwohl die Art und Weise, wie das Gas dort entsteht, bis heute weitgehend unbekannt ist. Neueste Studien lassen eine direkte Produktion durch Phytoplankton, den Photosynthese treibenden pflanzlichen Organismen im Wasser vermuten. Wir wollten wissen, ob das stimmt – und machten uns auf zum Seelabor im Großen Stechlinsee. Denn auch hier, in den sauerstoffreichen Wasserschichten des Sees, findet sich Methan.

Das Seelabor des Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) besteht aus einem zentralen großen Becken mit einem Durchmesser von 30 Metern und 24 kleineren Becken von jeweils 9 Metern Durchmesser, die 20 Meter in die Tiefe reichen (siehe Bild). Wir sind nur eines von vielen Teams, die hier mit ihren Experimenten die Auswirkungen des Klimawandels auf unsere Seen erforschen.

Die verschiedenen Quellen verraten sich durch die Verteilung der unterschiedlich schweren Kohlenstoffatome im Methan. Diese „Isotope" – das schwerere ^{13}C und das leichtere ^{12}C – verhalten sich aufgrund ihres sehr geringen Massenunterschieds in biologischen, chemischen und/oder physikalischen Prozessen unterschiedlich. Die Bestimmung dieser kleinen Unterschiede kann somit wertvolle Informationen über die beteiligten Prozesse und Reaktionen liefern. Erste Untersuchungen deuten nämlich darauf hin, dass das vom Phytoplankton unter sauerstoffreichen Bedingungen produzierte Methan etwas schwerer ist als das in sauerstofffreien Wasserschichten erzeugte.

Wirklich aussagekräftig sind solche Analysen aber erst, wenn sie über längere Zeit kontinuierlich das Geschehen an einem Ort wiedergeben. Solche Messreihen gab es bisher allenfalls auf täglicher Basis – wir entwickelten daher eine neue Methode zur kontinuierlichen Messung der Konzentration und der Isotopenzusammensetzung von Methan im Wasser: Eine Pumpe fördert aus einer bestimmten Tiefe Wasser zunächst durch einen Filter und leitet es anschließend an einer Membran entlang. Auf der wasserabgewandten Seite der Membran herrscht ein Unterdruck, sodass die im Wasser gelösten Gase durch die Membran wandern und anschließend zur kontinuierlichen Analyse in ein Messgerät geleitet werden.

Diese Methode bildet nun das Herzstück unserer Untersuchungen am Großen Stechlinsee. Mit dem von uns entwickelten Ansatz ist es möglich, über einen Zeitraum von vier Stunden alle wesentlichen Parameter des Sees zu erfassen. Wir analysieren also nicht nur die Konzentration von Methan sowie das Verhältnis der beiden unterschiedlich schweren Kohlenstoffisotope. Neben der Temperatur des Wassers und seinem Sauerstoffgehalt ermitteln wir auch die Menge mikroskopisch kleiner Algen, dem Phytoplankton. Natürlich messen wir auch die Methanemission aus dem See in die Atmosphäre. Zudem nehmen wir Proben für weitere Laboruntersuchungen.

Insgesamt untersuchen wir den See über eine Dauer von zwölf Tagen und erhalten so am Ende fast eine Million Datenpunkte – das ist ein in seinem Umfang einzigartiger Datensatz, der erstmals die Dynamik von Methan in Seen enthüllt. Er zeigt aber auch auf, wie das Methan im See durch komplexe biologische und physikalische Prozesse beeinflusst wird. Die Konzentration und Isotopenzusammensetzung von Methan stimmen räumlich und zeitlich sehr gut mit den Vorkommen des Phytoplanktons überein. Das heißt: Die Produktion von Methan steht offenbar in direktem Zusammenhang mit dem Vorkommen der Mikroorganismen in sauerstoffreichen Zonen.

Und das bestätigt sich auch in unseren Laborexperimenten, in denen meine Kollegen die Mikroorganismen aus dem Großen Stechlinsee auf ihre Fähigkeit zur direkten Methanproduktion unter sauerstoffreichen Bedingungen untersuchen. Dafür schließen sie Proben aller wichtigen Phytoplanktongruppen in luftdicht verschlossene Gefäße und analysieren die von den planktonischen Organismen freigesetzten Gase. Tatsächlich steigt die Methankonzentration und ändert sich die Isotopenzusammensetzung des Methans zu schwereren Werten in den Fläschchen mit zunehmender Inkubationsdauer.

Das ist der eindeutige Nachweis, dass das Phytoplankton im Großen Stechlinsee tatsächlich Methan produzieren kann – unter sauerstoffreichen Bedingungen. Und zwar insbesondere in Zeiten hohen Algenwachstums in der oberen sauerstoffreichen Wasserschicht des Sees. Der Umfang dieser Methanemissionen ist unseren Messungen zufolge zudem etwa fünfmal höher als bisher für den Stechlinsee vermutet.

Grundsätzlich wird die Methanproduktion in den oberen Wasserschichten von Seen sowie ihr Anteil an den globalen Methanemissionen von zahlreichen Parametern abhängig sein. Dazu gehören Form und Größe der Gewässer, Temperaturen, Nährstoffverfügbarkeit und andere Gegebenheiten. Wie hoch ihr Beitrag zum atmosphärischen Methangehalt ist, lässt sich derzeit nicht zuverlässig sagen. Gewiss ist, dass das Treibhausgas von hier aus direkt in die Atmosphäre entweichen kann – ein Effekt, der sich infolge zunehmender Einträge von Nährstoffen, etwa durch die Land- oder Fischwirtschaft, zukünftig weiter verstärkt. Da die Klimaerwärmung zu längeren Perioden hoher biologischer Aktivität führt, dürfte dies die Methanemissionen von Seen zusätzlich erhöhen.

Ingo Knopf

Mit dem Boot voller Wasserproben geht es vom Seelabor zurück ans Ufer. Nach zwölf Tagen haben Jan Hartmann und seine Kollegen unzählige Daten gesammelt

Das große Sterben

Am Ende des Perm verschwand fast alles Leben auf der Erde. Auch wegen des Methans

Der weltweite Ausstoß des Treibhausgases Methan erreichte 2017 einen neuen Höchststand. Wie ein Team um Rob Jackson von der Stanford University berichtet, ist Methan mittlerweile für knapp ein Viertel der globalen Erwärmung verantwortlich. Das in den letzten 20 Jahren jährlich in die Atmosphäre freigesetzte Methan hat ein Erwärmungspotenzial, das einer Verdoppelung sämtlicher Treibhausgasemissionen Deutschlands entspricht.

Mehr als die Hälfte der knapp 600 Millionen Tonnen des Gases stammt demnach aus Aktivitäten des Menschen. Hauptquellen sind die Viehzucht und die Verbrennung fossiler Energieträger. Die Emissionen von Rindern und anderen Wiederkäuern seien bei Methan fast so hoch wie die der Brennstoffindustrie, schreiben die Expertinnen und Experten.

Überdies steigt die Gefahr durch die Freisetzung von in Böden gebundenen Methanvorräten. Insbesondere in den arktischen Dauerfrostböden sind riesige Mengen davon gespeichert. Merritt Turetsky von der University of Colorado Boulder und ihr Team fanden Hinweise, dass diese Freisetzung von Methan und auch die von Kohlendioxid vielerorts nicht langsam über Jahrzehnte hinweg erfolgt, sondern teilweise innerhalb weniger Monate oder Jahre.

Auch wenn dieser Effekt weniger als 20 Prozent der Permafrostregionen betrifft, so könnten diese Treibhausgase nach Ansicht der Forscherin die Auswirkungen der Permafrost-Schmelze auf die globale Erwärmung verdoppeln.

Ein Blick in die Erdgeschichte zeigt, welche Folgen eine solche Kaskade von Reaktionen im schlimmsten Fall haben kann. Als vor gut 250 Millionen Jahren in Sibirien flächenhaft Vulkane ausbrachen, stiegen zunächst infolge der freigesetzten Gase weltweit die Temperaturen. Die Meere erwärmten sich, sodass auch große Mengen des in den Schelfsedimenten gebundenes Methans in die Atmosphäre gelangten. Am Ende kollabierten die Ökosysteme im Meer und an Land. Über 90 Prozent all jener Arten, die fossile Zeugnisse hinterlassen, waren ausgelöscht. --- *JS*

Luis Sinco/Kontributor/GettyImages

In der Arktis tauen vielerorts die Dauerfrostböden auf. Das dabei entweichende Methan lässt sich, wie hier in Alaska, eindrucksvoll entzünden

Fotos dieses Artikels: Peter Badge/Typos1

CHRISTIAN DROSTEN

wurde 1972 in Lingen geboren. Er studierte Chemietechnik und Biologie in Dortmund und Münster. Von dort ging er zum Medizinstudium nach Frankfurt. Nach Stationen am Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin in Hamburg und am Universitätsklinikum in Bonn übernahm er 2017 die Leitung des Instituts für Virologie an der Charité in Berlin.

„Die Information der Öffentlichkeit ist so wichtig wie die Entwicklung eines Impfstoffes“

Über Nacht wurde Christian Drosten zum prominenten Berater von Politik und Öffentlichkeit. Für seine verständliche Kommunikation während der Corona-Pandemie erhält er den KlarText-Sonderpreis für Wissenschaftskommunikation

Die App heißt muPro und leuchtet in sattem Blau auf dem Tablet von Christian Drosten. Sie wird im ARD-Hörfunk genutzt und dient der Übertragung von Live-Gesprächen in den Sender. Als die Corona-Pandemie in Deutschland ausbrach, klickte er täglich auf diese App, um zwei Wissenschaftsjournalistinnen vom NDR Rede und Antwort zu stehen. Der Podcast „Coronavirus-Update“ über die aktuelle Forschung wurde rasch zum meistgehörten Format in deutscher Sprache, das es jemals gab.

Christian Drosten ist 48 Jahre alt und leitet das Institut für Virologie an der Charité in Berlin. Sein ganzes Wissenschaftlerleben forscht er schon über Corona-Viren. Der Mann aus dem Emsland ist eine Koryphäe auf seinem Fachgebiet, in Medizinerkreisen ist er weltweit bestens vernetzt. In der Öffentlichkeit kannte ihn hingegen kaum jemand.

Doch während der Corona-Pandemie änderte sich das, und Christian Drosten wurde zum Vorreiter einer neuen Wissenschaftskommunikation: Während über Forscherinnen und Forscher früher vor allem erst dann berichtet wurde, wenn sie Durchbrüche vermeldeten oder eine neue Studie vorstellten, kann die Öffentlichkeit ihnen jetzt während der Arbeit über die Schulter schauen. Jede neue Erkenntnis, jede neue Studie über Corona hat ja einen Nachrichtenwert.

Wegen des Ernstes der Lage sind Forscherinnen und Forscher gefragt, die sie einsortieren können. Und das kann Christian Drosten auf eindrucksvolle Weise. „Die schlaue Eminenz“ nennt ihn der *Tagesspiegel* in einem Porträt, aber dabei geht es nicht um einen Personenkult: Während der Corona-Pandemie erlebt das Ansehen der Forschung eine Renaissance. So greifbar ist die Bedrohung durch das Virus, dass das Vertrauen in die Wissenschaft stark ansteigt. Der *stern* brachte dieses kollektive Aufatmen auf den Punkt: „Drosten hat geschafft, was bislang noch niemandem gelungen ist – wir hören auf einen Wissenschaftler!“

Christian Drosten macht es einem leicht, ihm zuzuhören. Im Podcast „Coronavirus-Update“ holt er bei seinen Antworten exakt so weit aus, dass auch Laien virologische Feinheiten verstehen. Millionen von Zuhörerinnen und Zuhörern erlebten quasi in Echtzeit, wie sich wissenschaftliche Erkenntnis entwickelt.

Einen wesentlichen Beitrag zur Bekämpfung der Pandemie leistete Christian Drosten mit seinem Team übrigens gleich zu Beginn: Als weltweit Erster entwickelte er einen Test für das Virus – die Anleitung dazu veröffentlichte er nicht in einem Fachjournal, sondern verschickte sie mitsamt der nötigen Reagenzien gleich an die führenden Labors, damit in der Bekämpfung der Pandemie ja keine Zeit verloren ging.

Das folgende Gespräch mit Christian Drosten führten wir telefonisch. Die Fragen stellte Kilian Kirchgeßner

Herr Drosten, erinnern Sie sich an den Moment, als Ihnen klar wurde, was da mit COVID-19 auf uns zukommt?
Ich habe die Situation zunächst anders eingeschätzt. In der ersten Januarwoche dachte ich: Okay, das ist ein Sars-Virus, das wir sicher sehr ernst nehmen müssen, aber das sich wohl kontrollieren lässt. Dann sah ich aber, dass es sich dafür ein bisschen zu schnell verbreitet. Da sagte ich zu meiner Frau: Wenn das was anderes ist, dann wird das ein globales Problem. Dann reden wir in diesem Jahr über nichts anderes mehr.

Und genauso kam es dann ja auch. Wann erhielten Sie denn die ersten Proben?
Nachdem es die ersten Fälle in München gab, in der zweiten Januarhälfte also. In Wuhan war bereits ein Lockdown verhängt worden. Da war jedem klar: Das muss eine gravierende Situation sein. Denn einen solchen Lockdown hatte es bei dem Sars-Ausbruch 2003 ja nicht gegeben. Nachdem mir ein Münchner Kollege in einer SMS von einem ersten Fall schrieb, schickte er uns parallel zu ihren Untersuchungen eine Probe …

Warum das?
Das ist in unsicheren Situationen mit neuen Erregern die übliche Praxis. Da würde ein guter Laborleiter nie sagen: Ich mache das jetzt im Alleingang. Er wird immer ein anderes Labor hinzuziehen, dem er vertraut. Da habe ich dann zum ersten Mal gesehen, wie extrem hoch die Viruslast im Rachen ist. In dem Moment wusste ich Bescheid. Das ist so, wie wenn ein erfahrener Arzt seinem Patienten manchmal schon am Gesicht die Diagnose ansieht, auch wenn Röntgenbild, CT-Aufnahme oder Labortests noch gar nicht gemacht sind. Dieses Gefühl entwickelt man über die Jahre. Als erfahrener Labordiagnostiker war mir mit Blick auf die Viruslast im Rachen sofort klar, was da im Busch ist.

Was genau war Ihnen da klar geworden?
Ende Januar hat man gesehen, dass das Virus wahrscheinlich über die oberen Atemwege übertragbar ist. Genau das konnten wir später auch formal nachweisen.

In einem *Spiegel*-Interview erzählten Sie von Ihrer Entscheidung zu jener Zeit, die Kraft Ihrer Arbeitsgruppe in die Entwicklung eines Tests zu investieren, während Sie selbst sich vor allem der Öffentlichkeitsarbeit widmen wollten.
Ich sehe die Information der Öffentlichkeit als eine wichtige Strategie gegen das Virus – genauso wie die Entwicklung eines Medikamentes oder eines Impfstoffes. Dieses interventive Arbeiten genießt nicht die gleiche wissenschaftliche Anerkennung wie die Zahl von Publikationen in renommierten wissenschaftlichen Zeitschriften. Man könnte einfach die Augen und Ohren schließen und sagen: Jetzt ist mein Jahr – jetzt kann ich so viel veröffentlichen wie sonst nie mehr im ganzen Leben, weil mein Thema gerade im Scheinwerferlicht steht.

„Ich bin zwar Virologe, würde mich aber nie über das Herpes-Virus äußern – weil ich darüber nicht arbeite", sagt Christian Drosten

Das hat Sie nicht gelockt?
Nein, das habe ich bewusst abgelehnt, und man wird in meiner Publikationsliste später auch sehen, dass ich als Wissenschaftler aus dieser Krise keinen Profit geschlagen habe. Ich hatte das Gefühl: In dieser Situation bin ich einer der wenigen in Deutschland, die etwas sagen können, das stimmt und auf Dauer trägt. Daraus entstand dann in den Medien die Legende vom Chefberater der Kanzlerin und so weiter. Das ist aber nicht richtig. Natürlich: Frau Merkel hat sich von mir beraten lassen – aber zur gleichen Zeit auch von anderen. Die Beratungen fanden immer nur mit Gruppen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern statt.

Mit Ihrem Podcast suchten Sie gezielt auch die breite Öffentlichkeit jenseits politischer Runden. Wie kam es dazu?
Das hatte zwei Gründe. Der erste Grund war, wie gerade geschildert, dass ich die öffentliche Intervention in einer solchen Pandemie für ganz wichtig halte. Und zweitens baten mich schon um die Karnevalszeit herum so viele Journalistinnen und Journalisten um Stellungnahmen, dass ich die einfach nicht mehr schaffte. Da kommen dann pro Tag 20 Interviewanfragen, und man will ja alle gleich behandeln. In dem Moment kam der NDR mit dem Vorschlag, einen Podcast zu machen. Ich habe gleich zugestimmt, weil ich dort Zeit zum Erklären habe und weil eine weitgehend ungeschnittene Version veröffentlicht wird. Jeder kann nachhören und nachlesen, was ich gesagt habe. Alles ist original, und die öffentlich-rechtliche Quelle steht auch Journalistinnen und Journalisten zur Verfügung. Das finde ich eine gute Lösung.

Sie erklären in Ihren Interviews und im Podcast die komplexesten Zusammenhänge klar und verständlich. Haben Sie eigentlich je ein Medientraining absolviert?
Nein, so etwas habe ich nie gemacht. Prinzipiell entsteht die Fähigkeit zum Erklären dadurch, dass man zum Beispiel Studierende unterrichtet und Diplomanden oder Doktorandinnen betreut. Da erklärt man immer wieder komplexe Zusammenhänge, muss etwas ausholen und dann doch auch auf den Punkt kommen und Handlungsanweisungen geben. Das ist eine gute Schule.

Was würden Sie denn Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern raten, die in ihrem Fachgebiet sehr beschlagen sind, aber einfach nicht so gut ihre Ergebnisse vermitteln können?
Ich sehe eher den gegenteiligen Fall: Jüngere Arbeitsgruppenleiter oder solche, die ihre erste Postdoc-Zeit hinter sich haben, fangen oft ganz umtriebig an zu twittern. Denen rate ich: Warte mal noch ein bisschen, bis du eindeutig eine Fachexpertise hast auf einem Spezialgebiet – und dann rede über dieses Spezialgebiet. Und auch nur darüber.

Und dann kommt häufig eben doch ein eher unverständlicher Wissenschaftlersprech dabei heraus.
Es sind Journalistinnen und Journalisten, die wirklich professionell sind in der Übermittlung von Informationen. Als Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sollten wir nur mit unserem Einschätzungsvermögen in Erscheinung treten. Stellen Sie sich vor, Sie bitten einen Musiklehrer, auf dem Klavier „Hänschen klein" zu spielen – und dann bitten Sie einen Konzertpianisten darum. Der Musiklehrer macht das nicht schlecht und spielt komplett fehlerfrei – aber beim Konzertpianisten erahnt man durch die Simplizität hindurch, dass dahinter noch so viel mehr steckt. Dieses Niveau kann man nur auf seinem eigenen Instrument erreichen – oder, um auf die Wissenschaft zurückzukommen: in seinem Spezialgebiet.

Reden also derzeit zu viele Nicht-Experten mit?
Ich bin zwar Virologe, würde mich aber nie zum Beispiel über das Herpes-Virus äußern – weil ich darüber nicht arbeite. Ich bin in dem Thema nicht kompetenter als ein Journalist, der sich gründlich eingearbeitet hat. Wenn sich Forschende aber wie Journalisten verhalten – und ein paar solcher Figuren gibt es ja in Deutschland –, dann kommt es zu Verwirrung und Verflachung. Daher entsteht in der Öffentlichkeit wie jetzt in der Corona-Pandemie die falsche Wahrnehmung, die Virologinnen und Virologen seien sich nicht einig. Aber das stimmt nicht: Die Virologen, die sich mit dem Thema auskennen, sind sich einig. Aber es gehen Virologen in die Öffentlichkeit, die nicht aus diesem Fachgebiet stammen. Und dadurch kommt es zu vermeintlichen Streitigkeiten.

Sie stehen derzeit ständig in der Öffentlichkeit. Wann geht für Sie diese Phase zu Ende – und was werden Sie dann tun?
Wenn irgendwann eine Impfung verfügbar ist, ist die akute Phase für mich vorbei. Dann ist die Pandemie beendet und wird zu einer chronischen Situation. Pläne für danach habe ich noch nicht. Da liegt ja noch eine lange Strecke vor uns, auf der man sich natürlich auch zwischendurch erholen muss. Ich will zum Beispiel nicht länger als bis sechs, halb sieben im Büro sein. Ich habe einen kleinen Sohn, und den will ich abends noch sehen.

NASA, ESA, S. Baum & C. O'Dea (RIT), R. Perley & W. Cotton (NRAO/AUI/NSF), Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

von ANNA-CHRISTINA EILERS

Im Zentrum dieses Bildes des Hubble-Weltraumteleskops ist die rund zwei Milliarden Lichtjahre entfernte Galaxie Hercules A zu sehen. Sie ist ungefähr 1000-mal so schwer wie die Milchstraße und beherbergt ein supermassereiches zentrales schwarzes Loch. Die beiden Plasmaströme reichen 1,5 Millionen Lichtjahre weit ins Weltall

Rasantes Wachstum

Ein Quasar bezeichnet eine Galaxie, in dessen Zentrum ein aktiv wachsendes schwarzes Loch sitzt. Die am weitesten von der Erde entfernten Quasare geben Einblicke in die Frühzeit des Universums – und verraten einiges über das Wachstum schwarzer Löcher

Nach fast zwanzig Stunden Flug und einigen Stunden Busfahrt bin ich endlich angekommen – inmitten der trockensten Wüste der Welt, der Atacama-Wüste in Chile. Vor mir, auf einem nahe gelegenen Hügel, dem Cerro Paranal, stehen die vier riesigen, von der Europäischen Südsternwarte betriebenen Teleskope. Mit Spiegeln von etwa acht Metern Durchmesser gehören sie zu den größten ihrer Art für optische und infrarote Wellenlängen.

Direkt davor liegt ein halb unterirdisch in der Wüstenlandschaft verstecktes Hotel. Es wird aufgrund der marsähnlichen Umgebung auch „Boarding House on Mars" genannt. Hier sind die Wissenschaftlerinnen und Ingenieure untergebracht, die an den Teleskopen arbeiten. Eine gewisse Bekanntheit verdankt das Hotel dem James-Bond-Film „Ein Quantum Trost", in dem es als Kulisse dient – und am Ende explodiert.

Hier verbringe ich die nächsten Nächte vor unzähligen Monitoren, um weit entfernte Galaxien zu erkunden. Dabei interessiere ich mich für das Wachstum besonders massereicher schwarzer Löcher. Diese befinden sich im Zentrum nahezu aller Galaxien – auch in unserer Heimatgalaxie, der Milchstraße. Obwohl man ein schwarzes Loch – wie der Name ahnen lässt – nicht direkt beobachten kann, lässt sich das Gewicht jenes Massemonsters im Zentrum der Milchstraße recht genau bestimmen.

Beobachtet man die Sterne im Zentrum unserer Galaxie, die auf elliptischen Bahnen ein unsichtbares Objekt zu umkreisen scheinen, lässt sich daraus die Anziehungskraft und ergo die Masse des schwarzen Loches ermitteln. Sagittarius A*, so wird das schwarze Loch in unserer Milchstraße genannt, ist fast fünf Millionen Mal so schwer wie die Sonne. Damit gehört es zu den eher kleinen seiner Art, in weiter entfernten Galaxien können schwarze Löcher mehr als 1000-mal massereicher werden.

Aber auch jedes noch so schwere schwarze Loch hat einmal klein angefangen. Ihren Anfang haben sie typischerweise, wenn der Brennstoff in massereichen Sternen aufgebraucht ist und diese am Ende ihres Lebens in einer gigantischen Explosion – einer Supernova – ihre Gashüllen abwerfen. Der Kern eines solchen Sterns kollabiert sodann zu einem schwarzen Loch.

Schwarze Löcher üben eine enorme Anziehungskraft auf alle Materie in ihrer Umgebung aus. Gas, Staub, Sterne, auch andere kleinere schwarze Löcher – alles

Privat

Für die Erforschung junger Quasare nutzt Anna-Christina Eilers Daten der derzeit größten Teleskope für optische und infrarote Wellenlängen – hier: das Mauna-Kea-Observatorium auf Hawaii

in ihrer Reichweite wird aufgrund der Gravitationskraft angezogen. Wegen des Drehimpulses bewegt sich die Materie nur langsam entlang spiralförmiger Bahnen auf das schwarze Loch zu. Auf diese Art wachsen schwarze Löcher und werden mit der Zeit schwerer und schwerer.

Dabei wird jedoch nicht die gesamte Materie verschluckt. Ein Teil wird vielmehr in Energie umgewandelt und wieder abgestrahlt. Deshalb sind wachsende, sogenannte „aktive" schwarze Löcher, paradoxerweise die hellsten Objekte, die wir im Universum beobachten können. Schlummert ein schwarzes Loch hingegen ruhig vor sich hin und verschlingt keine Materie, strahlt es keine Energie ab.

Galaxien, in deren Zentrum ein solches aktiv wachsendes schwarzes Loch sitzt, werden auch Quasare genannt. Aufgrund ihrer enormen Leuchtkraft kann man auch sehr weit entfernte Quasare beobachten, deren Licht viele Milliarden Lichtjahre unterwegs war, bevor es die Erde erreicht. Deshalb transportiert es wertvolle Informationen aus der Vergangenheit. Es ermöglicht uns eine Zeitreise und erlaubt Rückschlüsse auf das junge, gerade einige Hundert Millionen Jahre alte Universum.

Genau für diese Quasare interessiere ich mich. Zusammen mit meinen Kollegen Joe Hennawi und Fred Davies von der University of California, Santa Barbara, suche ich eine Antwort auf die Frage, wie schnell schwarze Löcher in der Anfangszeit des Universums heranwachsen können.

Das Alter der Quasare spielt dabei eine wichtige Rolle. Weil deren Bestimmung bisher nur ungenau möglich war, entwickelten wir eine neue Methode. Sie beruht auf folgender Idee: Je älter Quasare sind, desto mehr Zeit zum Wachsen haben die schwarzen Löcher. Während dieser Wachstumsphase emittieren Quasare Strahlung, die ihrerseits das Gas in ihrer Umgebung anregt und ionisiert. Doch ionisiertes Gas absorbiert weniger Licht als neutrales Gas, und deshalb kann ein größerer Anteil des Lichts der Quasare durch die Gaswolken dringen und von unseren Teleskopen eingefangen werden. Junge Quasare haben nur einen kleinen Teil des sie umgebenden Gases ionisiert. Ihr Licht wird nahezu vollständig absorbiert und erreicht die Erde nicht. Der Anteil des Lichts in der unmittelbaren Umgebung der Quasare lässt also auf ihr Alter schließen.

Trotz der enormen Helligkeit dieser Objekte, ist ihr Licht nach der Reise von vielen Milliarden Jahren extrem schwach. Messbar wird es nur mit den derzeit größten Teleskopen für optische und infrarote Wellenlängen. Ihre Spiegel haben Durchmesser von acht bis zehn Metern. Sie stehen auf dem Gipfel eines Vulkans in Hawaii und hier, in der chilenischen Atacama-Wüste. Diese entlegenen Orte eignen sich deshalb so gut, weil die Luft in großen Höhen dünn ist und es keine störenden Lichtquellen gibt.

Anhand unserer Beobachtungen gelang es uns zum ersten Mal, auf diese Weise das Alter von Quasaren zu bestimmen – mit einem überraschenden Ergebnis: Einige der Quasare waren zu dem Zeitpunkt, als ihr Licht im frühen Universum ausgestrahlt wurde, nur wenige Tausend Jahre alt – so alt wie heute die Pyramiden in Ägypten. Das ist für die Wachstumsphase eines so massereichen schwarzen Loches eine sehr kurze Zeitspanne. Diese Entdeckung stellt uns Astronomen momentan vor große Rätsel. Wie die schwarzen Löcher im Zentrum der jungen Quasare in nur so kurzer Zeit so groß werden konnten, lässt sich bisher mit keiner physikalischen Theorie erklären.

Doch haben wir ein paar Ideen, wie wir die Modelle anpassen können, damit sie unsere Ergebnisse erklären. So ist beispielsweise denkbar, dass Quasare bei ihrer Entstehung in große Staubwolken eingebettet sind. Diese könnten die schwarzen Löcher während ihrer ersten Wachstumsphase verdunkelt haben, sodass wir sie zunächst nicht beobachten können. Das würde darauf hindeuten, dass es womöglich eine große Anzahl versteckter Quasare im frühen Universum gibt, die wir bisher noch nicht entdeckt haben.

Möglich ist auch, dass ein größerer Anteil der angezogenen Materie von den schwarzen Löchern verschlungen wird und geringere Anteile als bisher gedacht in Strahlung umgewandelt werden. Wäre dies korrekt, bedeutet das, dass unser Verständnis der physikalischen Prozesse des Wachstums schwarzer Löcher noch unvollständig ist. Mithilfe des James-Webb-Weltraumteleskops, das im Herbst 2021 ins All starten soll und besser denn je in die Tiefen unseres Universums blicken wird, erhoffen wir uns viele neue Erkenntnisse, die uns helfen, das Rätsel der jungen Quasare zu lösen.

Auch hier, in unmittelbarer Nachbarschaft zum „Boarding House on Mars", stehen schon die Fundamente für ein noch größeres Teleskop. Wenn ich im Morgengrauen den Kontrollraum am Cerro Paranal verlasse und nach einer langen Nacht zum Hotel zurückkehre, kann ich die Baustelle des Extremely Large Telescope sehen. Wenn es fertig ist, verfügt es über einen Spiegel mit einem Durchmesser von fast 40 Metern und könnte unsere Kenntnisse über das Universum revolutionieren.

Die Erde, eine Murmel

Wie aus unserem Planeten ein schwarzes Loch wird – ein Gedankenspiel

Pixtal/F1online

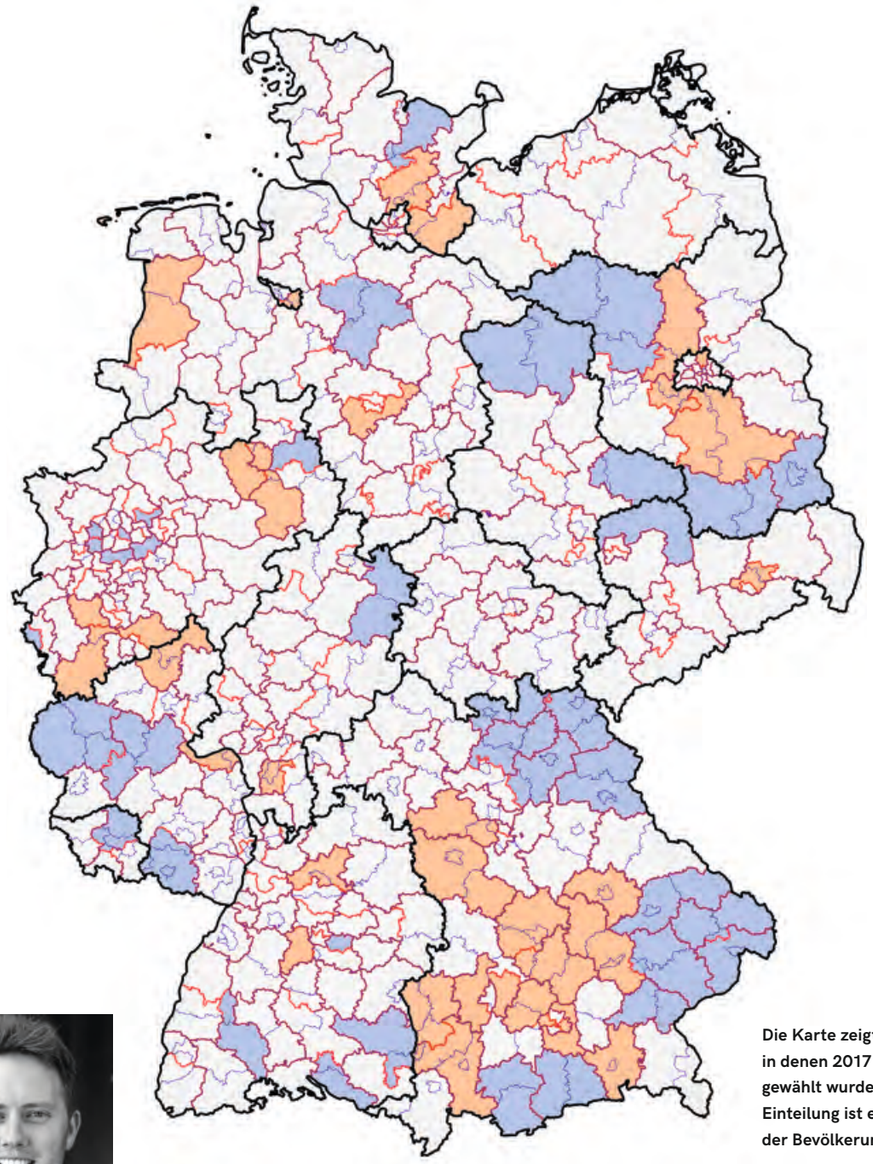
Das Ende eines massereichen Sterns ist ziemlich spektakulär. Denn wenn der Brennstoff in seinem Inneren aufgebraucht ist, kommt die Energiefreisetzung durch thermonukleare Fusionsprozesse zum Erliegen. Und das bedeutet das schlagartige Ende des Gleichgewichtes zwischen dem nach außen gerichteten Strahlungsdruck und der nach innen wirkenden Gravitationskraft. Der Stern kollabiert.

Hat dieser Stern eine Masse, die ungefähr 40-mal so groß ist wie die der Sonne, pressen die zusammenstürzenden äußeren Schichten die Materie im Zentralbereich des Sterns ins Unermessliche zusammen. Es entsteht ein schwarzes Loch – ein unsichtbarer kompakter Körper, dessen Schwerkraft so groß ist, dass selbst Licht ihm nicht entkommt.

Was da Unvorstellbares passiert, lässt sich am Beispiel der „Fluchtgeschwindigkeit" zeigen. Das ist jene Geschwindigkeit, die ein Objekt erreichen muss, um die Schwerkraft eines Himmelskörpers zu überwinden. Im Fall der Erde etwa muss eine Rakete gut 40000 Kilometer pro Stunde schnell werden, um ins All zu gelangen.

Die Fluchtgeschwindigkeit nimmt zu, je stärker eine Masse zusammengedrückt wird. Ein schwarzes Loch ist so kompakt, dass die Fluchtgeschwindigkeit den größtmöglichen Wert übersteigt: die Lichtgeschwindigkeit. Selbst Licht kann es also nicht mehr verlassen.

Es lässt sich nun ausrechnen, wie sehr man die Erde zusammenpressen müsste, bis ihre Fluchtgeschwindigkeit theoretisch der Lichtgeschwindigkeit entspräche. Ergebnis: Unser Planet würde zu einem schwarzen Loch, wenn er einen Durchmesser von nur rund 1,8 Zentimetern hätte. --- *JS*



Die Karte zeigt die 299 Wahlkreise, in denen 2017 der Bundestag gewählt wurde (rot umrandet). Ihre Einteilung ist etwa hinsichtlich der Bevölkerungszahl nicht optimal:

- bis 25 % über dem gesetzlichen Maximum
- gesetzliches Soll: weniger als 15 % Abweichung
- bis 25 % unter dem gesetzlichen Minimum

GeoBasis-DE/Bundesamt für Kartographie und Geodäsie/Der Bundeswahlleiter, Statistisches Bundesamt

von **SEBASTIAN GODERBAUER**

Die beste Wahl

Der Bundestag wird in 299 Wahlkreisen gewählt. Diese werden immer wieder mal verändert – wie, das steht im Wahlgesetz. Diese komplexe Aufgabe wird bisher per Hand gelöst. Mit einem mathematischen Modell ginge es viel besser

Stellen Sie sich vor, Sie sind Politikerin oder Politiker im Deutschen Bundestag. Bei der letzten Wahl hatten die Wählerinnen und Wähler in Ihrem Wahlkreis mehrheitlich das Kreuzchen neben Ihren Namen gesetzt. Nun sind Sie eine oder einer von 299 direkt gewählten Abgeordnetinnen und Abgeordneten im Parlament in Berlin. Sie mögen den Job – und schielen auf Ihre Wiederwahl. Doch die Stimmungslage in Ihrem Wahlgebiet macht Ihnen Sorgen. Die Menschen in den Städten halten weiterhin zu Ihnen, doch in den ländlichen Regionen macht sich zunehmend Enttäuschung breit. Ihr Wiedereinzug in den Bundestag ist gefährdet.

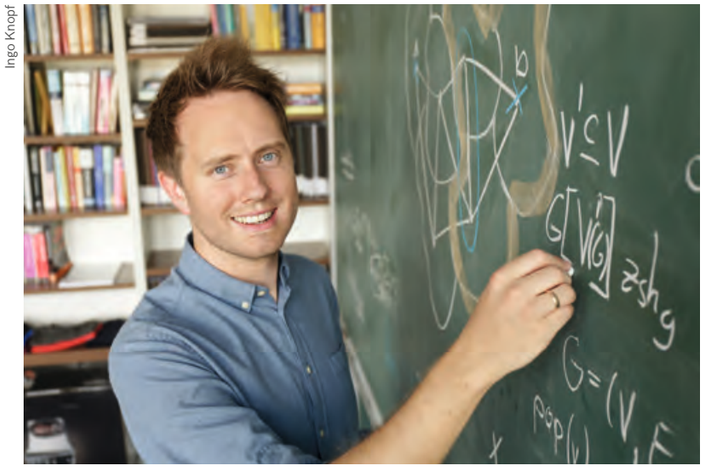
Da kommt Ihnen ein Gedanke: Was wäre, wenn Sie Ihren Wahlkreis so verändern, dass er weniger ländlich geprägt ist? Wie wäre es, die Grenzen des Wahlkreises zu verschieben und die Chancen auf eine Wiederwahl so zu steigern?

Tatsächlich werden vor jeder Wahl einzelne Änderungen an den 299 Wahlkreisen vorgenommen – und zwar vom Gesetzgeber, dem Deutschen Bundestag also. Die Regeln dafür legt das Wahlgesetz fest. Darin finden sich einerseits Vorgaben, die jeder Wahlkreis unbedingt einzuhalten hat. Zusätzlich gibt es Kriterien, die eine Wahlkreiseinteilung so gut wie möglich zu erfüllen hat, zum Beispiel, dass jeder Wahlkreis möglichst gleich viele Einwohnerinnen und Einwohner haben soll. Mathematisch gesehen entspricht diese Festlegung von Wahlkreisen einem sogenannten Optimierungsproblem. Wir wollten herausfinden, ob die aktuelle Einteilung im Sinne der Vorgaben bestmöglich ist, also ob Optimalität vorliegt.

Ein Optimierungsproblem umfasst die Aufgabe, unter allen zulässigen Lösungen eine beste zu finden. Zulässig ist eine Lösung, wenn sie alle strikt zu erfüllenden Bedingungen einhält. So muss laut Gesetz ein Wahlkreis aus einem zusammenhängenden Gebiet bestehen und soll sich an bestehenden Verwaltungseinheiten wie zum Beispiel Landkreisen, Großstädten und Gemeinden orientieren. Die Menschen eines Wahlkreises sollen also nicht nur eine numerische Größe sein, sondern auch geografisch „ein zusammengehöriges und abgerundetes Ganzes" bilden, wie das Bundesverfassungsgericht unterstrich. Außerdem sollen in jedem Wahlkreis mindestens 185 000 und höchstens 305 000 Deutsche leben.

Alle Lösungen, die diese Bedingungen erfüllen, sind zulässig. Welche nun die beste ist, bestimmen die Optimierungskriterien. Diese bewerten jede zulässige Lösung, dies erstellt eine Rangliste. An der Spitze des Rankings findet man eine Optimallösung. Eine solche zu ermitteln, ist das Ziel der Optimierung.

Unter diesen Voraussetzungen wollten wir nun eine optimale Einteilung der Wahlkreise für die Bundestagswahl berechnen – natürlich optimal nach Recht und Gesetz und nicht zur Verbesserung einer Wahlchance. Im ersten Schritt galt es, die im Wahlgesetz



Ingo Knopf

genannten Vorgaben in die Sprache der Mathematik zu überführen. Rein mathematisch kann dieses Gebietsplanungsproblem als eine Zerlegungsaufgabe einer abstrakten Struktur aus der „Graphentheorie" interpretiert werden: Ein Graph repräsentiert eine Menge von Objekten und bestehende Verbindungen zwischen diesen. Die Objekte werden als Knoten bezeichnet, Verbindungen zwischen je zwei Knoten werden Kanten genannt. Unseren Graphen entwickeln wir ausgehend von einer Landkarte Deutschlands. Dies kann man grafisch veranschaulichen. Alle Städte werden in ihren Zentren mit einem Punkt markiert, das sind unsere Knoten des Graphen. Außerdem verbinden wir zwei Knoten mit einer Kante in Form einer geraden Linie, falls die zwei zugehörigen Gebiete benachbart sind. Nun lautet die abstrahierte Aufgabenstellung: Entferne Kanten des Graphen und zerlege so den Graphen in 299 Teilgraphen. Jeder Teilgraph wird anhand der Landkarte als einer der 299 Wahlkreise interpretiert.

Eine große, in der Forschung bisher unberücksichtigte Herausforderung hierbei war die Orientierung der Wahlkreise an bestehenden administrativen Grenzen. Um diese zu meistern, war Knobelarbeit angesagt. Wir skizzierten immer wieder neue Ideen und konstruierten Variablen und Gleichungen, mit deren Hilfe wir am Ende die Kriterien aus dem Gesetz in ein mathematisches Modell aus Entscheidungsvariablen, Nebenbedingungen und einer Zielfunktion überführen konnten.

Im nächsten Schritt galt es, ein Verfahren zu entwickeln, das eine optimale Wahlkreiseinteilung identifiziert, also unser aufgestelltes Optimierungsproblem löst. Auf den ersten Blick könnte man alle möglichen Graphzerlegungen der Reihe nach durchgehen, auf Zulässigkeit prüfen und auf diese Weise Stück für Stück eine Rangliste erstellen. Doch das ist selbst mit den leistungsstärksten Computern unmöglich, weil es für die Zerlegung des Graphen in Teilgraphen unvorstellbar viele Kombinationen gibt – nämlich mehr, als es Atome im Universum gibt. Und das sind immerhin etwa 10^{85} Stück.

Bei einer derartigen kombinatorischen Explosion kann die „Theorie der gemischt-ganzzahligen linearen Optimierung" helfen. Bei dieser algorithmischen Suche nach einer Optimallösung wird der Lösungsraum abschnittsweise durchforstet. Dieser Raum umfasst alle durch das mathematische Modell beschriebenen Lösungen. Das Geheimnis: Es können Schritt für Schritt Teile des Lösungsraumes ausgeschlossen werden, ohne die enthaltenen Lösungen im Einzelnen anschauen zu müssen. Vor Betreten eines neuen Teilraumes kann abgeschätzt werden, wie gut eine beste Lösung in diesem Abschnitt sein kann. Hat der Algorithmus zuvor, in einem anderen Abschnitt, schon eine bessere Lösung gefunden, kann dieser Teilraum ignoriert werden. Schlussendlich müssen auf diese Weise nur vergleichsweise wenige zulässige Lösungen genauer betrachtet werden.

Die Erkenntnis unserer Arbeit: Die rechtlichen Kriterien lassen sich mithilfe unseres Modells besser erfüllen, als es bis jetzt der Fall war. In der Praxis werden Wahlkreise für die Bundestagswahl bisher per Hand eingeteilt, wobei ausgeglichenen Bevölkerungszahlen zwischen den Wahlkreisen eine eher untergeordnete Rolle beigemessen wird. Die teilweise hohen Abweichungen wurden sogar schon von internationalen Wahlbeobachterinnen und -beobachtern der Organisation für Sicherheit und Zusammenarbeit in Europa (OSZE) kritisiert. Den Entscheidungsträgerinnen und -trägern im Deutschen Bundestag ist indes wichtiger, dass sich Wahlkreise an Verwaltungsgrenzen von Landkreisen, Großstädten und Ähnliches orientieren. Dieses Ziel erfüllen die gegenwärtigen Wahl-kreise sehr gut. Unsere Forschung zeigt aber, dass sich darüber hinaus auch das Ziel ähnlich bevölkerter Wahlkreise erreichen lässt, und zwar ohne Qualitätseinbußen im Ziel der Verwaltungsgrenzen hinnehmen zu müssen. Beide Bewertungskriterien können gleichzeitig sehr gut erfüllt werden.

Dass die derzeit geltenden Wahlkreise keine Optimallösung bilden, ist natürlich nicht Ausdruck gezielter Manipulationen, sondern ergibt sich aus der Komplexität des Problems, das per Hand schlichtweg nicht optimal lösbar ist. Der Bundeswahlleiter setzt daher gerade jetzt auf unsere Ergebnisse. Denn es gilt, ein akutes Problem zu bewältigen: die Größe des Bundestages. Der wächst von Wahl zu Wahl und muss mittlerweile 709 Abgeordnetinnen und Abgeordneten Platz bieten – weit mehr als die im Gesetz genannte Soll-Mitgliederzahl von 598. Im Auftrag des Wahlleiters haben wir daher auf der Basis unserer Forschung Karten mit 270, 250, 200 und 125 möglichst fairen Wahlkreisen erstellt. „Die optimierungsbasierten Wahlkreiseinteilungen sind", so Bundeswahlleiter Georg Thiel, „ein essenzieller Bestandteil der Bemühungen um eine Wahlrechtsreform."

Von Politikerinnen und Politikern werden unsere Wahlkreise hingegen teils kritisch begutachtet. Immerhin ändert eine große Reform der Wahlkreisgrenzen deren politische Heimat und womöglich ihre Chancen auf eine Wiederwahl. Im Fall einer Reduktion der Wahlkreisanzahl kann ein Argument unserer Arbeit allerdings schwer übertroffen werden: Die Wahlkreise werden objektiv und nur anhand der Vorgaben aus Recht und Gesetz mathematisch optimal berechnet sein.

Vor allem die Orientierung der Wahlkreise an bestehenden administrativen Grenzen erwies sich als ziemlich schwierig. „Um dies zu meistern", so Sebastian Goderbauer, „war Knobelarbeit angesagt"

Krumme Touren

In den USA legen Regierungen die Wahlkreise fest – und lassen sich dabei ziemlich unverblümt von parteipolitischen Interessen leiten

Am Ende schaffte es Elbridge Gerry (1744–1814) immerhin noch bis zur Vizepräsidentschaft. Er hatte als einer der Unterzeichner der amerikanischen Unabhängigkeitserklärung zwar großes Ansehen genossen, war dann aber als Gouverneur von Massachusetts eine, wie viele Zeitgenossen urteilten, ziemlich krumme Tour gefahren: Er hatte die Grenzen eines Wahldistrikts bei Boston derart verändert, dass seine Demokratisch-Republikanische Partei davon profitierte. In einer Zeitung erschien daraufhin eine Karikatur, in der die Karte aussah wie ein „Salamander".

Elkanah Tisdale (1771–1835)/gemeinfrei

Die Karikatur zum „Gerrymandering" erschien 1812 in der Boston Gazette

Und so entstand ein Kofferwort, das bis heute vor allem in den USA regelmäßig in aller Munde ist: Gerrymandering (von Gerry und Salamander). Dort werden die Wahlkreise alle zehn Jahre neu festgelegt. Dies geschieht allerdings nicht vonseiten einer politisch neutralen Stelle, sondern durch die Regierung des jeweiligen Bundesstaates. Und die tut dies ganz in ihrem eigenen Sinne.

Dabei scheuen die Verantwortlichen auch vor mitunter üblen, gleichwohl legalen Tricks nicht zurück. So werden große Gefängnisse gerne den Wahlkreisen zugeschlagen, deren Einwohnerzahl ansonsten für einen eigenen Wahlkreis nicht ausreichen. Da Inhaftierte aber fast nirgends wählen dürfen, entscheidet demnach eine relativ kleine Zahl von wahlberechtigten Bürgerinnen und Bürgern letztlich über eine überproportionale Zahl von Abgeordnetinnen und Abgeordneten. Vor allem die Republikaner profitieren von dieser Praxis in dünn besiedelten ländlichen Regionen.

In Deutschland werden die Wahlkreise hingegen vom Gesetzgeber, dem Bundestag, festgelegt. Zwar ist das Verhältniswahlrecht für das Gerrymandering wenig anfällig, wegen der Grund-, Direkt- und Überhangmandate ist es aber auch hierzulande nicht ganz ausgeschlossen. So fürchteten Vertreter der PDS, als 2001 in Berlin die Bundestagswahlkreise neu zugeschnitten wurden, die ehemaligen Bezirke im West- und Ostteil der Stadt würden derart zusammengelegt, dass die Partei dort kaum Direktmandate erringen könne. --- *JS*

Fotos dieses Artikels: Julia Nimke

Abtauchen fürs Klima

Ein Gespräch mit der Tiefseeforscherin Antje Boetius und dem ehemaligen Bundestagspräsidenten Norbert Lammert über Abenteurergeist, das Jobprofil für chinesische Regierungssprecher und eine gemeinsame Tauchfahrt

Antje Boetius ist Meeres- und Polarforscherin. Die Professorin für Geomikrobiologie an der Universität Bremen leitet seit 2017 das Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven. Sie beschäftigt sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die Tiefsee

Norbert Lammert ist seit Januar 2018 Vorsitzender der Konrad-Adenauer-Stiftung. Zuvor war er zwölf Jahre Präsident des Deutschen Bundestages, dem er als CDU-Abgeordneter fast vier Jahrzehnte angehörte

Frau Boetius, als Meeresforscherin sind Sie auf allen Weltmeeren unterwegs. Neben vielem anderen haben Sie auch methanfressende Mikroorganismen in der Tiefsee des Arktischen Ozeans untersucht. Können die uns im Kampf gegen den Klimawandel helfen?
Boetius: Die methanfressenden Mikroorganismen in den Meeren helfen uns permanent. Sie sind entscheidend dafür, dass unsere Erde für uns überhaupt bewohnbar ist. Sie fressen das Treibhausgas Methan, das bei Fäulnisprozessen im Meeresboden entsteht, gleich wieder auf. So gelangt es gar nicht erst in die Atmosphäre. Es bleibt in einem natürlichen Kreislauf. Die Erwärmung der Meere kann diese Balance aber außer Kraft setzen. Das war und ist ein großer Teil meiner Forschung: Wie sind wir Menschen mit der Natur vernetzt, wie funktionieren diese Mikroorganismen, die seit Hunderten Millionen Jahren diese fantastische Leistung für ein gutes Klima erbringen.

Sie tauchen mit U-Booten in die Tiefe hinab. Wie viel Abenteurergeist steckt in Ihrer Wissenschaft?
Boetius: Die Grundvoraussetzung ist Neugierde. Damit war ich als Kind schon reich gesegnet. Ich hatte diese Idee von unserem Planeten Erde als einem unerschöpflichen Ort des Unbekannten. Und das ist auch richtig so: Wir haben noch nicht einmal 0,1 Prozent von der Tiefsee örtlich gesehen oder vermessen. Man kann immer noch riesige Berge im Meer entdecken und unglaublich viel fremdes Leben aufspüren.

Herr Lammert, würden Sie mit Frau Boetius ins U-Boot steigen?
Lammert: Sofort, ja.

Keine Angst?
Lammert: Nein. In der sicheren Annahme, Frau Boetius ginge ja auch nicht rein, wenn sie nicht davon überzeugt wäre, dass wir wieder hochkommen.
(Boetius lacht)

Herr Lammert, waren Sie in den Naturwissenschaften begabt?
Lammert: Nein, überhaupt nicht. Aber ich hatte einen sehr begabten besten Schulfreund, der mir auch glücklicherweise bis heute erhalten geblieben ist, und wir hatten eine perfekte Arbeitsteilung. Er war für alle Naturwissenschaften und ich für alle Sprach- und Geisteswissenschaften zuständig. Und gemeinsam waren wir unschlagbar.

Sie wurden als ältestes von sieben Kindern in eine Bäckerfamilie in Bochum geboren. Warum wurde es die Politik und nicht das Backhandwerk?
Lammert: Na ja, weil mir für das Letztere offenkundig jegliche Begabung fehlte, was mein Vater auch schnell begriffen hatte und deswegen nach meiner Erinnerung nie auch nur einen ernsthaften Versuch unternommen hat, mir seinen Betrieb anzuvertrauen.

Sind Sie beide in Ihren Traumberufen gelandet?
Boetius: Ja, bei mir war es ziemlich früh die Meeresforschung, auch wenn ich lange keinen genauen Begriff davon hatte, was es bedeutet, Forscherin zu sein. Ich habe in der Familie Seefahrer, mein Opa war Kapitän, also hatte ich mich auch auf Schiffen verortet. Entdeckung und Expeditionen wollte ich dann zu meinem Beruf machen.
Lammert: Jedenfalls kann ich mir keinen anderen Beruf vorstellen, der für meine Interessen und vielleicht auch Begabungen besser geeignet gewesen wäre. Aber dass ich immer schon Politiker oder Bundestagspräsident hätte werden wollen, ist ja eine geradezu groteske Vorstellung.

Im Pariser Klimaabkommen von 2015 wurden Regeln für den weltweiten Klimaschutz vereinbart. Wie weit sind wir bei der Umsetzung?
Lammert: Ganz offenkundig nicht weit genug. Und wir sehen im Übrigen ja auch in der Zwischenzeit leider mehr Absatzbewegungen von getroffenen Vereinbarungen als einen Ehrgeiz zur Einhaltung oder gar schnelleren Erledigung von Verpflichtungen. Was aber einmal mehr deutlich macht, dass Politik im Unterschied zur Wissenschaft nichts mit Wahrheitsfindung zu tun hat, sondern mit Entscheidungsfindung unter Berücksichtigung von Interessen. Und das ist, ob leider oder Gott sei Dank, jedenfalls ein ganz anderer Prozess, der einer anderen Logik folgt.

Boetius: Mir kommt es manchmal so vor, dass es sich dabei um eine Logik der Unlogik handelt. Was wir „Interessen" nennen,

Norbert Lammert und Antje Boetius bei der Aufnahme zum Podcast „Treffen sich Welten" in Berlin

das muss man definieren. Absehbare Risiken mit in politische Entscheidungsprozesse zu nehmen und langfristige Horizonte zu berücksichtigen, kann genauso Politik und Interessenvertretung sein. Für mich besteht die höchste Kunst der Politik nun darin, die Pflege der Natur aus fundamentalen Interessen der Gesellschaft umzusetzen.

Darf Klimapolitik eigentlich noch parteipolitisch besetzt sein, oder müsste sie nicht über allem stehen?
Lammert: Also tendenziell würde ich das für eine gut gemeinte Form von Fundamentalismus halten, dass man ein Thema, welches einem selber besonders wichtig ist, gewissermaßen vor die Klammer aller übrigen Fragen nimmt und sagt: Aber das darf nicht nach den gleichen Mechanismen behandelt werden wie alle übrigen Themen. Wieso eigentlich? Was ist mit dem Thema

Friedenssicherung? Würden Sie da sagen, na ja, das kann man schon dem Streit unterschiedlicher Interessen zur Verfügung stellen, Klimawandel aber nicht?

Boetius: Da bin ich ganz bei Ihnen, dass uns das nicht weiterhilft, nur eine Krise vor die Klammer zu ziehen. Beim Klimaschutz geht es darum, in ein anderes Energiesystem überzutreten. Und dafür sind jede Menge Lösungen da. Deshalb ist es so schwer zu verstehen, warum dieser so offensichtliche Zukunftspfad nicht gegangen wird. Und da geht es letztlich um Werte des Lebens, wo sich mir die Frage stellt: Warum finde ich diese Werte nicht ausgeprägter in einer Partei wie der Ihren, Herr Lammert, die sich auf christlich-soziale Werte bezieht? Was einen Naturbegriff einschließt, ihn aber nicht ausfüllt.

Lammert: Ja, aber Politik hat mindestens so sehr mit Sachverhalten wie mit Menschen zu tun und mit deren Prioritäten in der Behandlung von Sachverhalten. Und um das jetzt noch mal auf die Systemfrage zu projizieren: Wir steigen nun nach einem zugegebenermaßen langwierigen, komplizierten, zähen, demokratischen Prozess nicht nur aus der Kohleförderung, sondern auch aus der Kohleverbrennung aus. Und das, was wir dann an Kohlekraftwerken in Deutschland stilllegen, steht statistisch in einem beinahe lächerlichen Verhältnis zu dem Zubau von Kohlekraftwerken in einem autoritär geführten Land wie China, das ohne Rücksicht auf Mehrheiten eigentlich eine klimarelevante Politik betreiben könnte, aber eben nicht betreibt.

Boetius: Dabei muss ich aber sagen, dass für mich Hoffnung kam, als wir mit der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina die Chinesische Akademie der Wissenschaften besucht haben. Wir haben dort über Menschenrechte und über offene Wissenschaft gesprochen und erlebt, wie die leitenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sich mit einer Klarheit auf den Klimawandel und das Problem der Kohlekraftwerke und der Luftverschmutzung in China bezogen haben, an der es uns oft mangelt. Und Europas Verhandlungsposition gegenüber China hat nicht nur mit deren CO_2-Emissionsanteil von heute zu tun, sondern mit unserer gesamten Geschichte. Da trägt Europa für den heutigen Klimawandel Verantwortung, wohingegen China vor allem für die Zukunft mitverantwortlich ist.

Herr Lammert, die Unionsparteien haben in der Bundesrepublik am häufigsten die Kanzlerin oder den Kanzler gestellt. Wurde da in Sachen Klimaschutz zu zögerlich agiert?
Lammert: Na ja, also mir fallen da solche und solche Aspekte ein. Es sind auch unionsgeführte Bundesregierungen gewesen, die überhaupt als erste Umweltministerien gegründet haben. Ich finde es unter vielerlei Gesichtspunkten ärgerlich, dass meine Partei das Profil, das sie zu einem früheren Zeitpunkt in der Umweltpolitik gewonnen hatte, dann aus mancherlei Gründen vernachlässigt und prompt verloren hat. Aber dass die einen dieses Thema wahrgenommen und die anderen notorisch vernachlässigt hätten, davon kann sicher keine Rede sein.
Boetius: Nein, auf keinen Fall. Vor allen Dingen, wenn man sich überlegt, wie man in 50 Jahren über die zurückliegenden CDU-Regierungsjahre denkt, dann wird man wahrscheinlich aufzählen müssen, dass diese Regierung aus Atomkraft, aus Kohle, aus Erdöl und Erdgas ausgestiegen ist. Deswegen kann es sein, aus der langfristigen Perspektive, dass das sehr gut ausgehen wird für die CDU.
Lammert: Ich hatte vorhin schon fast den Eindruck, Sie wollten sich als Regierungssprecherin in China bewerben. Jetzt nehme ich das als Doppelbewerbung für den Parteisprecher der Union und in China.
(Boetius lacht)

Boetius: Das ist der Vorteil, wenn man unabhängig ist, dass man mit jeder Partei über ihre Pros und Cons offen sprechen kann.
(beide lachen)

Ihr Fazit: Das Klima retten wir …
Boetius: … nur, wenn wir Regeln setzen, die der Verschmutzung und der Übernutzung der Atmosphäre Einhalt gebieten. Und zwar sofort. Denn wir haben weniger als 15 Jahre Zeit, die Infrastrukturen so auf die Bahn zu bringen, dass es nicht zu ganz verheerendem Leid auf der Erde kommt. Und das war jetzt nüchtern formuliert.
Lammert: Ich versuch's ähnlich nüchtern: Wir retten das Klima nur in einer intelligenten gemeinsamen Kraftanstrengung von Politik und Wissenschaft.

Und was bleibt Ihnen vom heutigen Gespräch in Erinnerung?
Lammert: Na ja, die Aussicht auf das gemeinsame Tiefseeunternehmen und der damit verbundenen Einbildung, es sei zugleich ein Beitrag zur Klimarettung.
Boetius: Dass Treffen fremder Welten spannend sind, auch wenn es doch um denselben Planeten geht und wir nur einen haben. Und tiefer Respekt vor meinem tauchlustigen Gesprächspartner für seine Leistungen für unsere Demokratie.

Die Fragen stellte Richard Fuchs. Im Rahmen des Podcasts „Treffen sich Welten" lädt die Klaus Tschira Stiftung regelmäßig bekannte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zum Gespräch mit Prominenten aus Politik, Wirtschaft, Kultur und Sport.

Die Langversion des Interviews finden Sie überall, wo es Podcasts gibt, und auf: **www.treffensichwelten.de**

Zum Schweigen gebracht

Weil immer mehr Bakterien gegenüber Antibiotika resistent sind, versuchen Forscher*innen im Kampf gegen die Mikroben einen neuen Weg zu gehen: Sie wollen sie nicht mehr abtöten, sondern ihre Kommunikation untereinander sabotieren

imago images/Science Photo Library

Bakterien wie *Pseudomonas aeruginosa* werden erst im Kollektiv gefährlich

von MICHAELA PROTHIWA

Bakterien zählen zu den ältesten Bewohnern der Erde – die meisten davon sind für uns harmlos oder lebensnotwendig. Manche sind aber eben auch gefährlich oder sogar tödlich. Kaum eine Erfindung war daher so bedeutend wie die des Antibiotikums. Wie viele Leben sich damit retten ließen, lässt sich gar nicht zählen.

Doch so einfach ist der Kampf gegen Bakterien leider nicht, denn die Mikroorganismen wissen sich zu wehren. Sie bilden Resistenzen aus, sodass immer neue Antibiotika entwickelt werden müssen. Das Ganze gleicht einer Aufrüstungsspirale. Die Centers for Disease Control and Prevention – das ist die Gesundheitsbehörde der USA – warnen bereits vor einer „katastrophalen Bedrohung". Die Entwicklung neuer Wirkstoffe wird immer komplizierter und teurer, sodass Pharmaunternehmen immer weniger darin investieren. Zugleich führt der exzessive Einsatz von Antibiotika in der Massentierhaltung nachweislich zu immer neuen Resistenzen. In Nutztieren können sich Superkeime entwickeln, die auch Menschen gefährden.

Als Konsequenz befürchten Expertinnen und Experten weltweit eine „Post-Antibiotika-Ära", in der wir Infektionen wieder wie im Mittelalter bekämpfen müssten – ohne Antibiotika. Ein solches Szenario ist nicht unrealistisch, denn schon jetzt verursachen multiresistente Keime weltweit pro Jahr rund 700 000 Todesfälle. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) erwartet bis 2050 sogar einen Anstieg auf jährlich zehn Millionen Tote. Antibiotika sind im Wettrüsten gegen die Bakterien zu einem stumpfen Schwert geworden.

Doch seit einiger Zeit verfolgen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen ganz neuen Ansatz. Sie erkennen nämlich zunehmend, dass Bakterien nicht als individuelle Organismen agieren, sondern im Kollektiv. Sie bilden Gemeinschaften, in denen sie miteinander kommunizieren und ihre Aktionen zu ihrem Vorteil anpassen. So beruht die krankmachende Wirkung infektiöser Bakterien oftmals auf ihrer komplexen Kooperation untereinander. Mithilfe von Signalmolekülen fragen sie permanent in die Runde: „Hallo, noch jemand da?" – Antwort bekommen sie nur von verwandten Bakterien, die jene Moleküle dank spezifischer Rezeptoren auch erkennen. Diese

Ingo Knopf

Im Labor gelang es Michaela Prothiwa bereits, die Kommunikation eines gefährlichen Krankenhauskeimes zu unterbrechen

Geheimsprache ermöglicht es den Einzellern, unter dem Radar des Immunsystems zu wachsen, bis sie eine gewisse Anzahl erreicht haben, um schlagkräftig den Infektionsprozess zu starten.

Auch *Pseudomonas aeruginosa* bedient sich dieser Strategie. Das Bakterium gehört zu den weltweit gefährlichsten „Krankenhauskeimen" und verursacht lebensbedrohliche Infektionen wie Blutvergiftungen oder schwere Lungenentzündungen. Da das Bakterium gegenüber fast allen Antibiotika resistent ist, stuft die WHO diesen Krankheitserreger in einer Prioritätenliste als „besonders kritisch" ein und fordert dringend die Entwicklung neuer Wirkstoffe.

Uns war klar, dass wir in diesem permanenten Wettrüsten auf bakteriellem Niveau nicht auf die Entwicklung eines weiteren Antibiotikums setzen wollten. Stattdessen fragten wir uns, ob wir die oben beschriebene Kommunikation des Erregerkollektivs stören können. Mithilfe jener Signalmoleküle steuern krankmachende Mikroben nämlich maßgeblich den Verlauf der Infektion und damit auch die Absonderung aller möglichen schädlichen Stoffe. Wir wollten uns also nicht gegen das Bakterium selbst richten, sondern gegen seine krankmachende Wirkung, die sogenannte Virulenz.

Im Gegensatz zu traditionellen Antibiotika, die auf die Vernichtung der Bakterien zielen, ist die Vermehrungsfähigkeit der Keime durch antivirulente Hemmstoffe kaum beeinflusst. Und das hat womöglich einen unschätzbaren Vorteil. Denn mit der Vernichtung steigt auch der Selektionsdruck, das heißt: Bakterien, die eine Resistenz entwickelt haben, können sich weiterhin vermehren und dann trotz des Einsatzes von Antibiotika rasch die Oberhand gewinnen. Zielt man hingegen nur auf die virulente Wirkung, ist dieser Druck viel kleiner und damit – zumindest theoretisch – auch die Ausbildung von Resistenzen.

Im Nachrichtenverkehr von *Pseudomonas aeruginosa* spielen „Chinolone" eine wichtige Rolle. Unsere Idee war daher, den Herstellungsprozess dieses Signalmoleküls im Erreger zu blockieren. Dies, so unsere Hoffnung, würde eine Funkstille unter den Bakterien zur Folge haben, das Kollektiv wäre auseinandergerissen und hätte keine krankmachenden Eigenschaften mehr.

Wir nahmen also ein bestimmtes Protein mit dem Namen PqsD ins Visier, weil dieses für die Chinolonherstellung notwendig ist. Man kann sich das wie einen Sabotageakt in einer Fabrik vorstellen, in der eine beschädigte Maschine den gesamten Fertigungsprozess lahmlegt. Doch die Entwicklung von maßgeschneiderten Blockern wie von jenem, der die Chinolonherstellung durch PqsD verhindern kann, ist aufwendig. Üblicherweise werden solche Hemmstoffe der Proteinfunktion in zellfreien Systemen entwickelt – jedoch verlieren diese dann in lebenden Zellen oftmals ihre Wirkung. Auf jede wirklich wirksame Substanz kommt so ein Vielfaches an wirkungslosen Substanzen.

Wir hatten zudem diese Hürde zu nehmen: *Pseudomonas aeruginosa* produziert das PqsD-Protein in derart geringen Mengen, dass wir eine womögliche Hemmung des Enzyms überhaupt nicht hätten messen können. Um herauszufinden, ob wir das PqsD-Protein hemmen können, arbeiteten wir zunächst mit harmlosen Bakterien, die wir gentechnisch derart veränderten, dass sie das Protein in großem Stil produzierten. In ihrem Zellinneren stieg die PqsD-Konzentration derart an, dass wir Veränderungen der Proteinfunktion tatsächlich messen konnten. Dazu entwickelten wir eine besondere chemische Sonde – ein molekulares Instrument, das an PqsD binden kann und signalisiert, ob ein Hemmstoff das Zielprotein blockiert oder nicht.

An diesen Bakterien testeten wir nun verschiedene Substanzen – und fanden in der Tat einige Wirkstoffe, mit denen sich die Funktion des PqsD-Proteins hemmen ließ.

Last, but not least probierten wir diese Wirkstoffe nun auch an *Pseudomonas aeruginosa* aus. Mit Erfolg. Denn nach der Behandlung mit dem PqsD-Hemmer produzierte der gefährliche Krankenhauskeim tatsächlich keine Chinolone mehr. Die Kommunikation der Bakterien untereinander war lahmgelegt – und zwar ganz offensichtlich infolge der Hemmung des PqsD-Proteins. Ob unser Wirkstoff wirklich Grundlage für eine Therapie werden kann, die ohne Antibiotika auskommt, ist noch ungewiss. Noch stehen wir am Anfang und verstehen nur einen kleinen Teil der komplexen Kommunikation zwischen den Bakterien. Vor allem wissen wir noch nicht, ob mit dem Ausschalten der Chinolonproduktion nun wirklich auch die Kommunikation im Bakterienkollektiv so nachhaltig gestört ist, dass es unschädlich ist.

Bis wir *Pseudomonas aeruginosa* mit einem solchen Hemmstoff beikommen, werden wir auf Antibiotika also nicht verzichten können. Aber vielleicht können antivirulente Hemmstoffe schon bald prophylaktisch oder in Kombination mit Antibiotika eingesetzt werden. Wenn eine größe Auswahl an antivirulenten Wirkstoffkandidaten verfügbar ist, um effektive und sichere Hemmstoffe für die Anwendung im Menschen zu finden, könnten sich die bakteriellen Kommunikationsblocker bald als ganz neue Wirkstoffklasse etablieren. Dann hätten wir im Wettrüsten gegen gefährliche Keime einen wichtigen Etappensieg errungen.

Zu viel des Guten

Der maßlose Einsatz von Antibiotika ist eine Katastrophe

DedMityay/Alamy Stock

Antibiotika gehören zweifellos zu den segenreichsten Erfindungen in der Medizin. Doch erkranken allein in der Europäischen Union in jedem Jahr rund 670 000 Menschen an bakteriellen Infektionen, gegen die kein Medikament mehr wirkt. Etwa 33 000 Menschen sterben, weil die Bakterien gegen alle Antibiotika resistent sind.

Hauptgrund dafür ist der verschwenderische Umgang mit diesen Medikamenten. Sie werden viel zu leichtfertig verschrieben, auch bei einfachen Erkältungen, ja, selbst bei viralen Infekten, bei denen Antibiotika natürlich wirkungslos sind. Immer mehr Bakterien überleben den Medikamenteneinsatz und verbreiten sich weiter. So entsteht im Lauf der Zeit ein antibiotikaresistenter Bakterienstamm. Aufgrund der hohen Vermehrungsrate breitet sich auch die Resistenz entsprechend schnell aus.

In der Tierhaltung können Antibiotika zur Bildung resistenter Bakterienstämme führen

Besonders gefährlich ist der Einsatz von Antibiotika in der Tiermast – ein Problem, aus dem immerhin bereits Konsequenzen gezogen wurden. Verbrauchten die deutschen Vieh- und Geflügelzüchter im Jahr 2011 noch rund 1700 Tonnen Antibiotika, waren es zuletzt nur noch gut 700 Tonnen. Das ist ein Erfolg, aber keine Entwarnung.

Beispiel Geflügelzucht: Weil das Fleisch so billig ist, liegt der Gewinn für ein Schlachttier in der konventionellen Haltung bei wenigen Cent. Damit sich das Geschäft überhaupt lohnt, müssen Betriebe pro Jahr Millionen Tiere mästen. Diese leben auf engstem Raum und haben ohne den Einsatz von Antibiotika keine Chance, nach einem kaum länger als einen Monat währenden Leben in der Fleischtheke zu landen. --- *JS*

Wenn Maschinen wirtschaften

Bloomberg/Kontributor/GettyImages

Längst interagieren Maschinen in Netzwerken und intelligenten Fertigungsstraßen

von BENJAMIN LEIDING

Intelligente, vernetzte und autonom handelnde Maschinen werden unsere Zukunft revolutionieren. Ganze Fabriken könnten sich vollkommen selbst organisieren – innerhalb einer eigenen Ökonomie

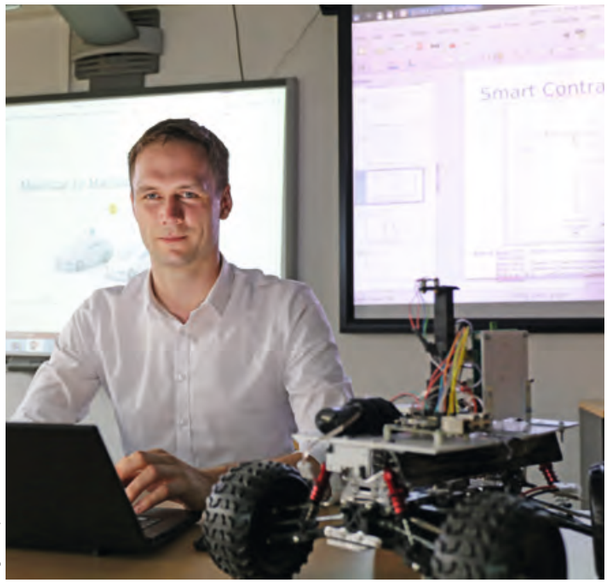
Wir schreiben das Jahr 2045: Kaum jemand besitzt noch ein eigenes Auto. Stattdessen nutzen die Menschen ein reichhaltiges Angebot von Fahrzeugen, die niemandem gehören – weder einer Person oder einer Firma noch dem Staat. Sie gehören sich selbst und erwirtschaften selber ihren „Lebensunterhalt" – die nächste Batterieladung, Reparaturen oder Parkgebühren.

Wer von A nach B möchte, stellt per Smartphone-App den Kontakt mit den Autos her und verhandelt Parameter wie Abholort, Fahrtziel oder Beförderungsbedingungen. Das Besondere ist: Diese Autos agieren als autonome Servicedienstleister innerhalb eines neuen „Ökosystems" intelligenter und hochgradig vernetzter Maschinen. Die technische Machbarkeit eines solchen Systems ist mittlerweile unumstritten, unklar ist allenfalls, wie lange dessen Verwirklichung noch auf sich warten lässt – 10 Jahre, 15 Jahre oder doch länger?

Mit dem Aufkommen intelligenter und autonom handelnder Maschinen eröffnen sich neue ökonomische Dimensionen, die auch Transaktionen und Kollaborationen zwischen Mensch und Maschine, zwischen Maschinen untereinander und auch zwischen Maschinen und Infrastrukturkomponenten wie Ladestationen oder Verkehrsampeln möglich machen. Setzt sich diese Idee durch, wäre ein ganz anderes Wirtschaftssystem die Folge. Es würde alle Transaktionen, Interaktionen und Kollaborationen von autonom handelnden Maschinen mit anderen Maschinen, Menschen oder Infrastrukturkomponenten umfassen. Unser Name dafür: die M2X-Ökonomie, von „machine to everything".

Doch wie lässt sich das in der Praxis umsetzen? In einem ersten Schritt entwickelten wir unter Verwendung von Forschungsergebnissen des Teams um Alex Norta von der Tallinn University of Technology einen sogenannten Prozesslebenszyklus – und zwar für das Beispiel der Nutzung der Fahrzeuge. Damit können wir nicht nur die Interaktionen von Mensch und Maschine abbilden, sondern auch die Batterieladevorgänge, automatische Abrechnungen von Maut- und Parkplatzgebühren und vieles mehr realisieren.

In der Praxis hat die Nutzerin oder der Nutzer zunächst die Wahl zwischen verschiedenen Verträgen – je nachdem, ob er ein Elektromofa, einen Pkw



Ingo Knopf

Benjamin Leiding erforscht, wie intelligente und vernetzte autonome Maschinen in Zukunft eigenständige Wirtschaftssysteme bilden können

oder einen Lkw buchen möchte. Im nächsten Schritt werden die persönlichen Daten abgeglichen sowie Datum, Start- und Zielort der Fahrt definiert. Wie viele Leute fahren mit? Habe ich bestimmte Ansprüche an den Komfort? Und so weiter. Am Ende erfährt die Nutzerin oder der Nutzer den Preis. Nachdem alle vertraglichen Formalitäten auf digitalem Wege erledigt sind, kann es losgehen. Die Nutzerin oder der Nutzer und das selbstfahrende Auto treffen sich am vereinbarten Ort.

Dieses System ist natürlich flexibel und macht eine Vielzahl von Vorschlägen. So kann die Kundin oder der Kunde auch von bereits geplanten Fahrten profitieren – beispielsweise wenn er umziehen will und ein Möbelwagen, der von A nach B fährt, noch Platz hat. Auch die gute alte Fahrgemeinschaft kann so wieder populär werden.

Wird das Fahrzeug am Ende am Zielort wieder abgestellt, erfolgt die automatische Zahlung – so, wie es ja auch heute schon im Car Sharing gang und gäbe ist. Vertragsverletzungen werden automatisch geprüft und haben je nach Schwere unterschiedliche Konsequenzen. Ein Beispiel: Wenn ein Nutzer nicht an den vereinbarten Treffpunkt kommt, ist das schwerwiegender, als wenn ein Fahrzeug nicht ganz sauber ist.

Prinzipiell kann ein solcher Prozesslebenszyklus – also der Zeitraum vom ersten bis zum letzten Kontakt – natürlich viel mehr. Selbst ganze Fabriken könnten sich auf diese Weise selbst verwalten, Angebot und Nachfrage bewerten, Rohstoffe einkaufen, verarbeiten und die Produkte am Ende an die Kundinnen und Kunden ausliefern. Der Mensch wäre bei alldem unnötig. All diese Prozesse basieren letztlich auf den entsprechenden elektronischen Vertragsmustern.

Im nächsten Schritt überlegten wir uns, wie ein solches Ökosystem beschaffen sein muss. Damit ist die komplexe Infrastruktur gemeint, in der all die Interaktionen und Kollaborationen reibungslos funktionieren müssen. Das stellt uns in der Tat vor große Herausforderungen, denn viele technologiebasierte Ökosysteme – besonders in der IT-Welt – setzen heutzutage stark auf sogenannte Lock-in-Effekte. Sie zwingen Nutzerinnen und Nutzer dazu, im eigenen Ökosystem zu bleiben, und machen ihnen den Wechsel zur Konkurrenz möglichst schwer. Besitzerinnen und Besitzer eines iPhones, die sich ein auf Android basierendes Smartphone kaufen wollen, können davon ein Lied singen.

Ein M2X-Ökosystem, in dem es eine Vielzahl verschiedener Hersteller und Serviceanbieter mit individuellen technischen Systemen gibt, ist also undenkbar. Wir benötigen vielmehr ein Ökosystem, das auf gemeinsamen Standards beruht und für alle Beteiligten gleichermaßen offen ist. Das größte Problem dabei dürften die vielfältigen regulatorischen Hürden sein, die überdies von Land zu Land sehr unterschiedlich sind. Dass diese Hürden einmal fallen werden, klingt zunächst utopisch – zumal ein solches Ökosystem ja konkurrierende Unternehmen zur Kooperation zwingen würde. Allerdings gibt es auch dafür funktionierende Beispiele – das beste ist das Internet: Es beruht auf globalen Standards, die Interoperabilität und Kompatibilität von Hardware und Diensten sicherstellen.

Essenzieller Bestandteil sämtlicher wirtschaftlicher Beziehungen ist – und wird auch in einer zukünftigen M2X-Welt sein – das Vertrauen. Das erscheint trivial, ist aber ziemlich kompliziert. Denn es geht ja nicht um das menschliche Gefühl des Vertrauens, sondern um Sicherheit. So müssen beispielsweise national unterschiedliche Rechtssysteme kompatibel miteinander verknüpft werden. Letztlich brauchen alle „Maschinen" im System eine Art digitale Identität.

Unser M2X-Ökosystem kommt ohne eine zentrale „staatliche" Verwaltung aus. Stattdessen verwaltet jede Nutzerin und jeder Nutzer, egal ob Mensch oder Maschine, ihre oder seine Identität unabhängig und selbstbestimmt. Selbstverwaltete Identitäten kommen ohne die bisher übliche Zwangsanbindung an Accounts von IT-Dienstleistern aus und erlauben ihren Besitzern, sich mit kryptografisch abgesicherten Dokumenten gegenüber beliebigen anderen „Objekten" zu authentifizieren.

Ein solches Ökosystem würde Wirtschaft und Gesellschaft tief greifend verändern. In vielen Bereichen wird die Automatisierung durch Drohnen, Roboter und andere Maschinen sicherlich manche menschliche Arbeitskraft ersetzen. Zugleich werden aber auch neue Arbeitsplätze geschaffen – womöglich aber nicht in gleicher Anzahl und Qualifikation.

Angesichts wachsender Probleme etwa infolge des Klimawandels erlaubt aber gerade ein M2X-Ökosystem autonomer Transportdienstleister eine viel effizientere Nutzung von Ressourcen. So müsste sich dann niemand mehr ein eigenes Auto kaufen, das ja die meiste Zeit ohnehin unnütz auf dem Parkplatz steht und somit eine große Verschwendung an sich darstellt – für seinen Besitzer genauso wie für die Allgemeinheit.

Das Netz der Dinge

Selbstorganisierten Maschinen gehört die Zukunft. Die Basis ist das Internet

So neu ist die Geschichte vernetzter Maschinen ja nicht. Seit Jahrzehnten schon übermitteln Telefone ihre Nummern untereinander, lassen Süßigkeitenautomaten ihre Betreiber wissen, wann sie nachgefüllt werden wollen, oder senden Wetterstationen ihre Daten an die meteorologischen Dienste.

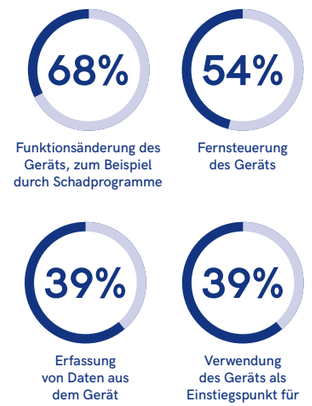
Die Zukunft solcher Technologien ist voller Fantasie – im „Internet der Dinge" (IoT) ist manches schon verwirklicht. Auch wenn sich das Heim, in dem sich die Lichtverhältnisse der Stimmung seiner Bewohnerinnen und Bewohner anpassen und der Kühlschrank selbsttätig den Biernachschub bestellt, bisher nicht so rasch durchsetzt, wie die Industrie sich das wünschte.

Grundlage dafür ist die Möglichkeit der mobilen Datenübertragung, die wir im Alltag bereits permanent nutzen: Der QR-Code auf einem Plakat lenkt uns zielsicher auf die richtige Website, Fitnessarmbänder übertragen die Joggingrunde an Gleichgesinnte im Internet und vieles andere mehr. In manchen Städten gibt es bereits intelligente Verkehrsampeln, die für Rettungsfahrzeuge automatisch auf Grün schalten.

Es ist zweifelsohne nur eine Frage der Zeit, dass das IoT auch zu strukturellen Veränderungen in der Organisation industrieller Prozesse führt. Schon bald sind weltweit rund 20 Milliarden Geräte im IoT vernetzt. Im Jahr 2018 waren es nicht einmal halb so viele.

All die Haushaltsgeräte, selbstfahrenden Autos und smarten Fitnessarmbänder sammeln natürlich auch Unmengen von teils höchst persönlichen Daten über uns. Zudem ist eine Infrastruktur gegenüber Cyberangriffen umso empfindlicher, je vernetzter sie ist. Es ist fraglich, ob Datenschutz und -sicherheit mit den immer schnelleren Entwicklungen Schritt halten können. Oder ob wir alle uns einfach stillschweigend daran gewöhnen. --- *JS*

Die große Herausforderung: Sicherheit



Quelle: nCipher Security, 2019

Das antworteten 1800 Sicherheitsexpertinnen und -experten aus 14 Ländern auf die Frage nach den Risiken im Internet der Dinge

Wir müssen reden

von MARTIN C. ROOS

Klaus Tschira Stiftung

Bereits 2006 schickte die Klaus Tschira Stiftung diese Lokomotive quer durch die Republik und warb für eine bessere Wissenschaftskommunikation

In Zeiten des exponentiell wachsenden Erkenntnisgewinns steigt der Bedarf an Austausch zwischen Forschung und Öffentlichkeit. Eine kluge und vielfältige Wissenschaftskommunikation ist notwendiger denn je

Die gewaltigen Räder und Stangen von anno dazumal faszinieren noch immer. Das Birmingham Science Museum zeigt die weltweit wohl bedeutendste Sammlung von Industrietechnik, darunter die älteste noch heute funktionierende Dampfmaschine, konstruiert vor fast 250 Jahren. Solche Technikmonster sowie Kuriositäten aus Natur und Medizin den Menschen zur Schau zu stellen: Darin bestand über Jahrhunderte die einzige Form von Kommunikation über Wissen und Wissenschaft.

Während die Technik der Dampfmaschine recht überschaubar war, differenzierte sich das gelehrte Wissen rasch. Gegen Ende des 20. Jahrhunderts verstanden Laien die Sprache der „Wissensmacherinnen und -macher" kaum noch. Es kam zur explosiven Vermehrung von Wissen – und damit zur Spezialisierung: Wir wissen immer mehr über immer Kleinteiligeres. Doch gerade in der sogenannten Grundlagenforschung geht es oft um Methoden, die, etwa in der Genetik, unbedingt eines gesellschaftlichen Diskurses benötigen. Ein Teufelskreis, weil die Transformation fachlich komplexer Zusammenhänge in eine verständliche Sprache immer schwieriger wird. Die alltägliche Erfahrung mit der Steuererklärung illustriert dieses Problem unterschiedlicher „Sprachen".

In Deutschland erkannten die führenden Wissenschaftsorganisationen in den 1990er-Jahren die Dringlichkeit des Problems und ergriffen 1999 die Initiative: PUSH – ein Akronym für Public Understanding of Sciences and Humanities. So lautete der Titel des Memorandums, mit dem der Dialog zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit in Schwung gebracht werden sollte. Rund ein Jahr später, also vor 20 Jahren, gründeten acht Gesellschafter „Wissenschaft im Dialog" als gemeinnützige GmbH (WiD). Rückblickend sagt die Leiterin Strategische Kommunikation von WiD, Rebecca Winkels: „Der Tag der PUSH-Unterzeichnung gilt heute gemeinhin als Beginn der professionellen Wissenschaftskommunikation in Deutschland."

Erster Vorsitzender des WiD-Lenkungsausschusses war Joachim Treusch. Sein Interesse am gesellschaftlichen Engagement hatte der Physiker mit einem anderen Physiker gemeinsam, in Sachen Wissenschaftskommunikation war ihm Klaus Tschira aber voraus. Der SAP-Mitgründer hatte bereits 1995, vor 25 Jahren also, seine Stiftung gegründet, die wenig später erstmals Wissenschaft und Öffentlichkeit zusammenbrachte. „1997 verliehen wir zum ersten Mal den Klaus Tschira Preis für verständliche Wissenschaft, den heutigen KlarText-Preis", sagt Beate Spiegel, Geschäftsführerin der Klaus Tschira Stiftung. „Tschira selbst war es von Anbeginn ein dringendes Anliegen, Wissenschaft und Forschung in der Mitte der Gesellschaft zu verankern."

Zwei Jahre nach der ersten KlarText-Ausschreibung entstand besagtes PUSH-Memorandum auch aus Sorgen um den wissenschaftlichen Nachwuchs. Die Zahlen der Studienanfängerinnen und -anfänger in den sogenannten MINT-Fächern sanken Ende der 1990er-Jahre auf ein Rekordtief. Zudem verschärfte sich der Wettbewerb der Institutionen um Aufmerksamkeit und Drittmittel. „Die Medien- und Öffentlichkeitsarbeit in Hochschulen und Forschungseinrichtungen musste deutlich ausgeweitet und professionalisiert werden", erinnert Carsten Könneker. Beate Spiegels Kompagnon in der Stiftungsgeschäftsführung – ebenfalls von Haus aus Physiker – betont zudem die Vielgestaltigkeit der Wissenschaftskommunikation. „Inzwischen gibt es viele Dutzende neuer Formate: von der Kinderuni bis zum Science Tweetup."

WiD-Geschäftsführer Markus Weißkopf ergänzt: „Auch die Stellung der Wissenschaftskommunikation

hat sich verändert. Sie ist heute Teil der Wissenschaftskultur und viel präsenter als noch vor einigen Jahren. Damit ist auch die Wissenschaft an sich nahbarer geworden." Sichtbares Zeichen dieser Entwicklung ist das 2015 von der Klaus Tschira Stiftung und der Wissenschafts-Pressekonferenz gegründete Science Media Center Germany (SMC). Geleitet wird es von dem Wissenschaftsjournalisten Volker Stollorz: „Für mich gehört zu den großen Errungenschaften der vergangenen Jahre, dass es uns in der Wissenschaftskommunikation gelungen ist, die Begriffe und Rollen der unterschiedlichen Akteure klarer zu definieren. Zumindest ansatzweise entstand so eine gemeinsame Sprache und ein gemeinsames Verständnis."

Zu Gründungszeiten der Klaus Tschira Stiftung war der Begriff noch völlig ungebräuchlich, weiß Carsten Könneker. Wer heute im fachlichen Sinne von Wissenschaftskommunikation spricht, bezieht sich in der Regel auf die Definition des an der Universität Zürich lehrenden Mike Schäfer. Wissenschaftskommunikation meint damit „alle Formen von auf wissenschaftliches Wissen oder wissenschaftliche Arbeit fokussierter Kommunikation, sowohl innerhalb als auch außerhalb der institutionalisierten Wissenschaft, inklusive ihrer Produktion, Inhalte, Nutzung und Wirkungen".

Daraus lässt sich ableiten, dass Wissenschaftskommunikation sowohl innerhalb der Wissenschaft als auch aus der Wissenschaft heraus an Nichtwissenschaftler stattfindet (und stattfinden muss). Nicht zu vergessen der Bereich des Wissenschaftsjournalismus, der im Kern eine Form der Wissenschaftskommunikation über Wissenschaft darstellt.

In der zurückliegenden Dekade entstand eine Art „WissKomm-Community", die den regelmäßigen Austausch sucht. So treffen sich seit 2013 führende Köpfe der Wissenschaftskommunikation beispielsweise im „Siggener Kreis". Ähnliche Plattformen bieten das „Forum Wissenschaftskommunikation" sowie die „Wissenswerte". Seit 2015, drei Jahre nach seiner Gründung, betreibt das Nationale Institut für Wissenschaftskommunikation (NaWik) in Karlsruhe mit seiner „WissKon" eine eigene Konferenz. NaWik-Geschäftsführerin Beatrice Lugger: „Auf diesen Plattformen zeigt sich, wie sehr es den verschiedenen Akteuren daran gelegen ist, die Wissenschaftskommunikation gemeinsam weiter zu stärken."

Zu den heiß diskutierten Themen innerhalb dieser Community gehört der Umgang mit der Digitalisierung und damit, was aus den Veränderungen in der öffentlichen Kommunikation und der massenmedialen Landschaft resultiert. „Die Digitalisierung hat die Ordnung des Systems durcheinandergewirbelt. Uns darauf einzustellen, ist uns bis heute nicht hinreichend gelungen", meint SMC-Leiter Stollorz. „Jede und jeder kann heute über Wissenschaft sprechen. Dabei steht die Frage im Raum, wie wichtiges und richtiges Wissen das Publikum erreicht." Nach Stollorz' Auffassung ist die für eine Demokratie so wichtige Gatekeeper-Funktion des Journalismus in Gefahr. Er fürchtet fatale Spiralen der Desinformation.

Informationen über Wissenschaft allein zu vermitteln, also eine Art Wissensmangel zu beheben: Dieses sogenannte „Defizit-Modell" ist längst überholt. Die Wissenschaftskommunikation zielt heute vermehrt auf den Dialog ab. Es geht um die Interaktion von Wissenschaft und Öffentlichkeit. „Vertrauen in die Wissenschaft entsteht, wenn es gelingt, die Prozesse, Methoden und Werte der Wissenschaft zu vermitteln", sagt WiD-Leiter Weißkopf. „Das hat die Zielsetzung der Wissenschaftskommunikation verändert." Seiner Ansicht nach geht es darum, in der Bevölkerung neben dem Grundverständnis für Wissenschaft eine Art „informiertes Vertrauen"

Tina Schwarz für die Leopoldina

„Wie gefährlich wird das neue Coronavirus?" – bereits am 13. Februar 2020 informierten das Science Media Center Germany und die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina die Medien. Unter den Experten KlarText-Sonderpreisträger Christian Drosten (Zweiter von links)

auszubilden. Dafür seien insbesondere die verschiedenen Social-Media-Kanäle noch besser zu nutzen.

NaWik-Leiterin Lugger betont, wie viel mehr Möglichkeiten heute Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zur Verfügung stehen, um direkt in den Dialog mit der Öffentlichkeit zu treten. „Und viele tun dies, obwohl sie innerhalb des Systems Wissenschaft dafür bislang kaum bis keine Anerkennung bekommen", so Lugger, deren Einrichtung 2012 von der Klaus Tschira Stiftung und dem Karlsruher Institut für Technologie explizit gegründet wurde, um Forscherinnen und Forscher für eine erfolgreiche Kommunikation zu befähigen. Allerdings fehle es aus Luggers Sicht derzeit noch an struktureller Förderung. Entsprechende Anreizsysteme müssten geschaffen werden. „Außerdem muss Kommunikation fester Bestandteil der wissenschaftlichen Ausbildung werden", fordert Lugger.

Schließlich rücken die Erkenntnisse aus der Forschung verstärkt in den Fokus der Politik. „Je politisch relevanter Wissenschaft wird, desto wichtiger ist es für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die Mechanismen politischer Kommunikation zu verstehen", sagt Volker Stollorz. „Das wurde über Jahre hinweg vernachlässigt."

Wie wichtig gelungene Wissenschaftskommunikation in die breite Bevölkerung ist, zeigt sich exemplarisch in dieser von dem Corona-Virus geprägten Zeit. „Wir stehen in vielen gesellschaftlichen Feldern derzeit vor Umbruchsituationen. Unser Ziel muss nun sein, diese Umbrüche aktiv mitzugestalten, wozu Wissenschaftskommunikation einen Beitrag leistet", meint Markus Weißkopf von WiD. „Damit das gelingt, braucht es mutige Entscheider in Wissenschaft und Politik, mutige Kommunikatorinnen und Kommunikatoren, die sich als Gestalter sehen und die Werte der Wissenschaft hochhalten. Und es braucht Förderer, die nachhaltig investieren."

Volker Stollorz macht sich ebenfalls dafür stark, mehr Experimente zu wagen. „Wir müssen die Möglichkeit erhalten, neue Wege zu gehen – was institutionelle Wissenschaftskommunikation allein nicht zu leisten vermag. Für das Gespräch über Wissenschaft in der Gesellschaft braucht es Förderung. In den vergangenen Jahren hat sich hier vor allem die Klaus Tschira Stiftung hervorgetan, die Organisationen wie das SMC, WiD und das NaWik unterstützt und vor allem Mut zeigt, Experimente zu fördern. Davon brauchen wir mehr."

Carsten Könneker hält es zum Zweck seriöser Wissenschaftskommunikation für unverzichtbar, das Qualitätsbewusstsein zu stärken. „In der Medienrealität der beginnenden 2020er-Jahre erscheinen Wahrheit und gesichertes Wissen verhandelbar, ja, frei setzbar. Die größte Herausforderung ist folglich, den gesellschaftlichen Zusammenhalt zu sichern, der durch diese Tendenzen zunehmend unter Druck gerät", sagt Könneker. Wie Stollorz und Weißkopf betont er, Wissenschaftskommunikation dürfe nie in erster Linie eine Form von Marketing einzelner Wissenschaftsorganisationen sein, sondern müsse als gesellschaftlicher Auftrag verstanden werden.

MARTIN C. ROOS *ist Biochemiker und freier Wissenschaftsjournalist*

Fünf Fragen an
Peter-André Alt

Peter-André Alt ist Literaturwissenschaftler an der Freien Universität Berlin, deren Präsident er von 2010 bis 2018 war. Seit Sommer 2018 ist er Präsident der Hochschulrektorenkonferenz. Er spricht sich für Qualitätskriterien für Wissenschaftskommunikation aus

Die Virologinnen und Virologen, die in diesen Monaten im Licht der Öffentlichkeit stehen, streiten miteinander und korrigieren sich selber. Gleichwohl ist das Vertrauen der Menschen in die Wissenschaft in dieser Zeit deutlich gestiegen.* Wie erklären Sie sich das?
Wir sehen, dass es der Mühen wert ist, die Methoden und Prozesse von Wissenschaft transparent zu machen. Es reicht eben nicht, über Ergebnisse zu berichten und Erfolge zu feiern. Im Fall von Covid-19 investiert eine Reihe von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern über Monate viel Zeit und Kraft in die Erläuterung der Entwicklung und stellt sich öffentlichen Diskussionen. Man gibt ihnen dafür in den klassischen Medien Raum, und die Politik hat von Anfang an sehr deutlich auf die Wissenschaft Bezug genommen – beides ist nicht die Regel.

In der Krise zeigt sich auch, wie wichtig die fachliche Expertise für politische Entscheidungen ist. Glauben Sie, dass die Politik dies goutiert und der Wissenschaftskommunikation zukünftig größere Bedeutung beimisst?
Man kann schon länger feststellen, dass das Thema politisch nach vorn gerückt wird. Die schnelle Verbreitung von – teils gezielt gestreuten – Fehlinformationen und die Erfolge populistischer Strömungen haben das Bewusstsein dafür gestärkt, dass gute Wissenschaftskommunikation eine gesellschaftspolitische Frage von erheblichem Stellenwert ist.

Die Warnungen vor dem menschengemachten Klimawandel dringen derzeit kaum noch durch. Können die Klimaforscherinnen und -forscher und Medien von der Wissenschaftskommunikation während der Corona-Pandemie lernen?
Die Themen sind nur begrenzt vergleichbar: Der Klimawandel geht langsam vonstatten, die Zusammenhänge sind hochkomplex, die individuelle Betroffenheit erscheint gering, Medien und Politik waren lange Zeit zurückhaltend. Was wir lernen können? Dass wir uns den politischen Wünschen nach letzten Wahrheiten entziehen müssen und können, dass wir die sozialen Medien noch besser nutzen, Anfeindungen und irrationale Aufwallungen aushalten und mit Ruhe und Beharrlichkeit reagieren müssen.

Was sagen Sie den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die neben ihrer Arbeit in Forschung und Lehre nicht auch noch am öffentlichen Diskurs teilhaben können oder wollen?
Ich sage: Wir brauchen den Diskurs, wir tragen da Verantwortung, aber es darf keinen Kommunikationszwang für die Einzelnen geben.

Müsste die Wissenschaftskommunikation – und entsprechende Qualitätsstandards – am Ende zum festen Bestandteil der Ausbildung werden?
Grundlegende Kommunikationsfertigkeiten, einschließlich Spielregeln und Rechtsfragen, müssen Teil wissenschaftlicher Qualifizierung sein. Wie wir darüber hinaus Talent und Engagement für Wissenschaftskommunikation sinnvoll fördern können, wollen wir in der HRK demnächst systematisch ausloten.

--- *Die Fragen stellte J. Schüring*

HRK/David Ausserhofer

* Im Mai 2020 antworteten 66 Prozent der Menschen auf die Frage nach ihrem Vertrauen in Wissenschaft und Forschung mit Ja. Dieser Wert lag deutlich höher als die Werte in den vorangegangenen Jahren. Bei den Wissenschaftsbarometer-Erhebungen der Jahre 2017, 2018 und 2019 gab jeweils rund die Hälfte der Befragten an, Wissenschaft und Forschung zu vertrauen: www.wissenschaftsbarometer.de

Together for FACT NEWS

»Science, not Silence! Nur Fakten und Transparenz können für eine aufgeklärte Öffentlichkeit sorgen«,

sagt die Leiterin der Sektion Infektiologie des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf UKE, **Prof. Dr. Marylyn Addo.**

Together for Fact News setzt sich ein für einen kompetenten und integren Journalismus über Wissenschaft. Unterstützt wird die Initiative dabei von zahlreichen Forschenden und Medienschaffenden.

Das Interview finden Sie auf **together-for-fact-news.de**

Eine Initiative des Science Media Center Germany
Unterstützt durch die Klaus Tschira Stiftung

KlarText
Preis für Wissenschaftskommunikation

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

Christof Weiß, Physiker, Komponist und KlarText-Preisträger 2018, entwickelte Algorithmen, mit denen sich Musikaufnahmen verschiedener Stile unterscheiden lassen.

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

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

Informieren und bewerben:
www.klartext-preis.de

Foto: Cristopher Civitillo